منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة

تكنولوجيا السُكر
ومنتجاته
(الجزء النظري)

أ. د. محمد خير طحلة
أستاذ في قسم علوم الأغذية

د. رأفت اسماعيل
مدرس في قسم علوم الأغذية

جامعة دمشق

2023 – 2022

المقدمة

إهتم الإنسان منذ عصور التاريخ الأولى بغذائه وعمل على تحسينه سواءً من حيث المذاق أو الشكل وخاصة المواد التي تُعتبر مصدراً للطاقة مثل العسل – الفاكهة الحلوة – الشوندر السكري و قصب السكر ، كما إهتم بمصادر السكر وصناعته .

يعد إستخدام الشوندر السكري وقصب السكر كمصدرين لإنتاج السكر وطرائق إستخراجه متلازماً مع التقدم التقاني في الحقلين الاقتصادي والصناعي وما تبعُهما من نفوذ هذين العاملين للبلدان المتقدمة على مناطقٍ واسعة من العالم وُعدا منذ بداية القرن التاسع عشر من المحاصيل الإستراتيجية حتى يومنا هذا . ويعود ذلك الى كُثرة مستهلكي السكر مع تنوع إستخدامه في مختلف الأغذية والوجبات وعده مصدراً رئيساً للطاقة في التغذية إضافة إلى إستخدام السكر كمادة أساسية في صناعاتٍ غير غذائية وأفضل أمثلتها إنتاج الكحول الإثيلي في البرازيل والكثير من الدول لإستعماله وقوداً للسيارات بديلاً للبنزين .

يُعتبر محصول الشوندر السكري في سورية من المحاصيل الإستراتيجية ويأتي بعد القمح والقطن ، كما تُعد صناعة السكر من الصناعات الغذائية الإستراتيجية والكبيرة في سورية فهي تغطي حوالي ٢٥-٣٠ % من إحتياجات سورية من مادة السكر التي تدخل كمادة أساسية في العديد من الصناعات الغذائية وعلى رأسها صناعة المربيات والحلويات المختلفة والعصائر وغيرها من الصناعات الغذائية .

يعتبر السكر أحد المكونات الأساسية الذي يدخل في تركيب الوجبة الغذائية اليومية للإنسان ، نظراً للطعم الحلو الذي يتميز به والطاقة الحرارية التي يعطيها للجسم ، كما يُعتبر السكر الأبيض مادة أولية لكثير من الصناعات الغذائية الأخرى كصناعة الحلويات بأنواعها المختلفة والشوكولاتة والمشروبات والعصائر .

تكنولوجياالسكر هو العلم الذي يقوم بدراسة الطرائق والأجهزة والعمليات الفيزيائية والكيميائية المُستخدمة للحصول على السكر الأبيض ذو النوعية الممتازة كمنتجٍ نهائيٍ وبأقل التكاليف من الشوندر السكري أو قصب السكر .

تم إعداد هذا الكتاب وفق مفردات مُقرر تكنولوجيا السكرومنتجاته – القسم النظري – لطلاب السنة الخامسة في قسم علوم الاغذية– كلية الزراعة– جامعة دمشق بمعدل ساعتين نظريتين أسبوعياً ، وتوخيت إعطاء الأهمية لمراحل تصنيع الشوندر السكري وشرح العمليات التصنيعية والأجهزة المستخدمة والتفاعلات الكيميائية التي تحدث وكذلك المخططات التكنولوجية المُستخدمة ، نظراً لأن الشوندر السكري يُعتبر المادة الأولية الوحيدة المستخدمة لإنتاج السكر الأبيض في سورية ، كما تم التطرق إلى تكرير السكر الأحمر الخام وتصنيع قصب السكر ،إضافة الى التطرق لتقانة

صناعة الشوكولاة والحلاوة الطحينية والقطر الصناعي و السكاكر والفوندان وغيرها.

وقد عُد كتاب تكنولوجيا السكر ومنتجاته ليكون مرجعاً علمياً يستفيد منه العاملون في مجال صناعة السكر إضافة إلى العاملين في مصانع الأغذية الأخرى، إذ تضمنت فصوله من الأول حتى الفصل السابع أهم مراحل صناعة السكر وغطت العمليات التصنيعية الهامة التي يخضع لها الشوندر السكري بدءاً من قلع المصول واستلامه حتى الحصول على السكر الأبيض، كما تضمن الفصل الثامن معلوماتٍ عن مادة المولاس وأهميته ، أما الفصل التاسع فقد وضح طريقة الحصول على مادة ماءات الكالسيوم وغاز ثاني أوكسيد الكربون لإستخدامهما في عملية تنقية العصير السكري الخام وبين الفصل العاشر أهمية نبات قصب السكر كمادة أساسية للحصول على السكر وخطوات إنتاج السكر منه اضافة الى خطوات تكرير السكر الخام .

أما الفصل الحادي عشر فقد تضمن معلوماتٍ هامة عن القطر الصناعي (قطر الغلكوز) وطريقة الحصول عليه .كما وضح الفصل الثاني عشر خطوات تصنيع الحلاوة الطحينية ، والفصل الثالث عشر بين خطوات تصنيع الشوكولاة ، و جاء في الفصل الرابع عشر خطوات تصنيع السكاكر والكراميل والفوندان .

حاولت عند إعداد هذا الكتاب الجامعي أن يتضمن شرحاً علمياً مُبسطاً ومُستساغاً ، مُستعينا ما أمكن بالجداول والمنحنيات البيانية والمخططات ، وارجو أن اكون قد وفقت في تحقيق الهدف المنشود في تزويد المكتبة العربية وإفادة الطلاب في علوم الاغذية–كلية الزراعة – جامعة دمشق، والعاملين في صناعة السكر والصناعات الغذائية الأخرى ، والله ولي التوفيق .

دمشق في ١ \ ١ ٢٠١٥

المؤلف

الأستاذ الدكتور محمد خير طحلة

الفصل الأول

أهمية صناعة السكر

١- أهمية السكر – لمحة عامة عن واقع صناعة السكر عالميا وعربيا ومحليا:

كلمة تاريخية :

عرف الإنسان السكر منذ أقدم العصور، والسكر كلمة معربة من اللغة الهندية نقلهالعرب من الهند إلى بلادهم في تاريخٍ غير معروف ،وكان الإغريق والرمان يدعُون السكر في العهود القديمة من التاريخ عسل أسيا .

تُعد مادة السكر اليوم إحدى المواد الغذائية الرئيسية والضرورية لحياة الإنسان، ولم تعد مقصورةً على بعض الطبقات الإجتماعية دون غيرها ، لهذا فإن صناعة السكر اليوم تُعتبر من الصناعات الإستراتيجية في العالم ، التي تشكل الدعائم الأساسية للأمن الغذائي للمواطن .

يستهلك الإنسان كمياتٍ كبيرةً من السكر إذ قُدرت الحاجة اليومية بنحو ١٠٠ غرام من السكر الأبيض .ويُعتبر السكر من المواد الهامة والضرورية للإنسان ويزداد الإستهلاك في المناطق الباردة وفي الأشهر الباردة عن المناطق الحارة والأشهرالحارة . إضافة إلى أن تطور المعيشة أدت إلى زيادة إستهلاك السكر، فالدول المتقدمة تستهلك سكراً أكثر من الدول الأقل تقدماً .

يوجد السكر في عدة محاصيل أهمها : قصب السكر – الشوندر السكري – الذرة الصفراء السكرية – الذرة البيضاء السكرية – نبات الستيفيا وغيرها . ولكن لايستخرج السكر حالياً إلا من محصولين : قصب السكر والشوندر السكري .

تاريخ انتاج السكر :

استخرج السكر من قصب السكر منذ القدم وقد أكدت بعض المراجع أن قصب السكر محصول قديم جداً ، قام الإنسان بزراعته ونقله من جزر غينيا الجديدة إلى الهند والصين في عام ١٨٠٠ ١٧٠٠ ق.م وبدأ الهنود باستخراج السكر بطرائق بدائية من القصب وقاموا بتجفيف العصير السكري بطرائق بدائية للحصول على قطعٍ من السكر طُحنت للحصول على مسحوق السكر الذي استعمل أولاً كدواءٍ لبعض الأمراض ، وفي عام ٧٦٠ ق. م بدأ الإنسان بصناعة السكر من القصب

كما أشرف جنود الإسكندر المقدوني على مزارع قصب السكر عام ٣٢٧ قبل الميلاد في الهند ، واستفادوا من خبرة السكان المحليين في عصر نبات القصب وتكثيف العصير وبلورته ،أخذ السكر مكانةً مرموقةً في العالم وكانت صناعته سراً من الأسرار واطلق عليه بعض الناس إسم الملح

الهندي أو العسل الأسيوي ، وكانت آخر تسمية له السكر العربي وذلك في القرون الوسطى ، وبعد وصول القصب إلى سورية ومصر نُقل الى أوروبا ، وبالتدريج بدأ القصب ينتقل من دولة أوروبية الى أخرى ،ثم نُقل الى أمريكا عن طريق الحملات الإسبانية التي قادها كريستوفر كولومبس عام ١٤٩٣م حيث نقل سوق القصب الى سانتو– دومينغو ولكنه لم ينتشر إلا في عام ١٥٠٦ م ،أما أول معمل للسكر المكرر فكان عام ١٧٩٥م في الولايات الامريكية، وعندها وصل السكر إلى روسيا قيل عنه أنه غذاء القياصرة وكانت أسعاره تقارب أسعار الفضة وكان يُباع في الصيدليات كدواء .

و ظل قصب قصب السكر المنبع الوحيد للسكر تسيطر على تجارته وصناعته بريطانيا حتى بداية القرن التاسع عشر ،حتى اهتدى الكيميائي الالماني "مارغرف"في أواسط القرن الثامن عشر ، إلى وجوده في جذور الشوندر السكري الذي اكتشفه في أحد حقول "سيليزيا"إحدى مقاطعات المانيا الزراعية . ثم تمكن مواطن الماني آخر من أصل فرنسي يدعى "آشار"من إستخراج السكر صناعيا من الشوندر ،، وكان ذلك في سنة ١٧٨٩.

وقد تأسس أول معمل للسكر في المانيا عام ١٨٠٢، ثم توالى إنتشار معامل السكر في الغرب على أساس تصنيع الشوندر حتى وصل عددها الى الآلاف ، وأُقيم أول معمل في بريطانيا عام ١٩١٢ وكانت تعمل قبل ذلك على تكرير السكر الخام المستورد، وكان الفلاحون يصدرون الشوندر المنتج في حقولهم عبر البحر الى معامل هولاندا .وانتقلت زراعته من دولة الى أخرى ، فزُرع في كل الدول الأوروبية وخاصة في أوكرانيا وروسيا ونُقل الى الولايات المتحدة ، و بُنى أول مصنع في الاتحاد السوفيتي عام ١٨٢٤ م ،و في الولايات المتحدة عام ١٨٧٠ أما في الشرق الاوسط فأنشئ أول معمل لسكر الشوندر في ايران عام ١٨٩٩ ثم تلتها تركيا فأنشأت أول معمل عام ١٩٢٦.وجرت محاولات عديدة قبل الحرب العالمية الثانية لإنشاء معمل لسكر الشوندر في سورية(حمص) فحالت الحرب دون تحقتق هذه الرغبة ، ثم تم إنشاؤه أخيراً عام ١٩٤٨ ، وأنشئت مصر معملها الأول لتصنيع قصب السكر عام ١٨٥٨ .

توزع انتاج السكر في العالم :

تطورت صناعة السكر في العالم خلال القرن الماضي تطوراً سريعاً ، وقفزت قفزاتٍ نوعيةً على كافة المستويات (الزراعية كماً ونوعاً ، التكنولوجية ، الطاقات التصنيعية والمردود) وارتفع إنتاج السكر عالمياً من ١٠ مليون طن في عام ١٩٠٠م إلى ٢٣,٥ مليون طن عام ١٩٣٠م ، وإلى ٥٠ مليون طن عام ١٩٦٠م ، ووصل في نهاية السبعينات إلى ١٠٠ مليون طن ، وفي عام ٢٠١١ م بلغ إنتاج العالم من السكر حوالي ١٢٠ طن منها حوالي ٦٠ % من قصب السكر و٤٠ % من الشوندر السكري . ويبين الشكل (١) تطور الكميات المنتجة في العالم من السكر الأبيض والسكر

الخام والأسعار خلال السنوات العشر الأخيرة .

تنتج القارة الأسيوية حوالي ٣٤ % من الناتج العالمي تأتي الهند في طليعة الدول الأسيوية المنتجة للسكر . أما القارة الأفريقية فتنتج حوالي ٧,٦ % من الانتاج العالمي (جنوب أفريقيا في المقدمة) والقارة الأمريكية تنتج ٣٤ % من الناتج العالمي(كوبا في المقدمة) ، والقارة الأوروبية تنتج ١٧,٢ % واستراليا٤,٣ % اما الإتحاد السوفيتي فينتج ٧,٢ %من الناتج العالمي .

انتقلت زراعة الشوندر من بلاد الشام إلى أوربا خلال فترة الحروب الصليبية ، وتم تطوير وتهجين أنواعاً جديدة من الشوندر حيث استطاع العالم الألماني مارغراف Margraf الحصول على السكر الأبيض في المخبر من الشوندر السكري عام ١٧٤٧ ، الشكل (١) يبين توزع زراعة الشوندر السكري في العالم .



الشكل (١) . توزع زراعة الشوندر السكري في العالم .

يُنتج السكر عالمياً في ١٠٠ دولة ، منها:البرازيل – الهند – الاتحاد الأوربي – الصين – الولايات المتحدة الأمريكية –تايلاند – المكسيك – كوبا – أوكرانيا – جنوب أفريقيا – استراليا – الفليبين .ويمثل إنتاج هذه الدول مجتمعة أكثر من ٩٠ % من الإنتاج العالمي ، يتوزع إنتاج واستهلاك السكر عالميا وفق إحصائية 2002 / 2003 (مليون طن) ،الجدول ( ) .

الجدول (١) توزع إنتاج و استهلاك السكر عالميا (مليون طن).

اسم المنطقة	الإنتاج	الاستهلاك	التصدير	الاستيراد
أمريكا	٥١,٢٨	٣٤,٤١	١٩,٦٨	٣,٦٥
أسيا	٤٩,٢٧	٤٩,٨٣	١١,٨٣	١١,٩٣

أوربا	٢٦,٠٧	٢٩,٩٢	٧,٣٩	٩,٦٢
أفريقيا	٨,٢٤	٩,٦٥	٣,٢٩	٥,٠٠
أستراليا	٥,٠٣	١,١٥	٣,٨٦	٠,٠٥
الشرق الأوسط	٥,٠١	٩,٧٠	١,٤٩	٦,٢٨
المجموع	١٤٤,٩	١٣٤,٦٦	٤٧,٥٤	٣٦,٥٣

يتذبذب استهلاك الفرد من مادة السكر سنوياً حسب البلد وإنتاجه ووضعه الاجتماعي والاقتصادي ، يتراوح الاستهلاك الطبيعي للفرد ما بين ٢٧ و ٤٠ كغ من السكر الأبيض سنوياً .

تستهلك الدول المنتجة حوالي ٧٠% من السكر المنتج ، وتصدر ٢٥% منه إلى الدول المستهلكة ، ويُباع حوالي ٥% منه في الأسواق العالمية ، وتُعد كوبا في طليعة الدول المصدرة للسكر ، تليها البرازيل ، ثم فرنسا ، ويبين الجدول (٢) أهم الدول المنتجة وكمية الإنتاج والاستهلاك والتصدير والاستيراد مقدراً بملايين الأطنان حسب إحصائية عام ٢٠٠٣/٢٠٠٢ .

الجدول(٢) أهم الدول المنتجة للسكروكمية الإنتاج والاستهلاك والتصدير والاستيراد (مليون طن) .

الدولة	الإنتاج	الاستهلاك	التصدير	الاستيراد
البرازيل	٢٢,٧٥	٩,٦٥	١٣,١٠	–
الهند	١٨,٨٥	١٩,٠٠	١,٠٠	٠,٠٥
السوق الأوربية	١٧,٨٣	١٤,٢٧	٥,٧٩	٢,٠٢
الولايات المتحدة	٧,٥٣	٨,٨٧	٠,١١	١,٤٢
الصين	٨,٤١	٨,٧٩	٠,٦٦	١,٥٢
استراليا	٥,٠٣	١,١٥	٣,٨٦	–
المكسيك	٥,٠٠	٥,٣٢	٠,١٨	٠,٠٥
كوبا	٣,٢٠	٠,٧٥	٢,٤٥	–
جنوب أفريقيا	٢,٧٨	١,٥٩	١,٣٥	٠,٢٧
بولونيا	٢,٠٠	١,٧٥	٠,٣٠	٠,٠٧
روسيا	١,٧٠	٧,٠١	٠,٣٠	٤,٥٠
اوكرانيا	١,٩٥	٢,٠٢	٠,٠٦	٠,١٥
باكستان	٣,٧٨	٣,٥٠	٠,٢٢	–

سورية	١,٤٣	٠,٥٠	–	١,٣١
كولومبيا	٢,٣١	١,٣١	١٠٠	–
مصر	١,٤٧	٢,٠٤	٠,١٠	٠,٧٠

١- واقع صناعة السكر في الوطن العربي :

على الرغم من أن العديد من الأقطار العربية منتجة للسكر الجدول (٣) ، اضافة الى ظروف مناخية وزراعية مناسبة لزيادة إنتاج المادة الأولية (الشوندر السكري في سوريا وتونس والجزائر ولبنان ، وقصب السكر في السودان ، وكلا المحصولين في العراق ومصر والمغرب) إلا أن جميع الدول العربية مستوردة له تقريبا ،الجدول( ).

يُعد السودان البلد العربي الوحيد الذي يخطو باتجاه الاكتفاء الذاتي وفتح أبواب التصدير إلى الدول العربية الأخرى بعد استثمار مشروع شركة سكر كنانة ، الذي يعد أكبر مصنع للسكر لتصنيع القصب في العالم القادرعلى انتاج٤٣٠ مليون طن من السكر الابيض سنوياً عن طريق تصنيع ٣ مليون طن من قصب السكر وعليه أصبحت السودان على خارطة الدول المصدرة للسكر الأبيض .

الجدول (٣) يبين أهم الدول العربية المنتجة للسكر .

المحصول	سوريا	العراق	السودان	مصر	تونس	لبنان	المغرب
شوندر سكري	✦	✦		✦	✦	✦	✦
قصب السكر		✦	✦	✦			✦

تشير المعلومات الإحصائية أن الدول العربية تنتج ما يزيد بقليل عن ٢ مليون طن سكر وتستورد حوالي ٤,٥ مليون طن قيمتها التقديرية ٢ مليار دولار سنوياً ، ولا يشكل إنتاج السكر في الوطن العربي أكثر من ٣٠% من الاستهلاك المحلي .

-واقع صناعة السكر في الجمهورية العربية السورية :

تُعد صناعة السكر في الجمهورية العربية السورية حديثة العهد ، وتعود إلى عام ١٩٤٨ م عندما قامت شركة (صنع السكر والمنتجات الزراعية) وهي شركة وطنية أسست برأسمال (سوري – لبناني)مشترك ، بالتعاقد مع شركة (سكودا) التشيكية على إقامة معمل السكر في مدينة حمص بطاقة تصنيعية قدرها ١٢٠٠ طن شوندر سكري يومياً وتكرير ٣٠٠ طن سكر خام ، وتم التعاقد مع خبرات تركية وتشيكية والمانية لإدخال زراعة الشوندر السكري ،حيث تم زراعة هذا المحصول في محافظة حمص بتمول كامل من شركة (صنع السكر) من حيث تقديم البذور والاسمدة ومواد المكافحة والإرشاد الزراعي اللازم ، ونظراً للنجاح الذي حققته الشركة في أوائل الخمسينات ولنجاح زراعته في منطقة الغوطة بدمشق فقد توسعت الشركة وأقامت بالتعاون مع نفس الشركة (سكود)

معملاً آخراً في منطقة عدرا في عام ١٩٥٨ بطاقة تصنيعية قدرها ٦٥٠ طن شوندر سكري يومياً وتكرير ١٧٠ طن سكر خام (أُوقف هذا المعمل عام ١٩٨٥) ، وبعد مرحلة التأميم أولت الدولة اهتماماً خاصاً بهذه الصناعة الاستراتيجية ، فأُقيم معمل سكر ثالث في مدينة جسر الشغور عام ١٩٦٨ بطاقة تصنيعية قدرها ٢٠٠٠ طن شوندر سكري يومياً وتكرير ٣٠٠ طن سكر خام .

وفي عام ١٩٧٥ م وبعد إحداث المؤسسة العامة للسكر بموجب المرسوم التشريعي رقم ١٤٤٦ الصادر عن السيد رئيس الجمهورية ،حيث أنيط بها إضافةً إلى الإشراف على المعامل القائمة ، الإشراف أيضا على إقامة أربع معامل جديدة للسكر طاقة كل منها ٤٠٠٠ طن من الشوندر السكري يومياً الشكل(خريطة سورية) وهي :

- معمل سكر دير الزور ونفذته شركة تكنواكسبورت التشيكية .
- معمل سكر الرقة ونفذته شركة .ا .ب ،البلجيكية .
- معمل سكرمسكنة ونفذته شركة .ا .ب ،البلجيكية.
- معمل سكرتل سلحب ونفذته شركة كومينغ الايطالية .

وُضعت هذه المعامل في الإستثمار تدريجياً إعتباراً من عام ١٩٨١ م .رافق بناء هذه المعامل الجديدة حركة زراعية نشطة في مناطق إقامة تلك المعامل لتأمين المادة الأولية اللازمة لتشغيلها . وارتفعت الكميات المصنعة من الشوندر في عامي ١٩٨٣ و ١٩٨٤ م الى مليون طن بينما تراجعت في عام ١٩٨٥ م إلى ٣٥٥ الف طن ووصل التراجع الى ٢٠٤ الف طن عام ١٩٨٨ م بسبب ايقاف بعض المعامل عن التصنيع بموجب قرار المجلس الزراعي الأعلى رقم ٧٧ لعام ١٩٨٨م فتم توقيف معمل عدرا عن التشغيل عام ١٩٨٥م بسبب نضوب المياه في الغوطة و توقف معمل سكر حمص عن تصنيع الشوندر عام ١٩٨٩م بسبب تدني طاقته ومردوده .

كما لوحظ من خلال تتبع درجة حلاوة الشوندر السكري المورد إلى معامل السكر إنخفاض درجة الحلاوة السكرية بشكلٍ كبيرٍ إذ انخفضت الحلاوة من ١٦,٨٤ % عام ١٩٧٠ م إلى ١١,٣٧ % عام ١٩٩٥م مما انعكس سلبياً على المواصفات التكنولوجية للشوندر كإرتفاع نسبة المواد غير السكرية وبالتالي إنخفاض النقاوة مما انعكس سلبياً على الطاقة التصنيعية للمعامل .بعد هذه الفترة عاد الإهتمام مرة ثانية بمحصول الشوندر السكري وأقامة وزارعة الزراعة مؤتمر الشوندر الأول والثاني في مدينة حماة عامي ١٩٩٨ – ١٩٩٩ م ثم أقامت الندوة العلمية العالمية الأولى للشوندر السكري في مدينة حمص عام ٢٠٠٠ حينئذ لم تكن أيةأبحاث أو دراسات حول زراعة الشوندر وتصنيعه .وشُكلت لجان عديدة للشوندر منها اللجنة الدائمة للشوندر التي تشرف على زراعة الشوندر في سورية ولجنة إعتماد أصناف الشوندر السكري التي تزرع في سورية وانطلقت الأبحاث بوجود عدد كبير من الباحثين في مجال زراعة الشوندر

وتصنيعه .

يبين الجدول (٤) انخفاض حلاوة الشوندر المصنع في سورية عن المعدلات العالمية وعن حدود المواصفات القياسية ، وبمقارنة هذه المعدلات مع الدول العربية على سبيل المثال (حسب مؤشرات موسم ٢٠٠٤) نجد الفرق الواضح في درجات الحلاوة : فمثلا تبلغ درجة الحلاوة في الشوندر المنتج في مصر ١٦,٢ % ، وفي المغرب ١٦,٥ % ، وفي تونس١٥– ١٥,٥ % ، في حين تبلغ في فرنسا ١٧,٢ % ، وفي هولندا ١٦%، وفي ألمانيا ١٧,٠٩ % ، ويعود ذلك لأسباب عديدة منها: أصناف البذور المستخدمة ، تخديم المحصول ، السياسة السعرية العالمية .

الجدول ١. تطور المساحة والإنتاج وغلة محصول الشوندر السكري في سورية.

العام	سورية		
	المساحة(هكتار)	الانتاج (طن)	الغلة(كغ/هكتار)
٢٠٠٢	29597	1522702	51449
٢٠٠٣	28213	1205159	42717
٢٠٠٤	27590	1217658	44135
٢٠٠٥	25999	1096291	42167
٢٠٠٦	32562	1437921	44159
٢٠٠٧	28192	1366453	48471
٢٠٠٨	29525	1104861	37421
٢٠٠٩	15463	732708	47385
٢٠١٠	27502	1493031	54288
٢٠١١	26014	1805184	69393

المصدر: وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (٢٠١١).

العام	كمية الشوندر	حلاوة الشوندر	الطاقة التصنيعية	نقاوة عصير الديفزيون	المردود
	ألف طن	%	طن / اليوم	%	%
١٩٩٤	١٤٠٢	١٢,١	١٤٤٨٦	٨٠,٩٧	٨,٦٠
١٩٩٥	١٣٣٢	١١,٣٧	١٤٥٨٦	٧٨,٩٩	٧,٩٦
١٩٩٦	٩٦٧	١١,٨٩	١٥٢٥٣	٨٠,٧٦	٨,٦٢
١٩٩٧	١١٠٤	١١,٩٧	١٦٤٨١	٨١,٦٨	٨,٩٠
١٩٩٨	١١٩٢	١٢,٠٥	١٦٢١٨	٨١,٣٠	٨,٥١
١٩٩٩	١٣٠٢	١١,٩٠	١٦٣٢٥	٨١,٠٠	٨,٣١
٢٠٠٠	٩٣٣	١١,٩٧	١٦٤٦٩	٨١,٣٥	٨,٦٣
٢٠٠١	١٢١٣	١٢,٤٠	١٦٨٦٤	٨١,٧٠	٩,٠٩
٢٠٠٢	١٥١٠	١٢,١٣	١٧٨٤٧	٨٢,٨٠	٨,٨٢
٢٠٠٣	١١٧٧	١٢,٢٣	١٧٥١٠	٨١,٢٠	٩,٢٥

- **شركة السكر الوطنية :**

في سياق عملية الإصلاح الإقتصادي والتي ارتسمت معاملها وتوضحت خطوطها في السنوات الأخيرة تشهد البيئة الاستثمارية السورية تحسناً متسارعاً ، سيما بعد صدور التشريعات والمراسيم التي هيأت الفرص لدخول مستثمرين جدد سوريين وعرب وأجانب .

البداية والإنطلاق :بدأت الدراسات الفنية والجدوى الإقتصادية لهذا المشروع في عام ٢٠٠٢ م ، وتم الحصول على رخصة المشروع في عام ٢٠٠٥ م وفي أوائل العام ٢٠٠٦م ، بدأت الأعمال الإنشائية لمصفاة السكر الجديدة التي تمتلكها شركة السكر الوطنية وبلغت الكلفة الإجمالية لإنشاء هذه المصفاة حوالي ٩٠ مليون دولار. إضافة إلى رأس مال تشغيلي بلغ بالحد الأدنى ٦٠ مليون دولار تم تمويله عن طريق قرض مجمع دولي بإدارة بنك الإسكان للتجارة والتمويل في الأردن وهو أول قرض مجمع دولي لشركة خاصة في سورية . وفي الشهر الأخير من العام ٢٠٠٧م بدأ التشغيل التجريبي للمصفاة واستمر حتى شباط من العام ٢٠٠٨ م، يملك مشروع مصفاة السكر مساهمون سوريون بنسبة ٥١ % ومساهمون آخرون وأفراد من عدة دول عربية وأجنبية .هذا وتبلغ مشتريات السكر الخام وبيع المنتج من السكر الأبيض بحدود

٩٠٠ مليون دولار سنويا اذا عملت الشركة بالطاقة القصوى للمصفاة و يتم استيراد السكر الخام بواسطة ناقلات بحرية من البرازيل ، أما السكر الأبيض فيُباع في الاسواق الداخلية السورية أولاً والفائض سيُصدر الى الدول العربية المجاورة ،علماً أن انتاج المعمل بطاقة مليون طن سنوياً يفوق استهلاك سورية ، ولذلك من المتوقع أن يتم تصدير ما يقارب من ٣٠ % من انتاج المصفاة مما ينقل سورية من بلدٍ مستوردٍ للسكر الى بلدٍ مصدرٍ.

وقد اعتمدت هذه المصفاة على التكنولوجيا البرازيلية الحديثة. وتم استيراد الآلات والتجهيزات والمعدات ولوازم المصفاة الأخرى من أوروبا بالإضافة الى البرازيل وتركيا ، مع التنويه إلى أن جزءً لابأس به من المعدات تم تصنيعه في سورية .

ومن الأهمية بمكان الاشارة إلى أنه عند دراسة هذا المشروع تم الأخذ بعين الاعتبار زيادة استهلاك السكر في المنطقة خلال العشرين عاماً القادمة ، ودُرس المشروع على أساس أن يرتفع انتاجه في المرحلة الثانية إلى مليون ونصف المليون طن من السكر الأبيض سنوياً ، وفي المرحلة الثالثة إلى مليونين طن سنوياً وبذلك يغطي كامل استهلاك سورية ولبنان والعراق من السكر خلال العشرين سنة القادمة.

-المادة الأولية في صناعة السكر (الشوندر السكري – قصب السكر):

قصب السكر :

غلة مدارية تتطلب مياهاً وافيةً للري وجفافاً في موسم النضج ،ينتج الوطن العربي قرابة ١٩ مليون طن أي حوالي ٣%من الإنتاج العالمي يأتي معظمه من وادي النيل(مصر والسودان) والمغرب والعراق .

ينموقصب السكر في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية بين خطي عرض ٣٧ شمالاً (جنوب اسيا) و٣٥ جنوباً (حتى استراليا) . تبلغ المساحة المزروعة من القصب في العالم نحو ٤٧ فداناً وهي تمثل ٦٤% من جملة المساحة العالمية التي تُزرع بالمحاصيل السكرية (قصب سكري – شوندر سكري – ذرة سكرية)ويبلغ إنتاج العالم من السكر الخام نحو ١٢٥ مليون طن من قصب السكر وهي تمثل ٧٢ % من جملة إنتاج السكر العالمي ، تكمن قيمة قصب السكر الغذائية بوجود السكر فيه إذ يحتوي عود قصب السكر على حوالي ٦-١٦ % سكر وعند عصره فإن نسبة السكر في العصير قد تصل الى حوالي ١٦ %. أما الفؤائد الحقيقية للقصب فإنها تكمن في كونه مصدراً فورياً للطاقة لإحتوائه على نسبة جيدة من السكريات الأحادية سريعة الامتصاص ، إضافةإلى إحتواءه على فيتامين A وC واحتوائه على مركباً كيميائياً مشتقاً من المادة الشمعية لقصب السكر يساعد على خفض مستويات الكولسترول العالية في الدم وبالتالي يقلل من مخاطر الاصابة بأمراض القلب

(مركب بولي كوزانول) يفيد الاشخاص المصابين بارتفاع غير طبيعي في كولسترول الدم .

إن اتجاه الدول المنتجة لمحصول قصب السكر إلى إنتاج الوقود الحيوي بدلاً من السكر عند ارتفاع المردودات الاقتصادية لهذا الوقود سبب تأثيرات سلبية على الأمن الغذائي العالمي خصوصاً إذا علمنا أن مادة السكر هي المادة الغذائية الوحيدة التي لايمكن الاسغناء عنها .

يتزايد الاستغناء عن النفط وانتاج الوقود الحيوي بوتيرة سريعة مع ارتفاع اسعار النفط .

الايثانول : الوقود الحيوي القادر على أن يقلص اعتماد العالم على النفط. ففي عام ٢٠٠٥ بلغ انتاج العالم ٧٩ مليون لتر وتم انتاج الايثانول من قصب السكر و أنتجت البرازيل عام ٢٠٠٥ نحو ١٦,٥ مليار لتر من وقود الايثانول .ويعد الايثانول أقل كلفة من البنزين في كثير من البلدان .

اعتزمت البرازيل (المنتج الأول عالمياً للايثانول) في بداية ٢٠٠٧ استثمار ١٠ مليارات دولار خلال السنوات القادمة . والأن يشهد سوق الايثانول اتساعاً في جميع القارات (الولايات المتحدة – اوربا –الصين –اليابان – الهند –نيجيريا –كولومبيا) وبدأ الكاريبيون يستبدلون معامل السكر بمعامل انتاج الايثانول وذلك بعد أن أصبحت تكلفة انتاج السكر ثلاثة أضعاف سعر البيع إذ توقف هدير المعامل التي كانت في وقت ما تعمل على طحن القصب لانتاج السكر واستبدلت بها معامل التقطير لانتاج الايثانول . وأطلق على قصب السكر بالنفط الأخضر وبدأت سوق الوقود الحيوي تؤثر في أسواق السكر، ففي البرازيل التي تتقدم دول العالم في انتاج السكر، يذهب نحو نصف محصول قصب السكر لانتاج الايثانول، وارتفاع الطلب على الايثانول مؤخراً قلل قدرة البرازيل على تصدير السكر، مما ساهم في مضاعفة أسعار السكر عالمياً من ٢٠٠٤ وحتى الان.

نبات الستيفيا:

عبارة عشبة معمرة إسمها بالكامل : ستيفيا ريبوديانا بيرتوني تنتمي إلى العائلة النجمية حيث يحتوي جنس الستيفيا على حوالي ٢٤٠ نوعاً من الاعشاب والشجيرات ، إلا أن نبات الستيفيا ريبوديانا بيرتوني يتميز عنها باحتواء أوراقه على مجموعة من المركبات الطبيعية التي تمتاز بقوة تحلية تتراوح من عشرات إلى مئات المرات أعلى من قوة تحلية السكاروز ، يطلق على مجموعة المركبات إسم الستيفيوزيد ويبلغ متوسط قوتة تحليتها من ٢٠٠–٣٠٠ مرة من قوة تحلية السكاروز مع مستويات منخفضة من السعرات الحرارية لاتزيد عن ٣٠٠١١ من قيمة السعرات الحرارية لسكر الشوندر .

نبذة تاريخية عن نبات الستيفيا:

يعد نبات الستيفيا من النباتات المعروفة والمستخدمة منذ عدة سنوات حيث كانت قبائل الداناديور من السكان الاصلين يستخدمونه لتحلية طعامهم وشرابهم.اشتُق الإسم اللاتيني لهذا النبات من

إسم العائلة للعالم الإسباني Pedro Jaime Esteve وفي بداية السبعينات بدأت اليابان بزراعة الستيفيا كبديل عن المحليات الصناعية التي تغطي حالياً ٤٠ % من حاجة السوق المحلية من السكر .يحاول الأوربيون الاستفادة منها غير أن المشكلة الكبرى تكمن في زراعتها في القارة الأوربية بسبب القطس البارد الذي لاتستطيع مقاومته ، فلابد من تجديد زراعتها سنوياً تحت ظروف مناخ الطقس البارد في حين أنها تستطيع العيش عدة سنوات (نبات معمر) قبل الاضطرار إلى زراعتها من جديد في أمريكا اللاتينية .من أهم الدول المنتجة للستيفيا الولايات المتحدة الامريكية (كاليفورنيا)–اليابان– الصين– تايلاند –كوريا –تايوان – ماليزيا– اسبانيا– جورجيا – اوكرانيا– مصر .

أهمية نبات الستيفيا:

تعتبر مادة الستيفيوزيد من المركبات الطبيعية ذات قوة تحلية مرتفعة يكونها نبات الستيفيا في أوراقه ، قابلة للذوبان في الماء بسهولة وقابلة للخلط مع كافة مواد التحلية الأخرى مثل السكاروز والفركتوز وغيرها . طيبة المذاق نظراً لتمتعها بقدرةٍ عاليةٍ من التحلية ولاتؤثر في الأغذية بدرجة تذكر .وهي ثابتة في ظروف التسخين والظروف الحمضية والقلوية إذ لاتتغير نكهة السكر بها تحت هذه الظروف.ومن مميزات زراعة الستيفيا الوفر في تكلفة الزراعة الذي يصل الى ٦٠ % بالمقارنة مع كلفة زراعة قصب السكر كما تقلل من معاناة مرضى السكري فبفضلها يمكن للمرء تناول ما يشتهي من الحلوى دون خوف، ويجب أن لاننسى أهميتها في صناعة المواد الغذائية والمشروبات الحلوة التي لاتحتوي على سعرات حرارية عالية .

- الشوندر السكري:

يعتبر الشوندر السكري المصدر الوحيد لصناعة السكر في سورية، إذ بلغت المساحة المزروعة بهذا المحصول عام (٢٠٠٨) حوالي ٣٠ ألف هكتار (١١ ألف هكتار عروة شتوية، ١٣ ألف هكتار عروة خريفية و ٦ آلاف هكتار عروة صيفية) أنتجت (١,١) مليون طن من جذور الشوندر السكري وبمردود قدره ٣٧,٤ طن/هكتار (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لعام ٢٠٠٨).

لذلك قامت الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بإجراء تجارب على المحصول في مركزي بحوث الرقة ودير الزور بناءً على دراسة مسبقة للظروف البيئية المناسبة لنمو ونضج الشوندر السكري لتحديد مواعيد جديدة لزراعة البذور وقلع الجذور حيث الظروف البيئية مناسبة لنضج المحصول وتخزين السكر.

من خلال النتائج تبين إمكانية زراعة الشوندر السكري في المواعيد المبكرة (٨/١ و٨/١٥) وقلع الجذور في منتصف شهر شباط حيث تراوحت إنتاجية الجذور في هذه المواعيد إلى ٤٠–

٦٥ طن/هـ في الرقة و ٤٢-٥١ طن/هـ في دير الزور وتراوحت حلاوة الجذور بين ١٤,٥-١٨,٠ % في الرقة و ١٤,٨ و ١٥,٨ % في دير الزور. ولم تظهر أية شماريخ زهرية على النباتات (تقارير الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، ٢٠٠٧).

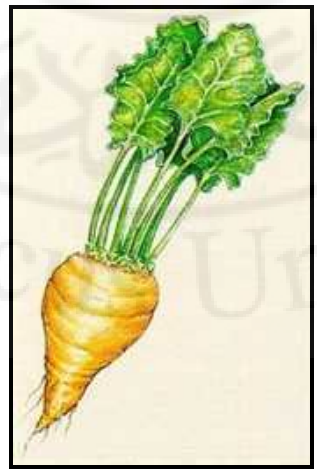
استناداً للنتائج السابقة اعتمدت العروة الصيفية في محافظات الرقة ودير الزور، حيث تقرر زراعة مساحة إجمالية تقدر بـ ٨٨٠٠ هكتار، منها ٣٦٠٠ في الرقة و ٥٢٠٠ هكتار في دير الزور للموسم الزراعي ٢٠٠٨/٢٠٠٩.

يزرع الشوندر السكري بالبذور وتجود زراعته في المناطق الباردة والمعتدلة التي تقع شمال خط عرض مابين ٣٠-٦٠ لذلك تتركز صناعة سكر الشوندر في البلدان الباردة مثل المانيا وروسيا وفرنسا وشمال وشرق الولايات المتحدة. يحتاج نمو النبات الى درجات حرارة تتراوح بين ٢٣-٢٦ م°
ثاثاء النهار وحوالي ٢٠ م° أثناء اليل كما أن إنتاج وتركم السكر في الجذور يكون عند أعلى معدل على درجات حرارة تتراوح بين ١٥ الى ٢٠ م° في حين أن إرتفاع درجة الحرارة إلى حوالي ٣٠م° يؤدي إلى حدوث إنخفاض حاد في تركيز السكر بالجذور .

إنتشرت زراعته في الوطن العربي بعد الحرب العالمية الثانية ووصل إنتاجه إلى نحو ٤ مليون طن ،أي ما يشكل ١,٥ من الإنتاج العالمي، وينتج معظمه في سورية والمغرب والعراق ومصر وتونس والجزائر ولبنان .

ولايكفي إنتاجه حاجة الأقطار العربية من السكر مما يضطرها إلى إستيراد السكر الخام والمكرر .

تحتوي الثمار عادة من ٢ – ٤ أجنة وتسمى في هذه الحالة متعددة الأجنة ، وقد وجدت حديثاً أصناف تحتوي ثمارها على جنين واحد ، إهتم علماء تربية النبات وفضلوها في الإنتاج التجاري لسهولة زراعتها الآلية وعدم الحاجة لعمليات التفريد . الشكل (٣) .



الشكل (٣) نبات الشوندر السكري في الحول الأول .

ينمو نبات الشوندر في عامه الأول مكوناً مجموعاً ورقياً وساقاً قرصية وجذراً متضخماً يحتوي على مواد مخزونة أهمها السكروز بنسبة ١٦ – ٢٢ % حسب الأصناف ومواعيد الزراعة ونوعية التربة وطبيعة المناخ والأساليب الزراعية المتبعة في إنتاجه والآفات التي يتعرض لها أثناء نموه ، ويعطي في عامه الثاني شمراخاً زهرياً قوياً متفرعاً يحمل كمية من البذور تساهم في استهلاك المواد السكرية المخزونة في الجذر في موسم النمو السابق .

يزرع الشوندر السكري في القطر العربي السوري في عروتين رئيسيتين هما:

– العروة الخريفية: وتبدأ من ١٥ تشرين الأول إلى ١٥ تشرين الثاني،وتزرع في المحافظات التالية: حماه(الغاب) ،إدلب، حلب، الرقة، ودير الزور. ويجب ان لايزيد عمر النبات للعروة الخريفية عن ٢٤٠ يوم و العمر الامثل هو (٢١٠–٢٤٠) حسب المنطقة.

– العروة الشتوية: وتبدأ من ١٥ كانون الثاني إلى ١٥ شباط، وتزرع في المحافظات التالية: حماه، الغاب (إدلب)، حلب، والرقة (الجباوي و آخرون، ٢٠٠٩). يجب ان لايزيد عمر النبات للعروة الشتوية عن ٢١٠ يوم حسب المنطقة.

ونظرا للظروف المناخية التي تشهدها المنطقة الشرقية من ارتفاع كبير في درجات الحرارة صيفاً في اوقات قلع الشوندر فقد اجريت عدة دراسات حول زراعة الشوندر صيفاً وقلعه شتاء وبناء على ذلك تم اقتراح زراعته في عروة جديدة سميت بالعروة الصيفية وتبدأ من ١٥ تموز إلى ١٥ آب، وتزرع في الرقة ودير الزور (الجباوي، ٢٠١٣).

تتراوح فترة النمو والنضوج في الحول الأول وسطياً ما بين ١٥٠ و ١٨٠ يوماً عند توافر المواد والشروط الضرورية مثل الضوء والحرارة والماء والهواء والمواد الغذائية (المواد الكيميائية والعناصر الضرورية للنمو) .يقوم الكلوروفيل وبوجود الضوء بتشكيل المركبات العضوية ، ويمكن أن نعبر عن عمليات تشكل المواد السكرية وفق المعادلة التالية :

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

تاثير العوامل البيئية في نمو محصول الشوندر السكري:

يتاثر الشوندر السكري كغيره من المحاصيل الحاصيل الحقلية بعوامل المناخ وتقلبات الجو وخاصة الصقيع في الشتاء ونقص الامطار في شهر اذار ونيسان وايار صيفا .وتؤثر الحرارة والرطوبة والرياح في الشوندرفتزيد من انتاجه اذا كانت ملائمة وتضعف الانتاج اذا كانت غير ملائمة.

هناك عوامل تؤثر في محصول ونوعية جذور الشوندر السكري كالماء والمواد الغذائية التي تمتص من قبل النبات ، وهناك عوامل اخرى تؤثر ايضا كاختلاف الظروف الجوية مابين السنوات

مثل تغيرات الحرارة والاضاءة الشمسية والرطوبة الجوية .

ويتضح ان وزن الجذر ونسبة السكر تزداد بازدياد خصوبة التربة ،بينما ينخفض وزن الجذر ونسبة السكر وتزداد نسبة الازوت الضار مما يقلل من نسبة السكر المستخلص (يزداد الفاقد الصناعي بزيادة نسبة الازوت الضار والصوديوم) في حال فقر التربة .

تختلف نوعية الشوندر السكري بحسب رطوبة التربة ، حيث يتغير وزن الجذور ونسبة السكر حسب اختلاف نسب الرطوبة الارضية ، اضافة لتاثير الرطوبة الجوية وكمية الامطار الهاطلة التي تؤثر بشكل كبير في المؤشرات الصناعية الجدول ( ). أدت أيضاً إلى ارتفاع نسبة الازوت الضار والصوديوم .

الظروف الجوية	متوسط وزن الجذر غ	متوسط نسبة السكر %	الفاقد الصناعي%
أمطار جيدة	٥٠٦	١٩,٨٥	٢,٢
قليلة الأمطار	١٤٩	١٧,٩٣	٣,٥

كماتؤثر الكثافة النباتية في نوعية الشوندر السكري ، فيزرع الشوندر السكري بكثافات مختلفة وبطرائق زراعة عديدة فتختلف المساحة التي يشغلها النبات ويختلف بالتالي حجم الجذر ونسبة السكر الجدول ( ).

جدول (.....) يوضح اثر الكثافة النباتية على نوعية الشوندر السكري

المساحة التي يشغلها النبات سم	متوسط وزن الجذر غ	سكر%	املاح معدنية ذوابة%	ازوت ضار %	سكر مستخلص فعلا %	الفاقد الصناعي %
٢٥×٢٥	٦٢٠	١٩,٩١	٠,٣٦	٠,٠١٧	١٧,٦٩	٢,٢٢
٢٥×٣٥	١٢٢٥	٢٠,٠٧	٠,٣٨	٠,٠٢٧	١٧,٤٩	٢,٥٨
٥٠× ٥٠	٢٥٠٠	١٩,١٨	٠,٤٧	٠,٠٣٣	١٦,٠١	٣,١٧

وتعد درجو الحرارة ، الماء ، الضوء ، والتركيب الكيميائي للتربة من أهم العوامل المؤثرة في نمو نبات الشوندر السكري .

يبدأ انتاش بذور الشوندر السكري عند درجة حرارة ٥°م وتحتاج عملية الإنبات إلى ١١٥ – ١٢٥°م فعالة أعلى من الصفر البيولوجي للشوندر السكري(٨ °م)، وتبلغ الاحتياجات الحرارية أثناء مراحل النمو كما يلي :

- ١٢٥ °م في الفترة الواقعة بين البذار والإنبات .
- ١٤٠٠ – ٢٨٠٠°م في الفترة الواقعة بين الإنبات وقلع الجذور .
- ٣٩٠٠ – ٤٥٠٠°م في السنة الأولى والثانية للفترة الواقعة ما بين إنبات البذور والحصول

على بذور مرة ثانية .

أما درجة الحرارة المثالية لنبات الشوندر السكري التي يكون فيها كامل النمو ويتم فيها اختزان أكبر نسبة من السكر في الجذر فتتراوح بين ٢٠ – ٢٨°م ، وإذا زادت درجة الحرارة عن ٣٠°م فإن ذلك يؤخر أو يبطئ من تكوين السكر في الجذور ، ولكن النبات بعد طور البادرة يمكنه أيضاً أن يتحمل موجات البرودة والصقيع ولكن إذا انخفضت الحرارة إلى ٣ وحتى ٤ تحت الصفر فإن أوراق النبات قد تتأثر ويموت بعضها ولكن ارتفاع الحرارة بعد ذلك يساعد في تكوين أوراق جديدة وفي هذه الحالة تكون درجة حلاوة الجذور منخفضة كما أن الإنتاج الجذري يقل عن معدله الطبيعي ، وضمن هذه المعطيات فإن درجة الحرارة في ظروف القطر تساعد على زراعة الشوندر السكري في العروات الخريفية والشتوية والربيعية .

يُعتبر الشوندر السكري واحداً من المحاصيل المروية التي تحتاج للماء بكميات كبيرة خلال كافة مراحل حياتها وذلك للتمكن من إعطاء إنتاج جيد من حيث الكمية والنوعية ، وإن أي تقصير في كميات الماء اللازمة للمحمول ينعكس سلباً على كل من الإنتاجية والمواصفات التصنيعية والتي أهمها درجة الحلاوة ونقاوة العصير ونسبة الألياف . وتعتبر طريقة الري بالرذاذ من أفضل طرق الري للشوندر لأنها تساهم في : توفير كمية المياه المستخدمة في الري وفي زيادة درجة الحلاوة .

يتعلق مُعامل الماء المستهلك (وزن الماء اللازم لتشكيل ١ كغ من المادة الجافة للنبات) بعدة عوامل من أهمها المناخ (الرطوبة) ونوعية التربة . ويتراوح في المجال من ٢٤٠ إلى ٦٠٠ عند إنتاج وسطي يصل إلى ٣ طن من الدونم وبمادة جافة تصل إلى ٢٥ % .

تختلف حاجة النبات للماء حسب مراحل نموه ، فعند تشكل الأوراق والجذر تكون حاجة النبات للماء أعظمية ، وتختلف كذلك خلال اليوم الواحد وتكون أعظمية ما بين الساعة ١١ والساعة ١٤ ، وفيما إذا تم تقسيم فترة النمو والنضج إلى ثلاثة أقسام أو مراحل (٣× ٥٠ يوم) فإن الحاجة للماء تكون وفق النسب التالية ١ : ٩ : ٣ على التوالي .

كما يحتاج الشوندر السكري إلى الضوء بكميات كبيرة فهو من نباتات النهار الطويل وتزداد الحاجة إلى الضوء عندما يزداد عدد الأوراق في النبات إلى أكثر من عشر أوراق لأنه كلما زاد عدد الأوراق على النبات زادت بالتالي كمية الضوء اللازمة لعملية التمثيل اليخضوري ، وعلى هذا الأساس فإن الاحتياجات الضوئية متوفرة في ظروف القطر لنمو الشوندر السكري بشكل طبيعي عند زراعته في العروات المذكورة الخريفية والشتوية والربيعية .

التربة والعناصر المعدنية : يحتاج نبات الشوندر السكري إلى تربة خفيفة مفككة غنية بالمادة العضوية ، معتدلة الحموضة pH =(٦,٥ – ٧,٥)، ونسبة ملوحة لا تزيد عن / ٣ / ميليموز، لذلك يفضل زراعة الشوندر بالطريقة الرطبة في الأراضي المتأثرة بالملوحة بعد إعطائها ريه

وفلاحتها بمرحلة رطوبة مناسبة لزراعة البذور فيها مباشرة بعد الفلاحة للاستفادة هم رطوبة التربة وإنباتها .

يحتاج نبات الشوندر السكري للنمو والنضوج إلى عدد كبير من العناصر الكيميائية (يصل إلى ٨٥ عنصراً) ، ومن أهم العناصر المنحلة في الماء بشكلها الشاردي والتي يتم الحصول عليها من التربة : الأزوت ، والفوسفور ، والبوتاسيوم والمغنزيوم ، والكبريت ، والحديد إضافة إلى العديد من العناصر النادرة مثل البور والمنغنيز ، والنحاس ، والزنك ، والموليبديوم ، والكوبالت .

الأزوت : يدخل الأزوت في تركيب المواد البروتينية ، ويسبب نقصه بطأً في نمو الجذر ونضجه المبكر مع انخفاض كبير من المردود ، أما زيادة نسبة الأزوت

فتسبب إطالة فترة النضوج وانخفاض نسبة السكروز وارتفاع تركيز المواد الأزوتية في البنية الخلوية ، تختلف حاجة نبات الشوندر السكري من عنصر الأزوت باختلاف العروة الزراعية ، ويفضل إجراء تحليل للتربة قبل الزراعة لتحديد الكمية اللازمة منه ،الجدول (.....) .

الجدول (.....) احتياج التربة من الأزوت كغ / أزوت نقي للهكتار

مستوى الأزوت في التربة حسب نتائج التحليل المخبرية – N- P.P.M أزوت					
العروة	نتيجة التحليل				
	أقل من ٥	٥,١–٩	٩,١–١٥	١٥,١– ١٩	أكثر من ٢٠
الاحتياج للعروة الخريفية	٢٢٠	٢١٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠
الاحتياج للعروتين الشتوية و الربيعية	٢٢٠	٢١٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠

في حال عدم إجراء تحليل للتربة يضاف للهكتار الواحد في العروة الخريفية ٢٠٠ كغ أزوت نقي وهي تعادل ٤٣٥ كغ يوريا ، أما في العروتين الشتوية والربيعية فيضاف ١٨٠ كغ أزوت نقي وهي تعادل ٣٩٠ كغ يوريا ، مع ملاحظة إضافة نصف الكمية المقررة من الأزوت قبل الزراعة مع كامل كمية السماد البوتاسي والفوسفوري اللازمة ، أما النصف الثاني من السماد الأزوتي فيضاف بعد عملية التفريد مباشرة ولا يضاف أي كمية إضافية من السماد وخاصة الأزوتي بعد هذه المرحلة لما لذلك من آثار سلبية على درجة الحلاوة ونقاوة العصر ، ويفضل طمر سماد اليوريا عند استخدامه وإجراء رية خفيفة بعد كل إضافة سمادية أزوتية .

الفوسفور :

يساعد الفوسفور على نمو النباتات الفتية ويزيد من مقاومتها للعوامل الجوية (التجمد أو الجفاف) ويقصر فترة النضج ، الشكل (.....) يوضح أعراض نقص الفوسفور على أوراق الشوندرالسكري .

الجدول (.....) يبين الكميات الواجب إضافتها في ضوء تحليل التربة حسب محتوى التربة .

الجدول (.....) يبين احتياج التربة من الفسفور كغ / أزوت نقي للهكتار

مستوى الفوسفور في التربة حسب نتائج التحليل المخبرية – P.P.M فوسفور						
العروة	نتيجة التحليل					
	٣ >	٣,١-٥	٥,١-٧	٧,١-٩	٩,١-١٢	١٢ <
الاحتياج للعروة الخريفية	١٢٠	١١٠	١٠٠	٧٠	٣٠	–
الاحتياج للعروتين الشتوية و الربيعية	١٢٠	١١٠	١٠٠	٧٠	٣٠	–

البوتاسيوم :

يدخل البوتاسيوم في تفاعلات تبادل المواد الكربوهيدارتية والمواد البروتينية ، ويساعد في عملية التمثيل الضوئي كما يساعد في زيادة تحمل النباتات لظاهرة الجفاف ، ويلعب عنصر البوتاس دوراً هاماً في نمو وتطور نبات الشوندر السكري، ويساهم فعلياً في نقل السكر المصنع في الأوراق وتخزينه في الجذور ، وعند نقص هذا العنصر فإن النبات يمتص الصوديوم من التربة عوضاً عنه ، حيث يقوم مقام البوتاس في النبات باستثناء المساهمة في نقل السكر من الأوراق إلى الجذور ، مما يتسبب في انخفاض درجة الحلاوة ونقاوة العصير ، وعند إجراء تحليل للتربة تضاف الكميات التالية حسب محتوى التربة من هذا العنصر ،الجدول (.....) :

الجدول (.....) : احتياج التربة من البوتاسيوم كغ / أزوت نقي للهكتار

مستوى البوتاس في التربة حسب نتائج التحليل المخبرية : P.P.M بوتاس	
[illegible]	نتيجة التحليل

	< ٦٠	61-120	121-160	161-240	241-350	٣٥١ - ٣٦٠	٣٦١ - ٤٢٠	> ٤٢١
الاحتياج للعروة الخريفية	١٦٠	١٤٠	١٢٠	١٠٠	٨٠	٦٠	٣٠	–
الاحتياج للعروتين الشتوية والربيعية	١٦٠	١٤٠	١٢٠	١٠٠	٨٠	٦٠	٣٠	–

عند عدم وجود تحليل للتربة يضاف للهكتار الواحد ١٢٠ وحدة من البوتاس قبل الزراعة ، وذلك للعروات الثلاث الخريفية والشتوية والربيعية لتأمين حاجة النبات من هذا العنصر خلال فصل النمو ، وهي تعادل ٢٤٠ كغ من سلفات البوتاسيوم K_2SO_4 ،الشكل (.....) يوضح أعراض نقص البوتاس على أوراق الشوندر السكري .

الكالسيوم :

يدخل الكالسيوم في تركيب الجدار الخلوي ويكسبه المرونة ، ويعدل حمض النمل الناتج عند تركيب البروتينات ذو التأثير السام بشكله الحر على السيتوبلازما.

المغنزيوم :

يدخل المغنزيوم في تركيب الكلوروفيل (اليخضور) ، ويدخل في تفاعلات تبادل الموادالسكرية.

الكبريت :

يؤدي نقص الكبريت إلى خلل في عملية النمو فتصفر الأوراق والجذور وتذبل .

الحديد :

يدخل الحديد في تركيب الأنزيمات التنفسية ، ويدخل في تركيب الكلوروفيل .

البورون :

يحتاج نبات الشوندر السكري إلى عنصر البورون لإتمام عملياته الحيوية كونه يلعب دوراً هاماً في عملية تخزين السكر في الجذور ، ويقوم نبات الشوندر باستنزاف كميات من عنصر البورون . يؤدي ارتفاع مستوى الماء الأرضي وسوء التهوية الى ظهور أعراض نقص البورون وتظهر أعراضه على شكل ضعف في نمو أوراق القمة النامية لنبات الشوندر ثم اصفرارها مع تشقق أعناق الأوراق وتلون الشقوق بلون أسود ، وفي المنطقة أسفل القمة النامية يظهر لون أحمر وردي يتحول إلى الأسود يعقب ذلك موت النسج النباتية في هذه المنطقة وتشكل فجوة سوداء تسمى القلب الأجوف ، الشكل (.....) يبين أعراض نقص البورون على الشوندر السكري .

يسبب نقص مستوى البورون في التربة عن ٠,٨ جزء بالمليون ظهور أعراض القلب الأجوف ، مما ينعكس سلباً على المحصول ويؤدي إلى خفض درجة الحلاوة في الجذور وزيادة نسبة الأجرام ، وتتناسب شدة ظاهرة القلب الأجوف مع شدة نقص عنصر البورون في التربة ، و ينصح لتفادي هذه الظاهرة بإضافة السماد البوروني الذي يحتوي على عنصر البورون إما نثراً مع الأسمدة الأخرى إذا احتوت التربة على ٠,٨ جزء بالمليون وأقل بعد الزراعة أو في وقت لاحق أو رشاً على الأوراق عند ظهور الأعراض ، ويجب في الحالتين توزيع الكمية بشكل منتظم ومتجانس في الحقل وضمان تغطية المجموع الخضري للنبات أثناء عملية الرش وعدم إضافة كميات أكبر من الكميات المطلوبة خوفاً من تسمم نبات الشوندر .

٣-تأثير الخدمات الفنية على مواصفات الشوندر السكري – الشمرخة :

يزرع الشوندر السكري في سوريا في المناطق الشمالية حيث يستمر فصل النمو عادة خمسة شهور وحيث يكون معدل الحرارة لثلاثة اشهر الصيف ٢٢ °م ،واقل من ذلك قليلا او كثيرا ،في اشهر الربيع والخريف. ويقف نمو الشوندر حينما ترتفع درجة الحرارة وتتجاوز ٣٧°م .

– ظاهرة الشمرخة :

شمرخة الشوندر هي هيجان النبات وخروج عملية نموه عن المالوف حيث يتطاول النمو الخضري على حساب النمو الثمري مما يؤدي الى اذدياد حجم الاوراق كما تؤدي الى تقزم الشوندر وتصبح صغيرة الحجم وفي النهاية تصاب درنات الشوندر بالتليف .

والتليف تعريفا هو اصابة الشوندرالسكري بقساوة في الالياف تشبه التخشب مما يؤدي الى قساوتها وعدم امكانية تقطيعها بواسطة سكاكين الفرم المستخدمة في مصانع السكر.وتختلف نوعية الشوندر المتشمرخ من حيث التركيب والمواصفات التكنولوجية عن نوعية الشوندر العادي ، حيث يرتفع وزن الرأس إلى ٢٠ – ٢٢ % من الوزن الكلي بدلاً من ٨ – ١٢ % في الحالة العادية ، وتنخفض الحلاوة وترتفع نسبة السكريات المرجعة والأزوت الضار و تنخفض بالتالي نقاوة العصير ، ويلاحظ كذلك عدم وجود ارتباط بين نسبتي الصوديوم والبوتاسيوم بخلاف الحالة العادية .

يوضح الجدول (.....) مقارنة بين تركيب الشوندر العادي والشوندر في حالة الشمرخة لنفس النوعية من البذور المزروعة بأرض واحدة وبنفس الشروط .

يؤدي تصنيع الشوندر المصاب بالشمرخة الى انخفاض مردود السكر بنحو ١،٢ –٢،٢ %مقارنة مع الشوندر الطبيعي ، كما ترتفع نسبة السكر في مادة المولاس بنسبة ٠،٣ –٠،٥ %عن الولاس الناتج من الشوندر الطبيعي .يتغير التركيب الكيميائي للشوندر السكري في حالة الشمرخة عند التخزين ، حيث تزداد درجة التعفن بمقدار ٧ – ١٧ مرة . ويزداد الفاقد اليومي من السكروز

٤ – ٥ مرات مقارنة مع الشوندر الطبيعي ، وتكون الناقلية الكهربائية للنسيج الخلوي في حالة الشمرخة أقل بنسبة ٥٠ % مقارنة مع الناقلية الكهربائية لنسيج الشوندر العادي ، بعكس ناقلية العصير الخلوي التي ترتفع حوالي ١,٥–١,٨ مرة.

الجدول (.....) مقارنة بين تركيب الشوندرالطبيعي والشوندر المتشمرخ

المؤشر	الوحدة %	الشوندرالطبيعي	الشوندر ا لمتشمرخ
المادة الصلبة	من وزن الشوندر	٢١,٦	١٢,٢
درجةالحلاوة		١٧,٣٠	١٤,٧٠
السكر المرجع		٠,١٢	٠,١٦
الأزوت اللابروتيني		٠,٠٧	٠,٠٨
K_2O	من وزن الرماد	٢٩,٦٠	١٨,١٠
Na_2O		١٠,٥٠	٢٤,٣٠
P_2O_5		١٢,٧٠	١١,٢

اما اسباب حدوث ظاهرة الشمرخة فهي :

١–ظروف مناخيةغير متوقعة وذلك عندما تتدنى درجات الحرارة لما دون الصفر لفترة زمنية طويلة مع رطوبة عالية.

٢–عدم نقاوة البذار المستوردة .

٣– الاسراف في اضافة السماد الازوت.

لتفادي حدوث هذه الظاهرة يجب اختار موعد الزراعة المناسب للبذار وكذلك اختيار أصناف البذار التي لديها مقاومة وراثية للازهارومقاومة للبرودة لهذا يتم اختيار بذور ذات مواصفات خاصة بالعروة الخريفية تتصف بمقاومتها لظاهرة الشمرخة التي تبدأ في سورية من ١٥ تشرين أول وتنتهي في ١٥ تشرين ثاني ، كما يجب استئصال النباتات المتشمرخة مع جذورها قبل أن تزهر .فنبات الشوندر الواحد المصاب بالشمرخة يحمل حوالي ١٥٠٠–٣٠٠٠ بذرة فاذا كانت نسبة الشمرخة في الحقل الواحد١٠ %من النباتات مع العلم بأن الدونم الواحد المزروع بالشوندر يحتوي على ١٠ الاف نبتة من الشوندر عندها يكون عدد نباتات الشوندرالمصابة بالشمرخة في الدنم الواحد ١٠٠٠ نبات تحمل من ١،٥ –٣ مليون بذرة ذات مواصفات سيئة كل ذلك يؤدي الى ارتفاع عدد النباتات المشمرخة في السنوات القادمة .

بذار الشوندر السكري : يزرع في سورية نوعين من بذار الشوندر السكري :

١- **بذار متعدد الأجنة** : يحتاج الهكتار إلى ١٠ كغ من البذار إذا زرعت يدوياً وبشكل جيد وبمعدل بذرتين إلى ثلاث بذار في الجورة الواحدة، و يحتاج إلى ٧ كغ في حال الزراعة الآلية. ويتمتع هذا النوع من البذار بالمقدرة العالية على الإنبات نتيجة وجود عدد من الأجنة في الثمرة الواحدة والتي تساهم مجتمعة في دفع طبقة التربة الموجودة فوقها من أجل الوصول لسطح التربة باتجاه مصدر الضوء للاستفادة منه في عملية التمثيل اليخضوري والاعتماد على الذات في صناعة الكربوهيدرات اللازمة لبناء النسج الجديدة للنبات .

٢ – **بذار وحيد الجنين الوراثي** المتحمل لمرض الريزومانيا وبعض أمراض الذبول يحتاج الهكتار إلى ١,٤ وحدة بذرية (الوحدة البذرية / ١٠٠ ألف بذرة /) .





بذار متعدد **بذار وحيد**

ولضمان نجاح زراعة بذار الشوندر وحيد الجنين لا بد من تأمين المتطلبات الفنية التالية حسب تعليمات وزارة الزراعة :

- تحضير مرقد مناسب للبذور : ويتم ذلك بحراثة التربة مرتين متعامدتين لعمق ٣٠ سم وتنعيمها بشكل جيد بأمشاط التنعيم وتسويتها ، مع ملاحظة أن عملية تحضر التربة يجب أن تتم عندما تكون التربة مستحرثة ، وألا تكون شديدة الرطوبة ، وذلك للمحافظة على الحالة الفيزيائية للتربة وبنائها لأن ذلك يسبب مشاكل في عملية الإنبات ونمو البادرات وتطورها .
- تأمين الرطوبة اللازمة للبذور لحصول عملية الإنبات بشكل كامل ، وهذا يتطلب توفر الماء الكافي في الطبقة والعمق اللذين تتواجد فيهما البذور خلال مرحلة الإنبات التي تمتد من ٧ – ١٥ يوم بشكل عام وذلك حسب درجات الحرارة السائدة .
- ضمان ملامسة جزيئات التربة وحبيباتها للبذور بعد عملية الزراعة وعدم وجود تجاويف

هوائية صغيرة في الوسط المحيط بالبذرة لتلافي جفاف البذرة في مرحلة الإنتاش وتعرضها للتلف في مرحلة مبكرة بسبب ضعف الجذير وجفافه نتيجة وجود الهواء في محيط البذرة والذي يمنع تأمين الرطوبة للبذرة عبر الخاصة الشعرية للتربة .

- تنفيذ عملية الزراعة في الفترة التي تسمح بالنمو السريع للبادرات في ظل الظروف المناخية السائدة .
- أن تكون مسافات الزراعة نظامية ٥٠ سم بين الخطوط × ٢٠ سم بين النباتات على الخط الواحد لتأمين كثافة جيدة ٨٠ – ١٠٠ ألف نبات / هـ وذلك بعد انتهاء مرحلة الإنبات والتفريد البسيط ، ويتم ذلك بتنفيذ عملية الزراعة آلياً بالبذارات المتوفرة والتي تزرع على خطوط المسافة بينها ٥٠ سم وتمكن من التحكم بالمسافة بين النباتات على الخط الواحد أو بالزراعة يدوياً عن طريق وضع بذرة كل ١٠ سم على الخط الواحد مما يضمن وجود نبات على الأقل كل ٢٠ سم بعد تمام عملية الإنبات والتفريد الخفيف التي تتم مع عملية التعشيب .
- الزراعة على أعماق متساوية عن سطح التربة (٣ – ٥ سم) من أجل حصول عملية الإنبات بوقت واحد تقريباً ولتجنب التفاوت في مواعيد ظهور البادرات .
- ملاحظة تغطية البذور بطبقة جيدة من التربة لا تقل سماكتها عن ٣ سم عند الزراعة الآلية وعدم وجود بذور مكشوفة على سطح التربة بعد الانتهاء من عملية الزراعة .
- إضافة الأسمدة وفق المعادلة :

١٨٠ وحدة أزوت + ١٢٠ وحدة فوسفور + ١٢٠ وحدة بوتاس / هـ للزراعة الشتوية والربيعية ، وذلك بعد أخذ محتوى التربة من هذه العناصر بعين الاعتبار في ضوء تحليل التربة ، وعدم المبالغة بإضافة الأزوت أو إهمال استخدام البوتاس أو البورون .

تضاف كامل كمية الفوسفور والبوتاس ونصف كمية الأزوت المخصص لوحدة المساحة مع آخر عملية فلاحة قبل الزراعة ، بينما يضاف النصف الثاني من السماد الأزوتي بعد عملية التعشيب الأولى في مرحلة ٤– ٦ أوراق حقيقية.

- مكافحة الأعشاب الضارة خاصة في الأشهر الثلاث الأولى من عمر النبات .
- مكافحة الأمراض الفطرية والحشرات القارضة عند الإصابة بها ، وخاصة أمراض سقوط البادرات المتسببة عن فطريات التربة .
- تنفيذ عملية الري حسب حاجة النبات وعدم المبالغة في إعطاء الريات للحصول على درجات حلاوة جيدة ومواصفات تصنيعية مطابقة للمواصفات المطلوبة .

معدل البذار : تخصص عالمياً الوحدة البذرية التي تحتوي على ١٠٠٠٠٠ بذرة لهكتار واحد من

الأرض ، وذلك عند الزراعة على المسافات النهائية ٥٠ × ٢٠ سم ، إلا أن الوحدة البذرية للهكتار لا تكفي في ظروفنا المحلية بسب فقدان نسبة من البادرات نتيجة عدم التمكن من تحضر التربة بالشكل الأمثل مما يقلل نسبة إنبات بعض البذور ، أو نتيجة التعرض لأمراض البادرات والتي أهمها مرض الساق السوداء المتسبب عن الفطريات الموجودة في التربة ، لذلك لا بد من استخدام ١,٥ – ٢ وحدة بذرية / هـ حسب طبيعة التربة وطريقة ومستوى تحضيرها ونسبة الإنبات ،وذلك لضمان تأمين العدد اللازم من النباتات في الهكتار الواحد وهو ٨٠ – ١٠٠ ألف نبات ، ويمكن الإبقاء على العدد المطلوب من النباتات في الحقل بعد انتهاء عملية الإنبات عن طريق التخلص من النباتات الزائدة في مرحلة تشكل الأوراق الحقيقية الأربعة الأولى .

٤- تحديد نضج الشوندر السكري – قلع الشوندر – التصريم – الإعطاب الميكانيكي للشوندر :

نضج الشوندر السكري:

يتاثر نضج الشوندر السكري بالكثير من العوامل الزراعية والبيئة منها الصنف المزروع وموعد الزراعة وخصوبة الارض ومعدلات التسميد الازوتي والري واخيرا لمنطقة الزراعة والظروف الجوية السائدة زخاصة المتعلقة بتقلبات درجات الحرارة خلال موسم النمو لها تاثير كبير على نضج الشوندر. يتعلق حصاد الشوندر السكري بنضجه ، فحصاد الجذور قبل النضج يسبب نقصا في المحصول وفي نسبة السكر ، فعموما هناك نضج نباتي ونضج بيلوجي اوتكنولوجي او صناعي .

فالنضج النباتي هو انتهاء دورة الحياة للنبات وتشكل الثمار وذلك في العام الثاني من عمر النبات للشوندر السكري ، والدلائل على ذلك استطالة عيدان الشوندر التي تزهر ومن ثم تعطي ثمارا وهناك اصناف مبكرة ومتوسطة ومتاخرة النضج .اما النضج البيولوجي فهو يظهر في العام الاول من عمر نبات الشوندر حيث تجف الاوراق القديمة بعد ان تصفر ويتباطا النمو او يتوقف تخزين السكرفي الجذور وتقل نسبة الماء في الجذور ويحصل تغيرات في التركيب الكيميائي للجذور والاوراق حيث يقل الرماد وبعض البروتينات .

يقصد بالنضج الصناعي ان الشوندر ارتفاع نسبة السكروز ونقاوة العصير الخام التي تقدر بنسبة حلاوته، ويراعى ان لا يقلع الشوندر الا اذا وصل الى مرحلة النضج الصناعي وتركزت فيه نسبة الحلاوة السكرية وقطعت عنه المياه فترة كافية لا تقل عن(١٥–٢٠) يوما وهو مايعرف بفطام الشوندر الذي يعني عدم ري المحصول لفترة تتراوح بين (١٥–٢٠)يومابهدف تركيز السكر في جزور الشوندر السكري وتسهيل قلعه والتخفيف من الاتربة العالقة والمرتبطة بالجذور .وبالتالي اتباع هذه التعليمات هو من مصلحة المزارع حيث يتقاضى سعرا اعلى عند تسليمه محصوله بشكل ناضج كما ان قلع المحصول وهو ناضج من مصلحة الشركة اذ يكون معدل استخلاص السكر اعلى

ونسبة المولاس اقل.

يتم تقدير نضج المحصول في الحقل من خلال المؤشرات التالية :

١- الاوراق يصبح لونه اخض فاتح يميل نحو الاصفر.

٢- تناقص نسبة الاالاوراق الى الجذر وتصبح اقل من ٠,٦ .

ويمكن مخبريا تحديد نضج الشوندرالسكري باحدى الطريقتين التاليتين:

الطريقة الاولى:

تعرف هذه الطريقة بعامل المولاس وتحددمن العلاقةالتالية :

$$M=1100(C-0.12)/(Cg-1.2-4C)$$

حيث : C :نسبة الرماد % وزنا من الشوندر .Cg:نسبة السكر في عصير الشوندر الخام %من وزن الشوندر . تتراوح قيمة عامل المولاس في الشوندر الناضج بين٣٠-٤٠ .

الطريقة الثانية :

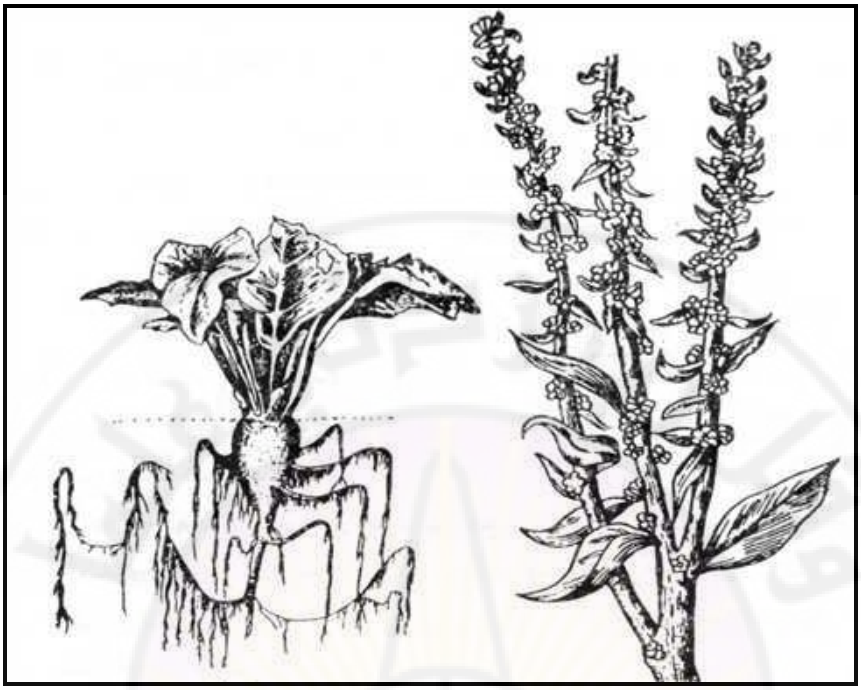
وفيها تستخدم نتائج عينات من جذور الشوندر الماخوذة اسبوعيا وحسابها باستخدام العلاقة التالية:

$$V=Cg(m_b/m_k)C$$

حيث : C :نسبة الرماد % وزنا من الشوندر . Cg:نسبة السكر في عصير الشوندر الخام %من وزن الشوندر. m_b :وزن الاوراق . m_k :وزن الجذور

تتراوح قيمة.V≥5-5.5،عندها يكون الشوندر ناضجا صناعيا

لجذر الشوندر السكري شكل مخروطي تنمو عليه الجذيرات التي تقوم بامتصاص الماد والمواد المغذية من التربة وتشغل مساحة واسعة نسبياً تصل إلى٢ م^2 وبطول ١,٥ – ٢ م ، الشكل (..)



الحول الثاني الحول الأول

الشكل (.....) نبات الشوندر في الحولين.

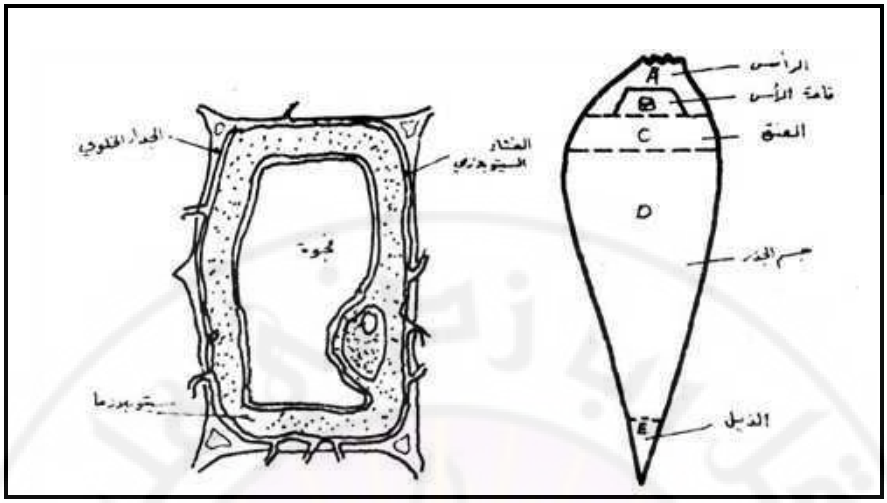
يمكن تمييز عدة أقسام ومناطق على جذر نبات الشوندر،الشكل ( ) .

آ- **الرأس** : وهو الجزء الظاهر فوق سطح التربة وتنبت عليه الأوراق الخضراء وتنتهي حدوده السفلى بنهايتها .

ب- العنق : هو الجزء الذي يصل الرأس بجسم الجذر ونسبته الوزنية بحدود ١٢ % من الوزن الكلي ، ويمتاز بانخفاض السكروز بالمقارنة مع جسم الجذر في حين أن نقاوته متقاربة مع نقاوة الجذر .

ج- **جسم الجذر** : نسبته الوزنية بحدود ٧٠ % من الوزن الكلي ، ويتم فيه تخزين الجزء الأعظم من السكروز .

د- **الذيل** : نسبته الوزنية بحدود ٧ % من الوزن الكلي ، ويفضل اقتطاع الجزء الأكبر منه كالرأس قبل عملية التصنيع .



الشكل (.....) التركيب الخلوي وأقسام الجذر

يبين الجدول (.....) النسب المئوية الوزنية والنقاوة والشوائب في أقسام الجذر المختلفة استناداً على تقسيمات الشكل (.....) .

تظهر الأوعية على المقطع العرضي لجسم الشوندرالسكري،الشكل (...) بشكل إطارات حلقية يتراوح عددها بين ١٠ – ١٢ أو أكثر ، ويتناسب عدد هذه الأطباق طرداً ونسبة السكروز المخزنة ، وتعد الحلقات المركزية هي الأقدم من حيث زمن التشكل أما الخارجية فهي الأحدث ، وترتبط كل حلقة من هذه الحلقات بزوج مقابل من الأوراق الخضراء ، وعند ظهور زوج جديد من الأوراق تظهر حلقة جديدة تحيط بالحلقات المتشكلة من الخارج .

الجدول (.....) توزع السكروز والشوائب في مناطق الجذر المختلفة

اجزاء الشوندر		الوزن %	نقاوة العصير %	محتوى السكروز وبعض المركبات %				
				السكر	السكر المرجع	K	Na	أزوت ضار
الرأس	A	٦	٦٦	٤	٤٨	١٤	٢٩	١٢
	B	٥	٨٢	٤	٥	٥	٥	١٣
العنق	C	١٢	٨٨	١٢	٧	٩	٩	١٦
الجذر	D	٧٠	٨٩	٧٤	٣٥	٦٤	٥٢	٥٤
الذيل	E	٧	٨٤	٦	٥	٨	٥	٥

جذر الشوندر السكري مخروطي الشكل لونه أبيض.يتالف من محور مركزي محاط بمناطق

دائرية تتناوب مرة عاتمة ومرة شفافة الشكل ( ) ، تتالف الواحدة من نسيج ليفي مركب من اوعية تنزل من الاوراق إلى الجذور ، وتتالف الثانية من نسيج خلوي رخو مشبع بالرطوبة فقير بالسكر غني بالمواد الأزوتية ، يستطيع المزارع معرفة نوعية الجذور ببرشها ، فالجذور القاسية الصلبة غنية بالسكر و إذا كان نسيجها رخواً يكون مشبعاً بالرطوبة والمواد الآزوتية.

هذا ويزداد وزن جذر الشوندر في اواسط فصل نموه بالمقازنةمع وزن الاوراق ، ويستمركسب الجذر في الوزن حتى موعد قلعه ،بينما يفقد الورق من وزنه بسبب يباس اغلب الاوراق الخارجية القديمة .ومن الثابت ان الاوراق ليست متساوية كلها بفاعلية صنع السكر ،فالاوراق الخارجية اقل فاعلية من الاوراق الداخلية التي تشغل موضعا اقرب الى مركز (طاقة) الاوراق ، ونتيجة لذلك فان كل ضرر يصيب الاوراق الخارجية يكون اقل مفعولا مما يصيب الاوراق الداخلية الفتية ،وكل ضرر يصيب الاوراق على اختلاف مراكزها ، يخفض منكمية المحصول ومن نسبة السكر فيه .وهذا ما يستدعي العناية في اعمال العزق والسقاية كيلا تصياب الاوراق باي اذى .

يتراوح عدد الحلقات من١٠ –١٢ حلقة او اكثر . يتناسب عددها طردا ونسبة السكر ، تعد الحلقات المركزية هي الاقدم من حيث التشكيل والخارجية هي الاحدث ، ترتبط كل حلقة من هذه الحلقات بزوج من الاوراق الخضراء عند ظهور زوج جديد من الاوراق تظهر حلقة جديدة تحيط بالحلقات المتشكلة من الخارج .



الشكل (.....) : المقطع العرضي في جسم الشوندر.

– قلع الشوندر السكري :

يقلع الشوندر باليد في الاراضي الرخوة ، وبالمر البلدي في الاراضي الخفيفة ، وبالمر الشوكي في الاراضي الثقيلة .وهناك الات حديثة الاستعمال و تقوم بغمليات القلع والتصريم وتحميل

السيارات ، التي ترافق هذه الالات في الحقول ،وتسير معهاجنبا الى جنب كل ذلك في عملية واحدة ، وتناسب هذه الالات المساحات الواسعة من الشوندر ، فتوفر الكثير من العناء و الايدبي العاملة .

وتجب العناية ، مهما كانت الاداة المستخدمة في القلع ، بعدم اصابة رؤوس الشوندر، بشئ من الخدوش والجرح ، لان كل جرح اوخدش يصيب الشوندر يؤدي الى نقص نسبة السكر فيه ، ويزداد هذا النقص كلما زاد زمن حفظ وتخزين الشوندر بعد قله .

يتم القلع أما يدوياً أو آلياً وعادة ما يتم يدوياً، ويجب تصنيعه خلال (٢٤ – ٤٨) ساعة من قلعه وتصريمه. إن تأخر التوريد عن ذلك يؤدي إلى تدهور الشوندر وانخفاض نسبة السكر فيه لذلك يجب عدم قلع المحصول قبل الحصول على بطاقة توريد ومعرفة تاريخ التسويق .

يتم قلع المحصول وجمعه باحدى الطريقتين يدوية أو آلية في حالة إتباع الطريقة اليدوية لقلع وتصريم الشوندر السكري (إزالة الأوراق الخضراء والرأس والذيل) لا تزيد نسبة الشوائب عن ٣ % من وزن الشوندر، وقد ارتفعت هذه النسبة إلى ٨ – ١٠ % في السنوات الأخيرة نتيجة استخدام الطريقة الآلية في جمع المحصول،بسبب ارتفاع معدلات الإنتاج وندرة اليد العاملة .وقد تكون الشوائب مرتبطة بجذور الشوندر أو غير مرتبطة ، وتتألف من المواد التالية : الأتربة –الحصى – أوراق الشوندر الجافة – النباتات الطفيلية – أعناق أوراق الشوندر وغيرها،ويمكن التخلص من الشوائب غير المرتبطة بالجذور أثناء تعبئتها وتفريغها من الشاحنات ، أما الشوائب العالقة بالجذور فيتم التخلص منها بطريقة غسيل الشوندر في أجهزة الغسيل الخاصة بجذور الشوندر السكري .تؤثر هذه الشوائب على تخزين الشوندر وعلى عملية التصنيع فتعمل على إعطاب سكاكين الفرم وخفض نقاوة عصير الشوندر الخام .

خطوات قلع محصول الشوندر :

١–إيقاف عملية ري المحصول قبل قلعه بنحو(١٥–٢١) يوماً على الأقل وذلك لتركيز درجة الحلاوة.

٢–عدم قطع أوراق الشوندر قبل قلعه لأن ذلك يؤدي إلى خفض درجة الحلاوة والبدء بقلعه في مرحلة النضج الحقيقي عند إصفرار أوراق النبات .

٣– عدم قلع الشوندر إلابعد الحصول على ترخيص بالقلع من الوحدة الإرشادية في المنطقة المعنية.

٤– إجراء عملية التصريم بشكلٍ جيد وذلك بإزالة أعناق الجذور أسفل منبت الأوراق مباشرةً لأن ذلك يساهم في تقليل نسبة الشوائب وزيادة درجة الحلاوة .

يبدأ قلع الشوندر السكري في الوقت الذي تحدده معامل السكر ، ويتم فيه نضجه ، أي عندما يتوقف الشوندر عن النمو ،وتصل النقاوة في عصارته إلى ذروتها .غير أن معرفة زمن النضج المطلق في

الشوندر ، بمجرد النظر اليه ،أمراً في غاية من الصعوبة ، ومن علاماته تلون ورق الشوندر باللون الأخضر الضارب إلى الأصفر ، وتدلي أوراقه وانطباقها على سطح الأرض ، وكأنها قد أُصيبت بالعطش منذ أمدٍ طويلٍ .وتقوم معامل السكر من ناحيتها بالتأكد من نضج الشوندر كيميائياً وصناعياً بتحليل نماذج وعينات منه تؤخذ بين يوم وآخر من مختلف المناطق والحقول، وبعدها توعز بالقلع تبعاً لدرجة نضج الشوندر ،وفي جميع الحلات فالشوندر يبقى في الحقل ، من موعد زراعته إلى أن يتم نضجه لمدة تتراوح بين ١٥٠-١٨٠ يوماً .

الاعطاب الميكانيكي :

يقصد بالإعطاب الميكانيكي وجود جرح في جذور الشوندر السكري بعمق ١ سم ، أو إذا كان الإعطاب يشمل أكثر من٢٥ % من سطح جذر الشوندر . يؤدي وجود الأعطاب الميكانيكي إلى تهدم خلايا الشوندر وبالتالي خروج العصير السكري ورفع الفاقد من السكر أثناء عملية غسيل الشوندر بالإضافة إلى تلوث هذه الجذور ، فحسب شروط قبول الشوندر في مصانع السكر يجب أن لاتزيد نسبة الجذور المعطوبة ميكانيكياً عن ١٢ %. وفي عينات أُخذت عشوائياً كانت نسب الإعطاب الجدول ( ) .

الجدول ( ) يبين نسب الإعطاب أثناء قلع الشوندر

الجذور غير المعطوبة	الجذور المعطوبة بنسبة كبيرة	المعطوبة بصورة متوسطة
%٤٠,٧	% ٢٦،٤	.% ٣٢,٩

التصريم :

يُصرم الشوندر ، إما فور اقتلاعه وهو على سطوره و فُيجمع الشوندر المُصرم ويوُضع بشكل اكوام ، وإما أن يجمع قبل تصريمه ويصرم بعد تكويمه . تُجهز عاملات التصريم بسكاكين حادة كبيرة ويتم تصريم الرؤوس الصغيرة والمتوسطة بقطعٍ مستوٍ أملس حتى لاتنمو عليه الأحياء الدقيقة، أما الرؤوس الكبيرة من الشوندر التي يزيد قطر أعرض جزء فيها عن ١٥ سم ،فيتم تصريمها بحيث يبقى رأس الشوندر مخروطي الشكل وإلا فأن تصريم هذه الرؤوس مثل تصريم الرؤوس المتوسطة والصغيرة يسبب ضياع جزء غير قليل من السكر في مكان التصريم .**فالتصريم** هو قطع رأس الشوندر عند آخر منبت الأوراق. يحتوي الجزء الذي يجب إزالته على كمية كبيرة من المركبات العضوية (الازوت الضار) وكمية قليلة من السكر، إذ لايمكن التخلص من هذه المركبات أثناء عمليات التصنيع المختلفة وخاصة التنقية ويسبب الازوت الضار:

١- إنخفاض في القلوية أثناء عمليات التكثيف والتبخير .

٢- إرتفاع في نسبة أملاح الكالسيوم في العصير .

٣- إعاقة عملية بلورة السكروز .

٤- رفع نسبة الفاقد من السكر في مادة المولاس .

هذا وتتعلق نسبة الازوت الضار بكمية السماد الازوتي المضافة أثناء زراعة ونمو الشوندر وتتعلقاً بالظروف الجوية السائدة .

يؤدي التصريم الصحيح إلى :

١- زيادة درجة الحلاوة السكرية ،لأن نسبة السكر في عنق الشوندر ضئيلة.

٢- تقليل تكاليف العمل .

٣- زيادة طاقة معمل السكر في استقبال الشوندر وتصنيعه.

٤- تقليل نسبة الأجرام قي الشوندر المسلم الى شركات السكر .

٥- تسهيل تقنية استخراج السكر وبلورته من العصير .

يُلاحظ أثناء استلام الشوندر السكري وجود تصريم عالٍ وتصريم منخفض وتصريم طبيعي كما يلاحظ وجود جذور شوندر غير مصرمة . الجدول (....) . إن وجود نسبة كبيرة من الجذور غير المصرمة أو المصرمة بشكل غير طبيعي يعطي شرائح عير طبيعية ومخالفة للمواصفة الفنية لشرائح الشوندر كما أن وجود نسبة كبيرة من الجذور المصرمة بتصريم منخفض يؤدي إلى الهدر والضياع في السكر أثناء قلع المحصول .

الجدول(...) يبين شكل تصريم جذور الشوندر السكري

شكل التصريم	تصريم طبيعي	تصريم عالي	تصريم منخفض	غيرمصرم	المجموع
%	٤٨,١	٢١,٥	٢٦,٤	٤	١٠٠

- المواصفات التكنولوجية للشوندر السكري :

تُعد درجة الحلاوة ودرجة النضج ، ومرونة النسيج الخلوي ، ونسبة الأجرام ، إضافة إلى نسبة الشوائب في العصير الخلوي من أهم المؤشرات التكنولوجية في صناعة السكر ، اضافة إلى إنتاجية الدونم الواحد من الشوندر السكري و يتراوح في ظروف سورية بين ٣,٥ – ٤ طن/ الدونم ويصل في بعض المناطق إلى ١٠ طن/الدونم .

التوصيات الفنية لتحسين إنتاجية ونوعية الشوندر السكري في العروة الصيفية:

١- اختيار الصنف:

يعتبر اختيار الصنف الملائم للظروف البيئية من أربح العمليات بالنسبة للمزراع ولايفوقه

في القيمة أي عامل آخر. لذا يجب أن يتم اختيار أكثر الأصناف ملائمة، وينصح بزراعة الأصناف وحيدة الجنين كونها تتميز بمقاومتها للأمراض والآفات وارتفاع درجة حلاوتها وارتفاع إنتاجيتها من الجذور.

٢ – التربة المناسبة لزراعة الشوندر السكري:

من المفضّل أن تكون التربة المخصصة لزراعة الشوندر عميقة، خصبة، جيدة الصرف وقد زرع بنجاح في بعض الأراضي الرملية أو الخفيفة وفي مثل تلك الأراضي الأخيرة يتطلب كميات كبيرة من مياه الري ومن المواد العضوية الغنية بالعناصر الغذائية (السمادية). تنجح زراعة الشوندر في الأراضي حديثة الاستصلاح و ذلك لتحمله الملوحة بدرجة كبيرة مقارنة بالمحاصيل الأخرى، ولا يفضّل زراعة الشوندر السكري في الترب الثقيلة للأسباب التالية:

١) تقلل من نسبة الإنبات نتيجة تماسكها خاصة بعد الري.

٢) تحد من نمو الجذور (الرؤوس) فتكون صغيرة الحجم وغير منتظمة الشكل.

٣) صعوبة قلع الرؤوس وفصل الطين منها بعد القلع.

٣ – تحضير الأرض للزراعة:

الشوندر السكري من المحاصيل التي تتطلب مهداً جيداً للبذور وخاصة عند زراعة الأصناف وحيدة الجنين، لذا يجب أن تكون التربة المعدة لزراعة الشوندر السكري قد تم حراثتها ثلاثة أوجه متعامدة. كما يجب أن يسوى سطح التربة تسوية جيدة خاصة في الأراضي التي بها مناسيب مختلفة حتى لاتؤثر على نمو و إنبات البادرات و لضمان توزيع المياه توزيعاً عادلاً على النباتات التي تروى بنظام الري السطحي (إذا لم يكن الري بالمرشات أو بالتنقيط) ويفضل التسوية بالليزر. ويتضمن تحضير الأرض للزراعة ما يلي:

تحرث الأرض عدة مرات وتكون الحراثة الأولى عميقة لتفكيك التربة و قلب بقايا المحصول السابق والمرة الثانية على عمق ٢٥ – ٣٠ سم وأن تكون هذه الحراثة متعامدة وعلى فترات متباعدة لتعريض التربة للشمس ويجب أن تتم فلاحة عميقة مرة كل ٤ سنوات لمنع تشكيل طبقة كتيمة تعيق نمو جذور الشوندر مما يدفع النبات للنمو فوق سطح التربة وتلون الجزء العلوي باللون الأخضر مما يؤدي إلى رفع نسبة الإجرام وانخفاض الحلاوة.

أما الأراضي الطينية الثقيلة فتحرث حراثة عميقة على عمق ٦٠ – ٧٠ سم ثم تحرث حراثة عادية لتنعيم التربة وتسويتها وذلك من أجل مساعدة الجذور على النمو نمواً طبيعياً.

- إن عدم فلاحة التربة بشكل جيد وخاصة الثقيلة يؤدي إلى ظهور التشعبات.

٤– موعد الزراعة:

يعتبر تحديد موعد الزراعة في الشوندر السكري عاملاً هاماً من عوامل زيادة الإنتاج كماً

ونوعاً و يعتبر أيضاً من أكثر العوامل المحددة للإنتاج، فالتبكير أو التأخير بموعد الزراعة يضر بالمحصول بدرجة كبيرة. ويتوقف تحديد موعد الزراعة الأمثل على الظروف المناخية السائدة و الاحتياجات البيئية و التي يجب أن تتوفر بحدها الأدنى على الأقل لكي يجود ويعطي الإنتاج الاقتصادي، فضلاً عن ذلك فإن مدى انتشار الآفات الزراعية خاصة المرضية والحشرية منها يلعب دوراً في تحديد موعد الزراعة المناسب لهذا المحصول. يزرع الشوندر السكري في العروة الصيفية:

- من منتصف الشهر السابع و حتى منتصف الشهر الثامن في الرقة، وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة الذي قد يؤثر سلباً على إنبات البذار. أما في دير الزور فتبدأ الزراعة في ٨/١ ولغاية ٨/١٥،

– الكثافة النباتية :

تتم الزراعة بعد تحضير التربة على مسافة ٥٠ سم بين الخط والآخر و ٢٠ سم بين النبات والآخر لضمان كثافة نباتية جيدة ومرتفعة في وحدة المساحة بحدود ١٠٠ ألف نبات / هـ للحصول على جذور متوسطة الحجم مرتفعة الحلاوة بحيث يكون وزن الجذر بين / ٧٥٠ – ٩٠٠/غ، وتتم الزراعة إما آلياً أو يدوياً وعمق الزراعة ١–٢ سم في الأراضي الرملية، و في حالة الري السطحي يزداد العمق إلى حوالي ٢– ٣ سم حتى لا تجرف البذور بواسطة مياه الري.

أما بالنسبة لزراعة وحيد الجنين فيجب أن لا يزيد عمق الزراعة عن ٣ سم للحصول على الإنبات الجيد وبوقت واحد لتفادي التفاوت في مواعيد ظهور البادرات، كما يتوجب رص التربة بعد الزراعة لتأمين تلامس جيد بين جزيئات التربة والبذور لتلافي وجود فراغات هوائية مما يمنع تأمين الرطوبة في الوسط المحيط بالبذرة ويؤدي إلى جفافها وتعرضها للتلف وعدم إنباتها.

– الري :

يعتبر الشوندر السكري من النباتات الشرهة للماء ويجب ري المحصول مباشرة بعد الزراعة ويعتبر موعد الري هو موعد الزراعة أما بالنسبة لوحيد الجنين فيعتبر الري هام جداً وخاصة في المراحل الأولى من عمر النبات وحتى وصوله إلى مرحلة الأربع أوراق حقيقية بحيث تبقى التربة رطبة بشكل مستمر في الـ ٥ سم السطحية أي حول البذار مما يساعد على الإنبات الجيد، كما يضمن كثافة نباتية جيدة وتكون النباتات في الحقل بمستوى نمو واحد.

يجب عدم الإسراف في ري المحصول وإعطائه الكمية المناسبة وفي موعدها منعاً لانتشار الأمراض الفطرية وخاصة في الأراضي الطينية والثقيلة و رديئة الصرف مما يضمن الحصول على درجات حلاوة جيدة.

ويختلف عدد الريات التي يحتاجها النبات خلال موسم نموه باختلاف طبيعة التربة والمناخ السائد وموعد الزراعة وحجم وعمر النبات وكمية الأمطار الهاطلة خلال الموسم وغير ذلك من

العوامل. ويحتاج الشوندر السكري إلى ريات خفيفة منتظمة خلال موسم نموه كما يجب مراعاة النقاط التالية عند الري:

١ – تروى الأرض بعد وضع البذور ثم تروى مرة ثانية رية خفيفة بعد ٣–٥ أيام من الزراعة للمساعدة على ظهور النباتات فوق سطح الأرض وفي هذه العروة قد تحتاج البذار إلى رية ثالثة خفيفة بعد ٤–٥ أيام وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة وقت الزراعة.

٢ – يتم الري بعد ذلك على فترات متقاربة على حسب طبيعة التربة وحاجة النبات للماء مع مراعاة أن يكون الري خفيفاً خاصة عند اشتداد حرارة الجو كما يفضل أن يتم ري النباتات في الأيام التي يشتد فيها الحر ليلاً.

٣ – يستدل على حاجة النباتات للري من استمرار ذبول أوراقها بعد غروب الشمس (أثناء الليل) وضعف نمو الأوراق الجديدة ويفضل أن يتم الري دائماً قبل وصول النباتات إلى مرحلة الذبول و ذلك عند المساء وإن تهدل الأوراق عند الظهيرة لا يعتبر دليلاً على العطش بل حالة طبيعية نظراً لكبر حجم المسطح الورقي ولا يؤثر ذلك على عملية التمثيل الضوئي.

٤ – تعطى النباتات آخر رية قبل قلع الجذور بحوالي ٣ أسابيع على الأقل وهذا يؤدي لزيادة تركيز السكر في الجذور قبل القلع وعدم إعطاء نموات جديدة.

كما يجب الانتقال إلى طرق الري الحديثة (المرشات ، الري بالتنقيط) لما لها من أثر في توفير المياه وزيادة الإنتاج والحلاوة.

– العزيق أو التعشيب :

تنافس الأعشاب نبات الشوندر السكري بقوة وتضعف نموه وتؤخر نضجه وتقلل من إنتاجيته. و تتم عملية العزق والتعشيب يدوياً أو باستخدام مبيدات الأعشاب.

يحتاج الشوندر السكري من ٢–٣ عزقات ويجب أن تتم في الأطوار الأولى من حياة النبات وقبل أن تتغلب على بادرات المحصول. وتجري أول عزقة عندما تكون بادرات الشوندر السكري في طور الزوج الأول من الأوراق الحقيقية وتتم العزقة الثانية والثالثة أحياناً عند ظهور بادرات الأعشاب من جديد بعد العزق.

يجب الانتهاء من عملية العزيق قبل أن تتشابك أوراق الشوندر السكري و يراعى أثناء العزق عدم خدش جذور الشوندر بالفؤوس المستعملة في عملية العزيق وكذلك يجب تغطية الجزء المكشوف من الرؤوس بالتراب لحمايته من أشعة الشمس.

تستعمل في الوقت الحاضر الكثير من مبيدات الأعشاب التي تستخدم بنجاح في وجود أو عدم وجود المحصول. وينصح باستخدامها لتوفير اليد العاملة وهذا يزيد من ريعية زراعة المحصول.

كما يفضل قبل الزراعة ترييص الأرض وذلك بريها رية خفيفة والانتظار لحين إنبات

الأعشاب المختلفة وحرث الأرض بعدها مباشرةً للتخلص من أكبر عدد ممكن من الأعشاب المنافسة لبادرات الشوندر السكري.

– التفريد :

يجب تفريد النباتات عند زراعة البذار متعدد الأجنة عند وصول النبات إلى مرحلة الأربع أوراق حقيقية ويجب عدم التأخر في عملية التفريد، إن التأخر في التفريد يؤدي إلى التفاف الجذور على بعضها البعض وبالتالي تقطعها عند تفريدها مما يضعف النبات الذي يبقى في التربة بسبب تقطع بعض جذوره، و يفضل أن يتم التفريد بعد ري الأرض بأيام قليلة حتى يكون من السهل قلع النباتات الزائدة .

اكدت الدراسات أن كل يوم تأخير عن الموعد الأمثل للتفريد يؤدي إلى نقص ٠,١٢٥ درجة حلاوة أي أن تأخر التفريد لمدة ثمانية أيام يؤدي إلى خفض درجة الحلاوة درجة واحدة.

– التسميد :

إن أهم عملية من عمليات خدمة محصول الشوندر السكري هي التسميد ويجب أن يضاف السماد حسب محتوى التربة من العناصر الغذائية والتي نحصل عليها من تحليل التربة وأهم العناصر الغذائية هي :

الآزوت :

يعتبر الآزوت عنصر هام في تغذية النبات ويمتص من قبل النبات على شكل نترات ويضاف إلى التربة إما على شكل نترات أو أمونيوم أو يوريا.

ينصح بإضافة ٢٠٠ وحدة آزوت إذا لم يتم تحليل التربة وهي تعادل :٦٧٠ كغ نترات أمونيوم (٣٣,٥ %) / هكتار.٦٠٠ كغ نترات أمونيوم (٣٠ %) / هكتار.

تضاف على دفعتين كالتالي:٥٠ % قبل الزراعة ، ٥٠ % بعد التفريد و العزقة الأولى.

الفوسفور :

يضاف الفوسفور على شكل سوبر فوسفات ويجب إضافته عند تحضير التربة وحسب نتائج التحليل وعند عدم إجراء تحليل للتربة يضاف بواقع ١٢٠ وحدة P2O5 أي ما يعادل ٢٦٠ كغ سوبر فوسفات ثلاثي/هكتار.

<u>البوتاسيوم :</u>

يتطلب الشوندر كمية كبيرة من البوتاسيوم فهو عنصر أساسي في عملية تمثيل وانتقال السكروز إلى أنسجة التخزين في الجذور كما يساعد النبات على تحمل الجفاف والصقيع والأمراض.

تضاف الأسمدة البوتاسية أثناء تحضير التربة مع الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية، ويضاف حسب تحليل التربة أو بواقع ١٦٠ وحدة K2O أي ما يعادل ٣٢٠ كغ من سلفات البوتاسيوم (٥٠

%) /هكتار.

البورون :عنصر يحتاجه النبات بكميات قليلة، يساعد على انتقال المواد السكرية المختزنة في أجزاء

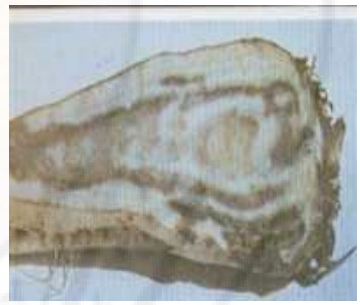


النبـــات.يظهر نقـــص البورون عندما يكون محتوى التربة حوالي:

٠,٣ جزء بالمليون P.P.M في الأراضي خفيفة القوام.

٠,٥ جزء بالمليون P.P.M في الأراضي متوسطة القوام.

٠,٨ جزء بالمليون P.P.M في الأراضي الثقيلة القوام.



يجب عدم استخدام مياه الري الحاوية على نسبة عالية من البورون أي (٢) جزء بالمليون لتحاشي ظهور السمية بهذا العنصر، وغالباً ما تظهر أعراض النقص بهذا العنصر في الأراضي الكلسية. ويؤدي نقص البورون إلى انخفاض المردود ودرجة الحلاوة نتيجة تعفن الجذور.



أعراض نقص عنصر البورون

يمكن إضافة البورون إلى التربة بكمية (١-٢) كغ من المواد البوراتية (١٠ % بورون)

في حال وجود نقصه وحسب التحاليل المخبرية للتربة أو رشاً على الأوراق، الرشة الأولى عند وصول الأوراق إلى مرحلة الورقة السادسة والثانية بعد ذلك بـ ١٥ يوم وبالكميات الموصى بها في اللصاقة على العبوة ويعاد الرش حسب شدة النقص ويراعى عدم إضافة كميات زائدة منه حتى لايسبب سمية للنبات.

الفطام :

يتم فطام المحصول قبل حوالي أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع من عمر النبات وذلك من أجل تبخر جزء من الماء وتركيز السكر في الجذور وهي الفترة الأخيرة من عمر النبات ويجب أن لا يزيد عمر النبات للعروة الصيفية عن (٢١٠) يوم حسب المنطقة.

الدورة الزراعية:

يقصد بالدورة الزراعية نظام تعاقب المحاصيل الزراعية في قطعة أرض واحدة خلال فترة زمنية محددة.

تتميز زراعة الشوندر السكري في هذه العروة باستثمار الأرض على مدار العام، حيث يزرع الشوندر بعد القمح مباشرةً وبعد قلع الشوندر يزرع القطن.

الفصل الثاني

استلام وتخزين الشوندر السكري

جمع المحصول :

تتوقف انتاجية وجودة سكر الشوندر بدرجة كبيرة على جودة المواد الخام المستخدمة في الصناعة ليس فقط من حيث محتوى الشوندر من السكروز ولكن ايضا محتواه من المواد الاخرى المصاحبة التي تؤثر على جودة السكر ويرتبط ذلك بدرجة نضج الشوندر وحجم وشكل الجذور الذي يرتبط بالصنف فضلا عن تاثير المعاملات الزراعية والظروف المناخية – ايضا تؤثر في جودة المواد الخام عمليات جمع وتحميل ونقل المحصول من الزرعة الى المصنع فيجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع تعرض الجذور للتلف الميكانيكي اثناء هذه العمليات اذ ان تعرض الجذور

لذلك ومع ارتفاع محتواها من الرطوبة يؤدي الى سرعة حدوث التلف بفعل الاحياء الدقيقة والتفاعات الانزيمية .

يتم جمع الشوندر عندما يصل الى درجة النضج المناسبة والتي تتميز باحتوائه على تركيز عالي من السكروزنحو ١٨-٢٠ % اضافة الى كبر حجم الجذور وجفاف بعض الاوراق وعادة مايتم الجمع ام بالطرق الميكانيكية او يدويا و بعدها ينقل الى مصنع السكر ويصنع فورا دون تخزينه لان التخزين في افضل الظروف يؤدي الى فقد السكر ورفع نسبة المواد الاخرى وتؤدي الى حدوث صعوبات تكنولوجية اثناء التصنيع منها :

١- صعوبة اجراء عمليات الترويق والترشيح بسبب ارتفاع لزوجة العصير.

٢- صعوبة عملية البلورة وانتاج بللورات ذات شكل غير منتظم بسبب ارتفاع نسبة السكريات الاحادية والرافينوز اثناء التخزين .

٣- يؤدي التخزين في ظروف غير مناسبة الى تكوين الدكستران الذي يعمل على تشويه شكل بللورات السكر وانتاج بللورات ذات اشكال ابرية او مستطيلة .

٤- تؤدي التغيرات التي تحدث في الشوندر اثناء التخزين الى تكوين مادة السوبانين وهي مادة غير سكرية تقلل من درجة جودة السكروز الناتج فقد وجد ان مادة السبانين بترطيزات بسيطة لا تتجاوز ٢ جزء في المليون في السكر الناتج الى اكساب السكر صفات غير مرغوبة مثل تشكل رغوة وعكارة عند اذابته في الماء.

٥- ارتفاع نسبة الرماد خاصة املاح الكالسيوم في عصير الشوندر المخزن يؤدي الى تشكل عكارة في محاليل السكروز وصعوبة عملية البلورة.

٦- تخزين الشوندر يؤدي الى اعطاء عصير داكن اللون نتيجة لحدوث تفاعلات التلون البني اثناء التخزين مما يؤثر في لون البللورات الناتجة.

يعتبر التنفس السبب الرئيسي لحدوث هذه التغيرات الغير مرغوبة التي يتعرض لها الشوندر اثناء التخزين لذلك يجب اتخاذ الاحتياطات الضرورية لخفض فاعلية التنفس عن طريق الاهتمام بتخزين الشوندر ونظرا لان الشوندر عبارة عن جذور تنمو في باطن الارض فانها تصل الى المصنع محملة بكميات كبيرة من الاتربة والمواد الطينية العالقة لذا يجب التخلص من هذه المواد عن طريق غسيل المادة الاولية اذ يفضل تخزين الشوندر نظيفا ولخفض مقدار الفاقد الذي قد يحدث للشوندر عن طريق العفن فانه يستعمل بعض المواد الكيميائية مثل البولي فينولات.

يتعلق التركيب الكيميائي للشوندر السكري وبالتالي مواصفاته التكنولوجية بالعوامل التالية :

١- نوع الشوندر السكري (سلالة البذور المستخدمة) .

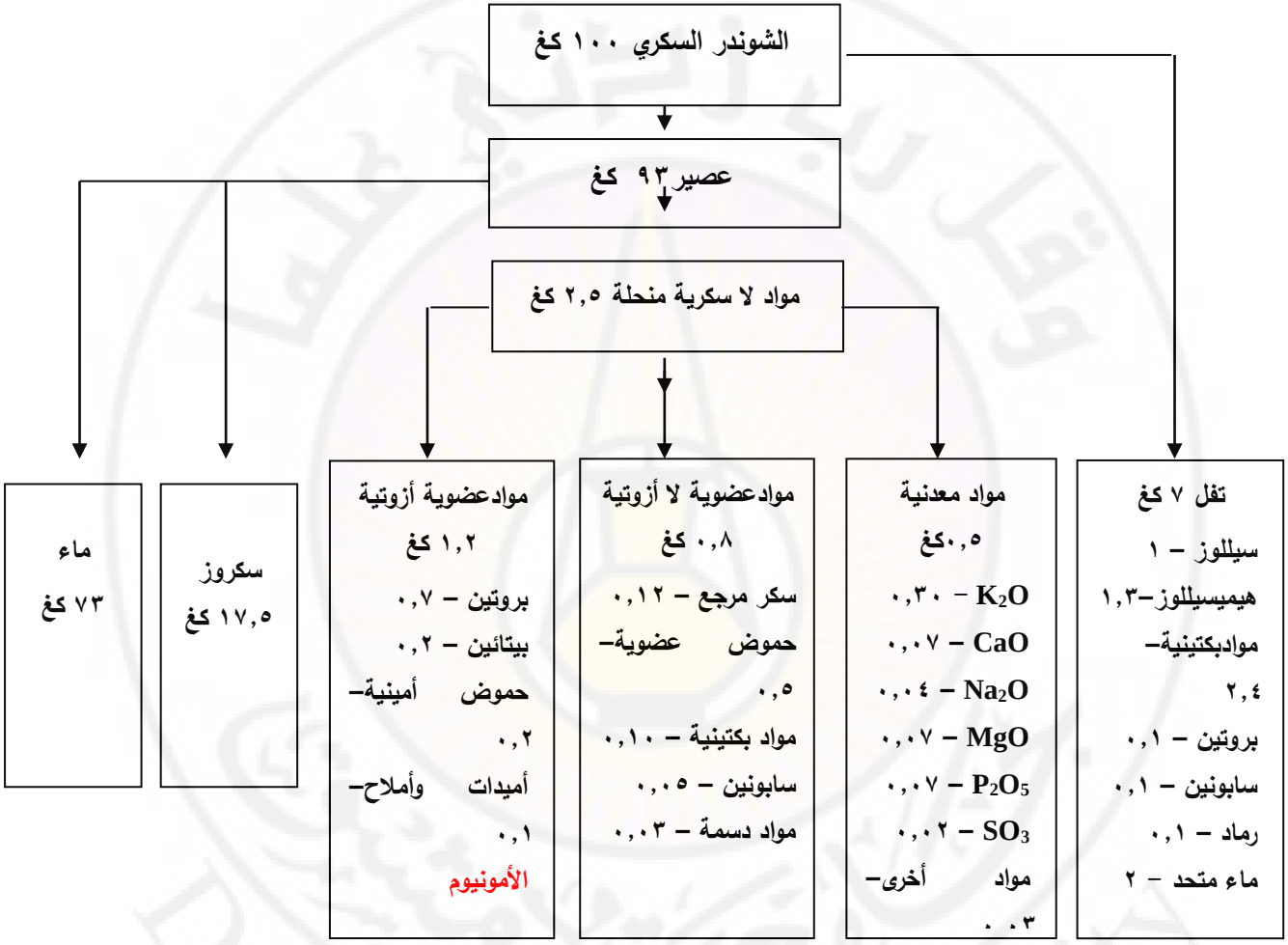
٢- شروط الزراعة والنمو (نوعية التربة ، المناخ ، نوعية الأسمدة وكميتها وزمن إضافتها ، طرائق الري) .

٣- طريقة جني المحصول (القلع) والغسيل وفصل الشوائب والتخزين .

ويبين الشكل (.....) التركيب الكيميائي الوسطي للشوندر السكري المزروع بإضافة كمية محدودة من الأسمدة الكيميائية والمقتلع بالطرق اليدوية .

تتراوح نسبة المادة الجافة في جذور الشوندر السكري بين ٢٠ – ٢٥ % ، ونسبة السكروزوسطيا بين ١٣ – ١٨ % ، وتتعلق نسبة السكروز بعوامل عديدة من أهمها كمية ونوعية الأسمدة المضافة إلى التربة وفعالية الإشعاع الضوئي والعوامل المناخية وطرائق الري.

نظراً لاستخدام كميات كبيرة من الأسمدة في السنوات الأخيرة وإتباع طرائق آلية في قلع المحصول ، فإن التركيب الكيميائي والمواصفات التكنولوجية للشوندر تدنت بالمقارنة مع السنوات السابقة ، حيث يلاحظ ارتفاع في نسبة الشوائب في الشوندر المقلوع بالطرائق الآلية (تراب ، حجارة ، أعشاب ، أوراق خضراء) وارتفاع في نسبة السكر المرجع والمواد البروتينية المنحلة (الآزوت الضار) والرماد ، وانخفاض في نسبة الفوسفور والبوتاسيوم وكذلك انخفاض في قيم القلوية الطبيعية للعصير حيث تصل إلى ٠,٠١ – ٠,٠٣ % CaO وأحياناً إلى قيم سلبية ، والعامل الأهم هو انخفاض الحلاوة بشكل عام وبالتالي انخفاض كمية السكر المنتجة من طن من الشوندر السكري .



الشكل()التركيب الكيميائي للشوندرالسكري

٢-نقل الشوندر إلى شركات السكر:

يُجمع الشوندر المصرم على شكل اكواماً كبيرة وعلى خط واحد أو على خطوط عديدة تبعاً لاتساع الحقول ، وذلك تسهيلاً لعملية التحميل والنقل، وإذا كان النقل متعذراً أو مستحيلاً فلا بد في هذه الحالة من تغطية الشوندر كيلا تفقد من وزنه بسبب تبخر رطوبته إذ ثبت أن الشوندر غير المغطى في الحقول يفقد يومياً ٥% من وزنه . إذ بالامكان التخفيف من ذلك بتغطية الشوندر وبتكبير الكوم ،كما يجب الاهتمام بتنظيف الشوندر عند نقله من بقايا أوراقه لأن وجود الورق يؤدي إلى تعفن الشوندر ويعيق عمل سكاكين فرم الشوندر في معامل السكر.

إن وصول الشوائب إلى الشوندر السكري وتوزعها بين جذوره ، يمنع الهواء من الوصول إلى داخل كومة الشوندر فتتعفن الأوراق الخضراء بسرعة وتمارس الجذور تنفسا لاهوائيا ، مما يهيئ وسطاً مناسباً لنمو الميكروبات ، فتزداد فعالية النشاط الميكروبيولوجي . ونظراً لاحتواء الأوراق الخضراء على نسبة عالية من المواد اللاسكرية ، فقد أظهرت التجارب العملية أن بقاء ١ % من الأوراق الخضراء في الشوندر المصنع يخفض نقاوة العصير بنسبة ٠,٤ – ٠,٥ % ويزيد من فاقد السكروز في المولاس بنسبة ٠,٢ % ، الجدول ( ) العلاقة بين نسبة المادة الخضراء في الشوندر وبعض المؤشرات التكنولوجية .

الجدول( ) العلاقة بين نسبة المادة الخضراء والمؤشرات التكنولوجية.

نسبةورق الشوندار %	نقاوة العصير %		عامل المولاس	مردود المولاس %	مردود السكر في المولاس%
	الديفزيون	بعد المعالجة			
٠	٨٨,٢	٩١,٦	١,٣٢	٤,٤	٢,٠
١	٨٧,٣	٩١,١	١,٣٤	٤,٧	٢,٢
٢	٨٦,٤	٩٠,٦	١,٥٢	٥,٢	٢,٦
٣	٨٥,٦	٨٩,٧	١,٧٢	٦,١	٣,٢

- العوامل المؤثرة في تخزين جذور الشوندر السكري :

إن جذر الشوندر السكري بعد عملية جني المحصول (القلع) عبارة عن كائن حي حُرم من إمكانية الاتصال مع الوسط الخارجي ، سواءً عن طريق الأوراق الخضراء التي تم اقتطاعها ، أو عن طريق الجذيرات المغروزة في التربة والتي كانت تؤمن له الماء والأملاح المعدنية (المواد المغذية) وتطرح الفضلات ، واقتصر نشاطه على عملية التنفس للمحافظة على حياته ، وذلك على حساب الاحتياطي من المواد السكرية .

من أهم التغيرات التي تتم على التركيب الكيميائي للجذور :

١) تفكك الكربوهيدرات المعقدة إلى صيغ أبسط ، و يستهلك جزء منها في عملية التنفس ، والجزء الأخر يتركز في الجذر ، حيث تزداد نسبة السكاكر الثلاثية (الرافينوز) .

٢) حلمهة البروتينات وظهور الببيتدات والمركبات الأمينية .

٣) نزع الزمرة الأمينية للحموض الأمينية والأميدات وتشكل أملاح الأمونيوم .

٤) حلمهة جزء بسيط من المواد البكتينية والهيماسيللوز وانحلالها في المحلول .

أما محتوى الجذر من الأملاح المعدنية فلا يتعرض لأي تغيير أثناء عملية التخزين.

تؤدي هذه التغيرات إلى تدن في مواصفات الشوندر السكري التكنولوجية وخصوصاً انخفاض نسبة السكروز وارتفاع نسبة المواد اللاسكرية وبالتالي انخفاض النقاوة .

- التنفس :

إن الفاقد الأكبر في نسبة السكروز أثناء عملية تخزين جذور الشوندر السكري المُجرّم بشكل سليم (فصل الشوائب) يكون بسبب عملية التنفس ، أما الفاقد في السكروز أثناء تخزين جذور الشوندر السكري المصابة (بضرر ميكانيكي) مع الشوائب مثل الأوراق الخضراء والأعشاب والأتربة ، فيبلغ الذروة لأن معدل التنفس يكون أعظمياً .

إن عملية التنفس هي عبارة عن تفاعلات أكسدة وإرجاع تهدف إلى إعادة تشكيل وتحويل الطاقة الكيميائية للمواد العضوية إلى طاقة حرارية .

يُميز نوعان من أنواع التنفس : التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي ، ويتم التنفس الهوائي وفق المعادلة التالية :

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow 2\ C_6H_{12}O_6$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$$

مع انطلاق كمية من الحرارة قدرها 2872 كجول\غ.مول.

إن كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلقة خلال وحدة الزمن يمكن أن تكون مؤشراً هاماً لفاقد السكروز الناتج عن عملية التنفس بالنسبة لوحدة المادة الجافة .

أما التنفس اللاهوائي فيتم وفق المعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$$

مع انتشار كمية من الحرارة 234.5 كجول\غ.مول ، وهي أقل بـ ١٢ مرة من الكمية المنتشرة أثناء عملية التنفس الهوائي .

تؤثر عدة عوامل في فعالية التنفس من أهمها : درجة الحرارة ، الرطوبة التركيب الغازي للوسط المحيط ، حجم الجذر ، درجة النضج ، الحالة الفيزيائية للجذور ، ونسبة الإصابة بسبب العوامل

الميكانيكية والتركيب الكيميائي ، إضافة إلى العامل الميكروبيولوجي حيث أن نمو الميكروبات على الجذور يزيد من فعالية التنفس بشكل ملحوظ .

يلاحظ من الجدول () تاثير ارتفاع درجة الحرارة في فعالية التنفس من خلال تحديد كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق .

الجدول ( )يبين تاثير درجة الحرارة في كمية CO_2 المنطلق من جذر الشوندر (فعالية التنفس)

درجة الحرارة °م	٢	٥	١٠	٢٠	٤٠
حجم CO_2/من ١ كغ شوندر / خلال ساعة (مل)	٣,٥	٤,٥	٦,٣	١٤,٧	٨٣,٣

أما في حال ارتفاع درجة الحرارة إلى أعلى من ٤٠ °م ، فإن فعالية التنفس تنخفض بسبب بدء هدم بنية البروتوبلازما ، ويوضح الجدول رقم (٢-٢) أثر درجة الحرارة على نسبة الفاقد اليومي (الوسطي) من السكروز .

الجدول ( ) يبين أثر درجة الحرارة على الفاقد اليومي من السكروز.

درجة الحرارة ° م	١	٣	٦	٩	١١	١٥
فاقد السكروز اليومي من ١كغ شوندر (مغ)	١٠٠	١٤٠	٢٠٠	٣٠٠	٣٨٠	٥٠٠

وتختلف فعالية التنفس من جزء إلى آخر في الجذر الواحد ، فمثلاً تكون كمية غاز أكسيد الكربون المنطلقة من 1 كغ من جذر الشوندر خلال ساعة بالـ مل وبنفس الشروط ٢٥ مل من الرأس و 38 مل من العنق و ٢٢ مل من جسم الجذر و ٢٥ مل من الذيل .

- الجفاف :

عند تعرض جذور الشوندر السكري لأشعة الشمس ، خصوصاً في الظروف المناخية الحارة (كما هي الحال في ظروف القطر العربي السوري) تنخفض الرطوبة في الطبقة الخارجية بنسب تصل إلى ٧ % فيزداد النشاط الأنزيمي (الإنفزتاز) ، مما ينعكس سلباً على فاقد السكروز خاصة في حالة التنفس اللاهوائي (مع الإشارة إلى أن نسبة السكروز تزداد ظاهرياً في بعض الأحيان بسبب انخفاض الوزن) ، وبشكل عام فإن فقدان ١ % من الرطوبة يزيد من فاقد السكروز يومياً بمقدار ٠,٥ – ٠,٠١ % من وزن الشوندر ، وتنخفض مرونة النسيج الخلوي والناقلية الكهربائية النوعية وتحدث تغييرات ذات طبيعة فيزيائية وكيميائية .

يبين الجدول ( ) تاثير درجة الجفاف في فاقد السكروز والنقاوة ودرجة التعفن عند التخزين

لمدة ستين يوماً .

الجدول ( ) تاثير الجفاف في فاقد السكروز والنقاوة ودرجة التعفن .

درجة الجفاف %	الفاقد بالسكروز %	انخفاض النقاوة %	التعفن %
٠	١,٢٥	١,٨	–
٧	٣,٤٣	٤,٦	٣٧,٢
١٣	٦,١٤	١١,٣	٥٥,٢
١٧	٧,١٣	١٢,٦	٦٥,٨
٢٨	٨,٩٣	١٦,٨	٩٦,٠

– نمو الجذر :

يستمر جذر الشوندر السكري (ككائن حي) بعد قلعه بعملية التنفس ، مما يعني استمراره في عملية النمو التي تقاس بالنسبة المئوية للزيادة الوزنية ، ويلاحظ خلالها ازدياد في فعالية التنفس وتمثل للسكروز المخزن وانخفاض في تركيز المعادن القلوية .

تختلف فعالية النمو في مناطق الجذر الواحد ، حيث يلاحظ أن الفعالية في الجزء العلوي تبلغ أربعة أضعاف الفعالية في جسم الجذر ، لهذا يتم اقتطاع الجزء العلوي أثناء عملية التصريم ، يبين الجدول ( ) العلاقة بين فاقد السكروز بالنسبة لوزن الشوندر وفعالية النمو .

الجدول ( ) يبين العلاقة بين فاقد السكروز وفعالية النمو.

فعالية النمو %	٠,٥	١	٢	٣	٥
فاقد السكروز %	٠,٥	٠,٨	١,١	١,٢	١,٦

– التئام الجروح :

تعد ظاهرة التئام الجروح إحدى التفاعلات العلاجية الهامة التي تهدف إلى وقاية جذر الشوندر السكري من العوامل الخارجية ، حيث يقوم الجذر بتشكيل نسيج خلوي جديد في مكان الجروح (الإصابات التي حدثت بسبب التلف الميكانيكي) لحمايته من الأخطار الميكروبيولوجية . ويقارب تركيب النسيج الجديد تركيب النسيج الأصلي ويشابهه في الصفات الوقائية .

تتعلق سرعة أو فعالية ظاهرة التئام الجروح بعوامل عديدة : مدى الإصابة ، وحالة الجذر الفيزيائية ، والحرارة ، والرطوبة ويلاحظ أن سرعة التئام الجروح في الرأس والعنق أكبر من المناطق الأخرى من جذر الشوندر ، ويلاحظ كذلك أن هذه الظاهرة تنعدم في حالة الجفاف ، مما يفسر

سبب التعفن السريع للشوندر بحالة الجفاف مقارنة بالحالة العادية .

إن جذور الشوندر السكري السليمة في شروط التخزين الطبيعية (الحرارة والرطوبة) تقاوم نمو الميكروبات ، لأن الخلايا الحية تفرز مواد مقاومة لنموها ، إلا أن الميكروبات تجد وسطاً ملائماً لنموها في الخلايا الميتة المتوفرة بكثرة على سطح الجذور المقلوعة بالطرق الميكانيكية ، وعلى سطح الجذور الذابلة والجذور بحالة الشمرخة ، فتحدث تغييراً في المواصفات التكنولوجية للعصير ، فتصعب تصفيته وبلورته وفرزه فتنخفض الطاقة التصنيعية ، وينخفض المردود ويزداد استهلاك المواد الكيميائية والمساعدة .

– استلام الشوندر السكري :

في الجمهورية العربية السورية يتم توقيع عقود خاصة بزراعة الشوندر السكري بين مديريات الزراعة في المحافظات والفلاحين تحدد فيها المساحة التي ستتم زراعتها ومواعيد الزراعة (حسب العروة : خريفية ، شتوية) وتوزع البذور والأسمدة على الفلاحين بالكميات المناسبة إضافة إلى تسهيلات مالية على شكل سلف أو قروض .

يباشر المزارعون توريد المحصول تبعاً لمواعيد الزراعة ودرجة النضج ، بموجب بطاقات توريد خاصة محددة الكمية والتاريخ إلى معمل السكر بالشاحنات والجرارات (تستخدم القطارات في العديد من البلدان الأخرى) .وفق شروط الاستلام الجدول ( ) :

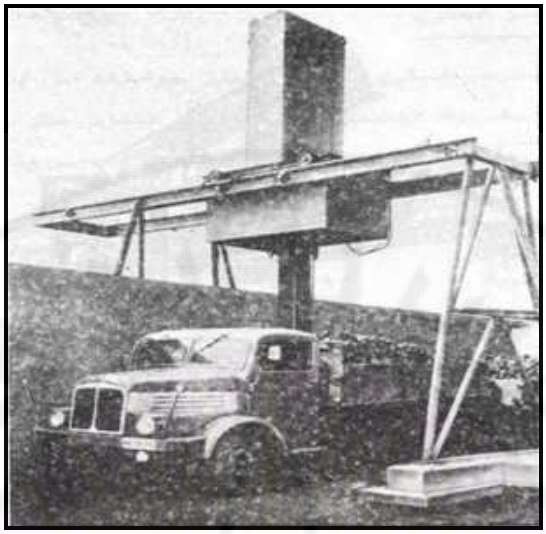
الجدول ( ) يبين شروط استلام الشوندر السكري في معامل السكر

المؤشر	نسبة المادة%
السكاروز	لاتقل عن ١٤
الجذور الذابلة	لاتزيد عن٥
الجذور المعطوبة	لاتزيد عن١٢
الجذور المتشمرخة	لاتزيد عن٣–٥
الأوراق الخضراء	لاتزيد عن ٣
الجذور المجمدة	غير مسموح
الجذور العفنة	غير مسموح

يوزن الجرار أو الشاحنة مع الشوندر المورد على قبان خاص في معمل السكر، وليكن الوزن m_1 ، وتؤخذ عينة عشوائية من الشوندر بواسطة آخذ العينات الآلي ، الشكل (..) بوزن ٢ كغ تقريباًلتحديدنسبةالأجرام

(X%) ودرجة الحلاوة(Y%) – يتم تحديد الحلاوة بطريقة الهضم البارد المتعمدة

من قبل اللجنة الدولية للطرق الموحدة لتحاليل السكر ICUMSA.



الشكل (.....) آخذ العينات الآلي.

يفرغ الجرار أو الشاحنة بواسطة رافعات خاصة ، حيث تنساب حمولته من الشوندر السكري على سيور ناقلة تحملها إلى أحواض التخزين ، تختلف سعتها حسب الطاقة التصنيعية للمعمل وحسب المناخ السائد (في سوريا أعدت أحواض الشوندر السكري لتخزين كمية تكفي لتشغيل المعمل لمدة ٤ أيام كحد أقصى حسب ارتفاع كومة الشوندر في الحوض) .

بعد انتهاء عملية التفريغ يتم وزن الشاحنة أو الجرار وليكن الوزن الفارغ m_2 فيكون وزن الشوندر المستلم القائم هو m :

$$m = m_1 - m_2$$

وزن الشوائب أو الأَجرام = $\frac{(m_1 - m_2).X}{100} = \frac{m.X}{100}$

حيث أن X هي نسبة الأَجرام أو الشوائب .

وزن الشوندر الصافي = $m - \frac{m.X}{100} = \frac{m(100 - X)}{100}$

وزن السكر المستلم (المدفوع ثمنه) = $\frac{m(100 - X)}{100.100}.Y$

حيث أن Y هي درجة الحلاوة % .

- تخزين الشوندر السكري :

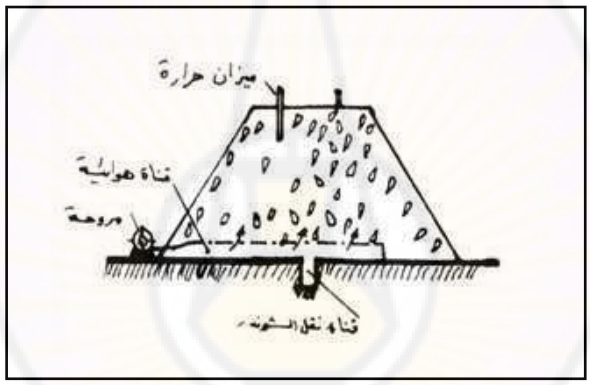
لاتتعلق نوعية الشوندر السكري المخزن بمواصفاته قبل البدء بتخزينه ، وإنما تتعلق كذلك

بالشروط المتبعة في أثناء عملية التخزين مثل درجة الحرارة السائدة ، ونسبة الرطوبة ، والتركيب الغازي للهواء (O2 و CO2) ، ونبين فيما يلي الشروط المثلى للتخزين الطويل :

- درجة الحرارة : (٠ + ٢)° م .
- نسبة الرطوبة : ٩٣ – ٩٥ %.
- نسبة أكسجين الهواء : ١٨ – ٢٠ %.
- نسبة CO_2 في الهواء : ٠,١٥ – ٠,٠٢٠ %.

وبالطبع لا يمكن تحقيق هذه الشروط إلا في البلدان الشمالية الباردة .

بهدف تحسين شروط تخزين الشوندر السكري لفترة قصيرة في البلدان الحارة، تتبع طرق تهوية تعتمد على دفع تيار من الهواء بسرعة تصل إلى ١٠م/ثا إلى مختلف أقسام الحوض بواسطة مراوح ، الشكلين (و) .



الشكل ( ) التهوية في أحواض التخزين.

إن هذه التهوية القسرية ذات تأثير إيجابي خصوصاً إذا تم ترطيب الهواء بتيار مائي عند انخفاض رطوبة الجو ، أو إذا تم تشغيل هذه المراوح عند ظهور فارق بدرجات الحرارة بين كومة الشوندر والهواء المحيط .

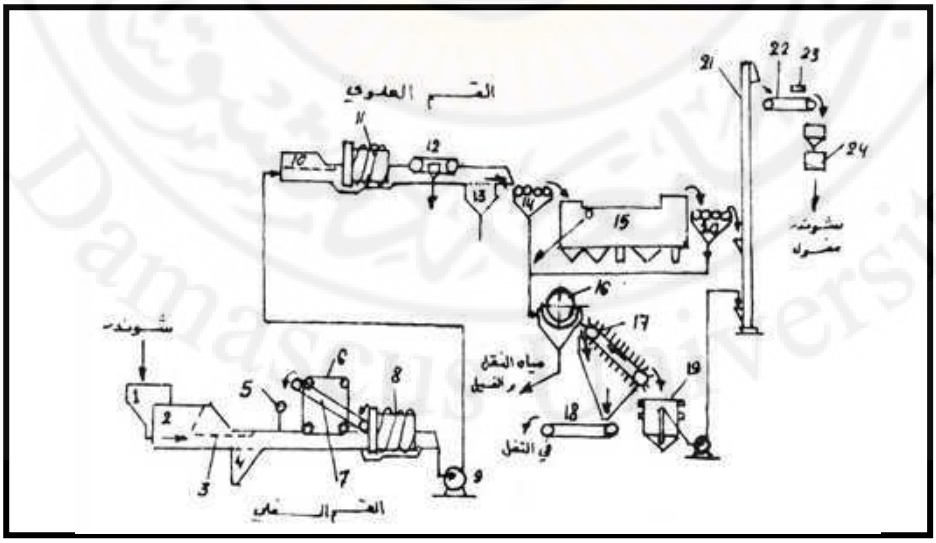
لتحديد درجة الحرارة في كومة الشوندر تستخدم موازين حرارية خاصة طويلة يتم غمسها في كومة الشوندر ، وعادة يتم ربط هذه الموازين أتوماتيكيا مع مراوح التهوية لتعمل تلقائياً عند وجود فارق بدرجات الحرارة .



الشكل ( ) أحواض الشوندر في معامل السكر .

– تحضير الشوندر السكري للتصنيع :

مراحل التصنيع ، إضافة إلى تعرض السكاكين (سكاكين فرم الشوندر) للعطب نتيجة لوصول



الأجسام الصلبة والحادة إليها ، لهذا يفترض تخليص الشوندر والتقاط قطع الشوندر الصغيرة ، وتحويلها إلى التصنيع ، وضخ كميات متجانسة من الشوندر إلى خط التصنيع تتناسب والطاقة

التصنيعية .

١- حوض تخزين الشوندر ٢- قناة لنقل مزيج الشوندر والماء ٣- شبكة معدنية أفقية لتنظيم التيار ٤-١٣- نازعة الرمال٥- منظم التيار ٦-١٢- نازعة الأعشاب ٧- سير ناقل لإبعاد الحجارة ٨-١١- نازعة الحجارة ٩- مضخة نابذة ١٠ – قناة لنقل مزيج الشوندر والماء ١٤-٢٠- فاصل للماء١٥- غسالة الشوندر١٦- لاقط الأذناب وقطع الشوندر الصغيرة ١٧- فاصل للأذناب وقطع الشوندر الصغيرة ١٨- سير ناقل لقطع الصغيرة والأذناب ٢١- ناعورة ٢٣- مغناطيس لفصل الشوائب المعدنية ٢٤- قبان للشوندر المغسول المعد للتصنيع .

الشكل( ) مخطط عام لمحطة الغسيل النموذجية .

تضم محطات الغسيل الحديثة التي تحقق الأغراض السابقة التجهيزات التالية ، الشكل ( ) :لاقطات الحجارة والرمال ، نازعات الأعشاب ، غسالة الشوندر ، سيور ناقلة ، وأقنية مع منظمات لتيار الماء والشوندر .

- **قناة نقل الشوندر :**

تتألف قناة نقل الشوندر من قسمين :

آ – **القسم السفلي** – رقم ٢ ، الشكل ( ) :

عبارة عن قناة بيتونية أو بيتونية معدنية ، مقطعها مستطيل زواياه السفلية مستديرة . الشكل ( )، مسلطة باتجاه سير الشوندر بانحدار قدره (١٥ – ١٨مم\م).

ب- القسم العلوي – رقم ١٠، الشكل ( ) و الشكل ( ) :

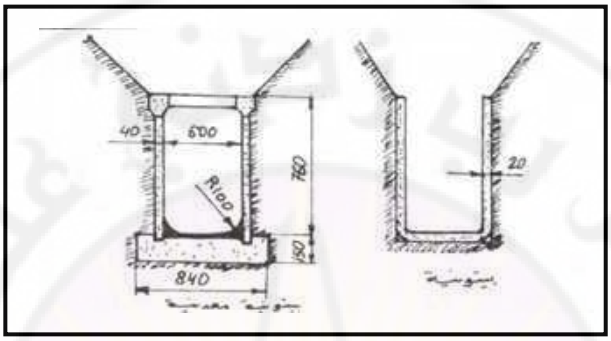
عبارة عن قناة معدنية (فولاذ بسماكة 5-4 مم) لا يزيد الانحدار فيها عن ١٠مم على المتر الواحد ، و قيمة الانحدار تكون أكبر بـ ٢ – ٣ مم عند تغيير اتجاه المسار ، وقطر زاوية تغيير الاتجاه لا يقل عن٥ أمتار .عرض القناة يحدد من خلال الطاقة التصنيعية للمعمل وفق التالي :

٥٠٠ مم للمعامل ذات الطاقة الأدنى من ٣٠٠٠ طن شوندر/ اليوم .

٦٠٠ مم للمعمل ذي الطاقة البالغة ٣٠٠٠ طن شوندر / اليوم .

٧٠٠ مم للمعمل ذي الطاقة البالغة ٤٥٠٠ طن شوندر / اليوم .

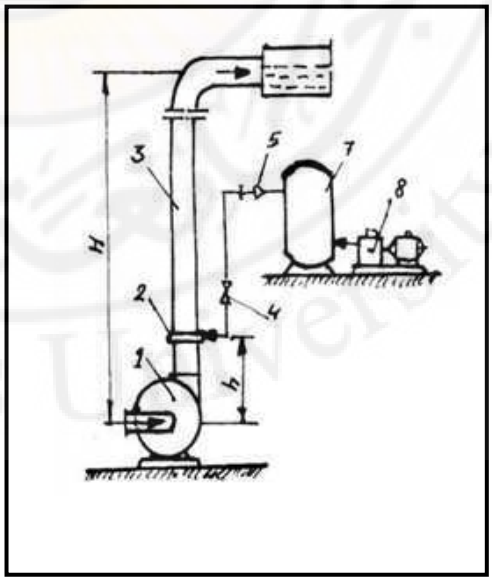
يـــرتبط عـــرض القنـــاة بعـــدة عوامـــل مـــن أهمهـــا مســـتوى الأحـــواض ومســـتوى قنـــاة النقل ومحطـة الضـخ ، وكميـة الميـاه المسـتهلكة حـوالي ٧٠٠ – ٧٥٠ % مـن وزن الشـوندر بـدارة مغلقة ، أما سرعة التيار في القناة ١,٥ مثا كحد أقصى .



الشكل( ) مقطع عرضي في قناة الشوندر.

– محطة ضخ الشوندر :

تختلف تصاميم محطة الغسيل من شركة صانعة إلى أخرى من حيث بعض التعديلات في ترتيب الأجهزة المختلفة إلا أن جميعها تتفق في أن القسم العلوي من محطة الغسيل يتوضع على ارتفاع لا يقل عن ١٥ م بهدف اختصار عمليات النقل الثانوية وإعطاء الشوندر سهولة بالحركة بطريقة السقوط الحر .



١– المضخة النابذة .

٢– موزع الهواء المضغوط .

٣– أنبوب النقل .

٤– صمام الهواء المضغوط .

٥– صمام عدم رجوع .

٧– خزان الهواء .

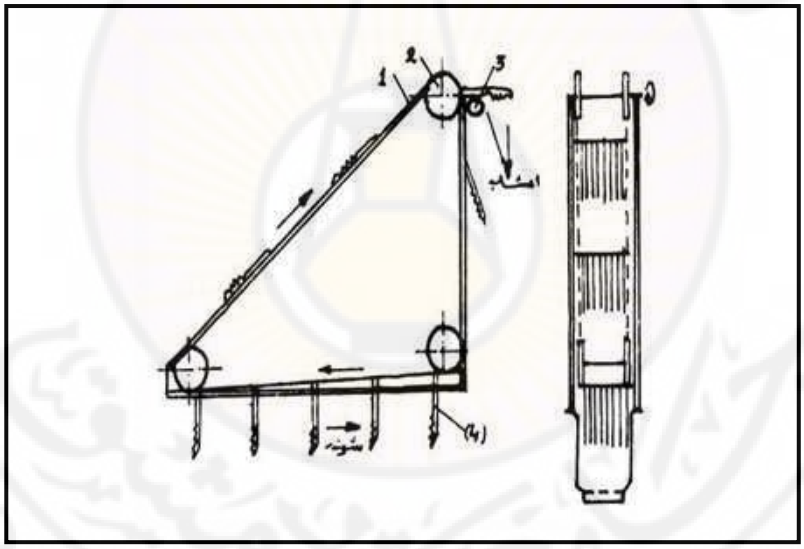
٨– ضاغط هواء .

الشكل ( ) محطة ضخ الشوندر.

وتستخدم مضخات تعمل على مبدأ القوة النابذة لرفع جذور الشوندر السكري إلى القناة العلوية ، ويتم التحكم باستطاعتها من خلال سرعة دورانها التي لا تتجاوز حداً أعظمياً تفادياً من تأثيرها على تحطيم الجذور . وصممت مضخات حديثة لضخ مزيج الشوندر والماء والهواء المضغوط لخفض الوزن النوعي للمزيج من١ طن\م^3 إلى ٠,٤ – ٠,٥ طن\م^3 ، الشكل ( ) .

– نازعات الأعشاب :

تعتمد نازعات الأعشاب بأنواعها المختلفة (ذات الشكل الدائري أو شكل المثلث) على مبدأ واحد هو التقاط الأعشاب والأوراق والقش الذي يطفو على سطح الماء في قناة النقل ، بواسطة أذرع ذات أسنان تدور بسرعة ثابتة (يتم التحكم بها حسب كمية الأعشاب) وطرحها خارجاً .



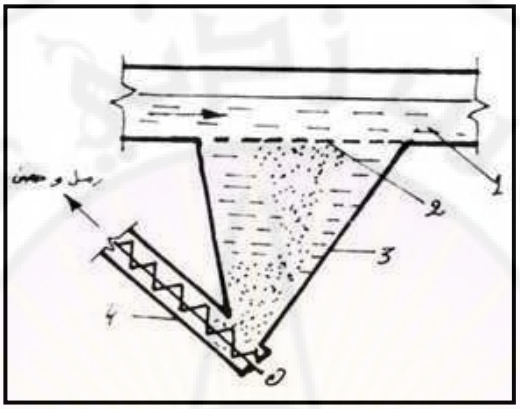
الشكل ( ) نازعة الأعشاب.

يتضح من الشكل () أن الأذرع (٤) تتحرك باتجاه معاكس لتيار الماء والشوندر فتلتقط الأعشاب وترفعها عالياً لتنقلب على المحور (٢) فتصطدم بالمعترضة الأسطوانية (٣) وتسقط الأعشاب الملتقطة وتطرح خارج القناة .

– لاقطات الرمال والحجارة :

يتم التخلص من جزء كبير من الرمال والحجارة المرافقة لجذور الشوندر السكري في أثناء عملية الغسيل ، والجزء المتبقي يتم التقاطه بواسطة لاقطات (نازعات) خاصة تعتمد في عملها على مبدأ

اختلاف الوزن النوعي للرمال والحجارة عن الوزن النوعي لجذور الشوندر ، وتركب على مجرى مزيج الشوندر والماء (قناة النقل) ، ويتضح من الشكل (٢-٩) أن هذه الرمال والحجارة تمر عبر الشبكة المعدنية المثقبة (٢) إلى جسم اللاقطة (٣) لتتجمع في الأسفل ، حيث يقوم اللولب (٤) بإبعادها خارج خط التصنيع .



الشكل ( ) مخطط لاقطات الرمال الحجارة.

وهناك نوع آخر من لاقطات الحجارة ، انتشر استخدامه بشكل واسع ويعتمد على استخدام اسطوانة دوارة مثقبة ، على سطحها صمم حلزون يقوم بتحريك الحجارة والحصى التي تم التقاطها إلى مكان تجمع فيه وتطرح خارج مسار الجذور . الشكل (٢-١٠) .



الشكل( ) لاقطة الحجارة الأسطوانية الدوارة .

- تنظيم تيار الشوندر :

بهدف تنظيم تدفق تيار الشوندر والماء في قنوات النقل ، تركب شبكات معدنية على ارتفاع محدد فوق قناة الشوندر تسمح بمرور كمية محددة من الشوندر ، وتقفل القناة بشكل كامل لمنع مروره عند الحاجة بينما تسمح بمرور الماء فقط ، وهناك أنواع أخرى من الشبكات تقوم بحركة دورية منتظمة إلى الأعلى والأسفل (٨ مرات في الدقيقة) تسمح بخلالها لكمية محددة من الشوندر بالمرور .

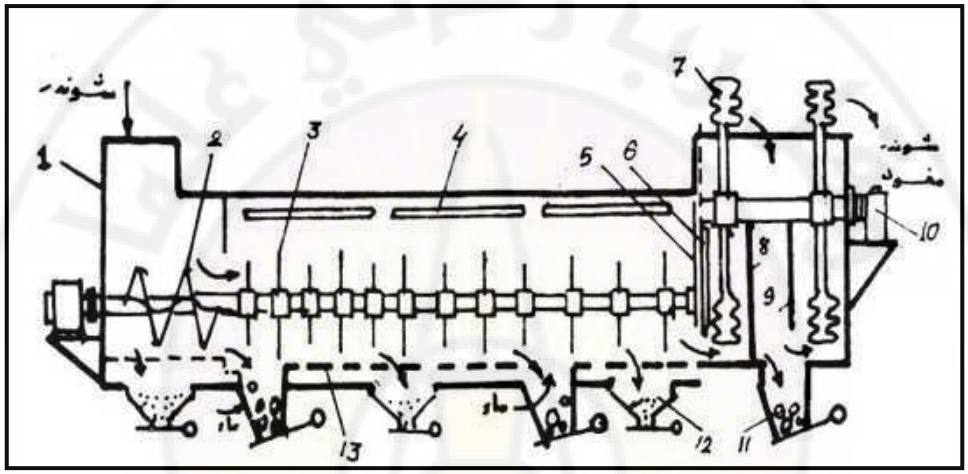
وتركب هذه الشبكات عادة بعد أحواض التخزين مباشرة ، وقبل المضخات وقبل غسالة الشوندر ، وللدقة في تنظيم تيار الشوندر في قنوات النقل ، يتم تركيب شبكات معدنية أفقية تمنع اندفاع الشوندر بالقناة فوق مستواها ، تعد فعالة في الأماكن التي تسبق الشبكات العمودية ، ويحدد طولها بـ ٩م قبل الشبكة العمودية الأولى و ٢٥ م قبل الشبكة الثانية ، و ١٠٠م قبل الثالثة ، ويتم إغلاق الشبكات الأولى والثانية والثالثة على التتالي عند حدوث طارئ يستوجب وقف ضخ جذور الشوندر السكري إلى خط التصنيع ، وعند إعادة التشغيل يتم فتحها بشكل معاكس .

- غسالة الشوندر :

تعرف غسالات جذور الشوندر السكري ثلاثة أنواع حسب مستوى الماء فيها :

- غسالات مرتفعة المنسوب : وفيها يكون مستوى الماء أعلى من أذرع الغسالة (الشفرات)
- غسالات منخفضة المنسوب : وفيها يكون مستوى الماء على مستوى محور الغسالة .
- الغسالات المختلطة : ويقسم جسم الغسالة فيها إلى حجرتين ، الحجرة الأولى منخفضة المنسوب ، والثانية مرتفعة المنسوب وهما متصلتان ببعضهما البعض .

تمتاز الغسالات ذات المنسوب المنخفض ، بإمكانية فصل الأتربة والشوائب الملتصقة بالجذور بشكل أفضل ، نظراً لاحتكاك الجذور ببعضها بشكل دائم في وسط مائي ، إلا أن الحركة الدائمة وعدم وجود سطح هادئ للماء فيها ، يسببان عدم قدرة الشوائب الخفيفة (الأعشاب والقش والأوراق) على الطفو ، وبالتالي صعوبة فصلها ، إضافة إلى ارتفاع نسبة الجذور المصابة بالجروح فيها ، في حين أن الغسالات ذات المنسوب المرتفع تسمح بفصل الشوائب الخفيفة ، حيث أن اذرع الغسالة مغمورة بشكل دائم بالماء ، فتطفو هذه الشوائب على السطح ، وتلتقطها نازعات الأعشاب



الأسطوانية المثبتة محاورها أفقياً على مستوى سطح الماء ، لكن فصل الأتربة والشوائب الملتصقة بالجذور يتم بشكل أسوأ من الغسالات ذات المنسوب المنخفض ، الشكل ( ) .

١- جسم الغسالة ٢- لولب لدفع جذور الشوندر ٣- أذرع الغسالة (من الخشب لتخفيف الصدمات بجذور الشوندر) ٤- نازعات أعشاب ٥-٦-٨-٩- حواجز ٧- ناعورة ١٠- محرك كهربائي ١١-١٢- لاقطات الرمال والحصى ١٣- شبك معدني مثقب

الشكل ( ) غسالة الشوندر ذات المنسوب المرتفع .

وللجمع بين ميزات النوعين من الغسالات تم تصميم الغسالات المختلطة .

- فاقد السكر أثناء غسيل الشوندر :

تنحل أثناء عملية نقل جذور الشوندر السكري بالطريقة الرطبة (بواسطة الماء) وأثناء عملية الغسيل كمية من السكاروز في الماء ، الذي سرعان ما يتفكك نتيجة للنشاط الميكروبيولوجي .

وتؤثر على هذا الفاقد عوامل عديدة من أهمها :

- زمن بقاء جذور الشوندر السكري في الماء .
- درجة حرارة مياه النقل والغسيل .

– مواصفات الشوندر السكري .

– درجة إصابة الجذور بالجروح أو التهشم سواء نتيجة القلع الآلي ، أو نتيجة الإصابات في أثناء عملية الاستلام والنقل والغسيل .

وقد بينت الابحاث والدراسات ان الكمية الاجمالية من السكاروز الضائع تتراوح بين ٠,٦–٠,٨ % وزنا من الشوندر وهذه النسب تتعلق بظروف المعمل وبخطه التكنولوجي ولا يمكن تعميمها ، إلا أنها تبرز النسبة العالية من السكر التي يتم فقدها في هذه المحطة ، والتي يجب التخفيف منها .

وتستخدم في كافة معامل السكر الدارة المغلقة لمياه النقل والغسيل بهدف تخفيض نسبة الاستهلاك ، وتستخدم طرق مختلفة لمعالجة هذه المياه سواء بالترقيد أو الترسيب أو إضافة ٠,٣ %من الكلس الحي لرفع الـ pH إلى قيمة عالية (١٠ كحد أدنى) وبذلك يكون الكلس قد استخدم للترسيب والتعقيم بآن واحد.

الفصل الثالث

استخلاص السكر من الشوندر السكري

- الحصول على شرائح الشوندر السكري:

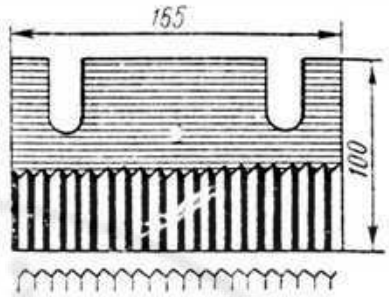
في المراحل الأولى من تطور صناعة السكر كانت جذور الشوندر السكري تفرم إلى قطع صغيرة ، وتكبس للحصول على العصير الذي يحتوي على السكروز إضافة إلى القسم الأعظم من محتوى الخلية من المواد اللاسكرية .وكانت فاعلية استخلاص السكاروز بهذه الطريقة قليلة جدا لان قشما كبيرا من السكاروز يبقى في ثفل الشوندر بالاضافة الى ارتفاع نسبة المواد غير السكرية في العصير المستخرج ، اما الطريقة الحديثة لاستخلاص السكر من الشةندر فتعتمد على تقطيع جذور الشوندر الى شرائح متجانسة هندسيا ومن معالجتها بطريقة عكسية بالماء الساخن مما يسمح بالحصول على كامل كمية السكاروز من جذور الشوندر السكري ، اول من ابتكر هذه الطريقة هو العالم الروسي دفيدوف عام ١٨٣٣ م ومن ثم انتشرت عام ١٨٦٤من قبل العالم التشيكي روبرت في تشيكوسلوفاكيا عند استثمار أجهزة روبرت الدورية (المتقطعة) والتي يستخلص فيها السكروز بتيار ماء ساخن يعاكس بحركته اتجاه حركة الشرائح بهدف تأمين فرق تركيز بين الشرائح والوسط المائي ، وتطورت هذه الطريقة حتى وصلت إلى شكلها الحالي المستمر .تستخدم حاليا اجهزة استخلاص تعمل بشكل متواصل ومستمر وتتراوح طاقتها الانتاجية من ١,٥ –٤,٥ الف طن شوندر في اليوم ، وبعض الاحيان تصل طاقتها الانتاجية الى ١٠ الاف طن شوندر في اليوم .

١- الحصول على الشرائح :

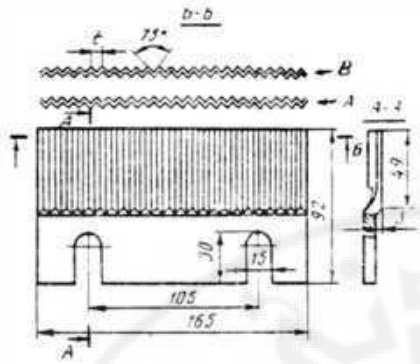
يتم تقطيع جذور الشوندر إلى شرائح رقيقة باستخدام آلات خاصة تسمى قاطعات الجذور والتي تصنف حسب حركة السكاكين فيها على النحو التالي :

- القاطعات الأسطوانية.
- القاطعات النابذة ، تعمل على مبدأ القوة النابذة .
- القاطعات القرصية .يعتمد مبدا عمل هذه الاجهزة على حركة جذور الشوندر وحركة الالات الحادةالمستخدمة في فرم الشوندر، تثبت الات القع الحادة في اجهزة التقطيع النابذة على الجدار الداخلي للجهاز الاسطواني غير المتحرك بينما تتحرك جذور الشوندر ضاغطة على الجران وعلى سكاكين الفرم تحت تاثير القوة النابذة مما يؤدي الى تقطيعها الى شرائح.اما في الاجهزة قرصية الشكل تثبت الات الفرم الحادة على قرص افقي دائري متحرك وجذور الشوندر متحركة اما في الاجهزة الاسطوانية فالات الفرم الحادة تثبت على جدران داخلية مثبت عليها عوارض معدنية تمنع جذور الشوندر

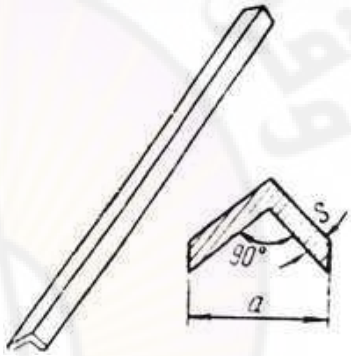
من الدوران. كما تختلف أنواع السكاكين المستخدمة حسب نوعية الشرائح المطلوب الحصول عليها ، وحسب نوعية الشوندر السكري المصنع ، فمنها المضلع الذي يستخدم عند تصنيع شوندر طازج جيد النوعية ، ومنها غير المضلع الذي يستخدم عند تصنيع شوندر متوسط النوعية وشوندر في حالة الشمرخة ، أما في حالة الشمرخة الشديدة فتستخدم السكاكين الإصبعية المضلعة الشكل( ) . حيث يركب كل زوج من السكاكين في إطار خاص يمكن بمساعدته إجراء المعايرة الخاصة بارتفاع شفرات السكين للحصول على الشرائح بالثخانة المطلوبة ، وبعد الشفرات عن



آ – السكين المضلع.



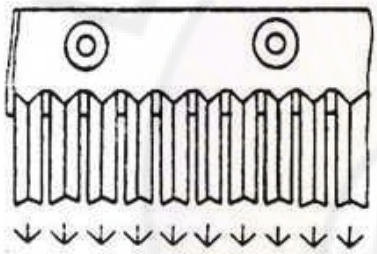
ب – السكين غير المضلع.



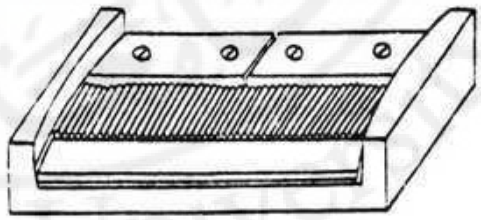
شريحة الشوندر.

$5\ mm > a > 3\ mm$

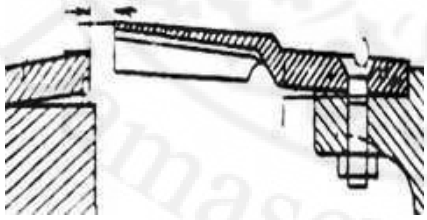
$1\ mm > s > 0.5\ mm$



ج – السكين الإصبعي المضلع.



هـ– الإطار.



د – توضع السكين في الإطار.

الشكل ( ) أنواع السكاكين المستخدمة في تقطيع الشوندر في تقطيع الشوندر.

الإطار للتحكم بطول الشرائح عند تصنيع شوندر سكري مختلف النوعية من حيث درجة النضوج وزمن التخزين ، الشكل (٣-١- د) .

يختلف ترتيب أسنان شفرات السكاكين من النموذجين A و B ،الشكل (- ب) بين الإطار الواحد والإطار الذي يليه ، أي أنه إذا كانت السكاكين في الإطار الأول من النموذج A فإن السكاكين في الإطار الذي يليه من النموذج B .

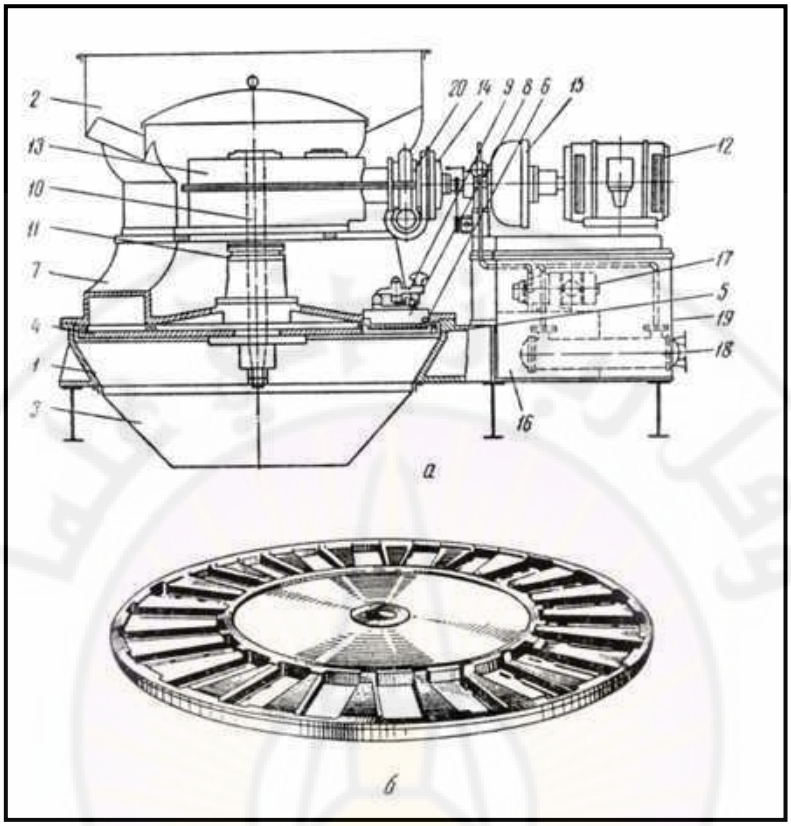
تصنع السكاكين من الفولاذ القاسي وتخضع لمعالجات حرارية وميكانيكية قبل إعادة استخدامها .

- القاطعات القرصية :

يتوضع قرص متحرك (دوار) في أسفل جسم القاطعة الثابت ، ويختلف قطره تبعاً للطاقة التصميمية (١,٦٥م – ١,٨م – ٢ م– ٢,٥ م) ويضم ١٨ ، ٢٠ ، ٢٤ أو ٢٨ إطار ، يحوي كل منها زوجاً من السكاكين . الشكل ( ) ، وتتراوح سرعة دورانه بين (٢٠ rpm– ٧٦) ، حيث تقوم شفرات السكاكين باقتطاع الشرائح من جذور الشوندر التي تنساب من الخزان الكائن فوق القاطعات وتتوضع فوق القرص مباشرة ، وتبلغ سرعة التقطيع العظمى ٦,٨ م\ثا.

يتم نقل الشرائح المتساقطة بواسطة سير ناقل إلى جهاز الديفزيون ، ويركب على هذا السير الناقل قبان خاص يسمى (قبان الشرائح) لتحديد وزنها قبل دخولها إلى جهاز الديفزيون لتحديد كمية السكر المصنعة ، ويتم تنظيف السكاكين بالهواء المضغوط والبخار وعند الضرورة بطريقة يدوية.

من سلبيات هذا النوع من القاطعات : اختلاف سرعة التقطيع حسب القرب والبعد عن مركز الدوران ، وضرورة وقف العمل عند استبدال أي سكين .



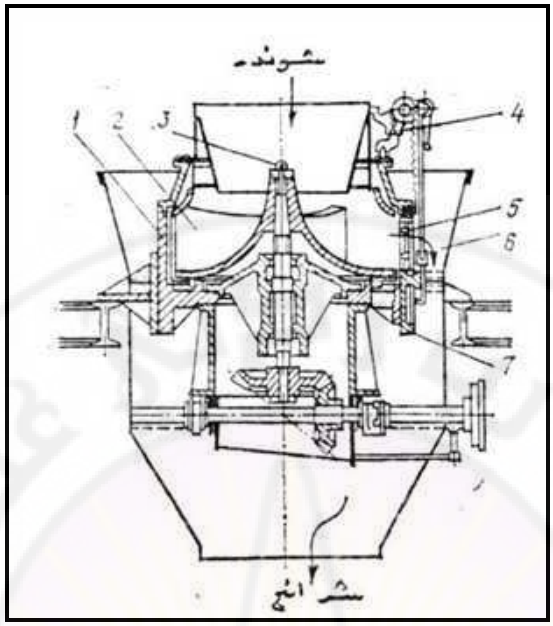
a– منظر عام b– القرص

١– هيكل خارجي ٢– تغذية بالشوندر ٣– قمع ٤– قرص دوار ٦– سكاكين ٨– سكين محدد ٩– غطاء ١٠– محور ١٢– محرك كهربائي ، علبة سرعة ١٤–١٥– وصلة مرنة ، ١٦– علبة تزييت ١٧– مضخة زيت١٨– مبادل حراري لتسخين الزيت ٢٠– محرك كهربائي يستخدم عند تغيير السكاكين .

الشكل ( ) القاطعات القرصية .

– القاطعات النابذة :

يتألف جسم القاطعة الثابت من أسطوانة داخلية (١) ، أنظر الشكل رقم (٣–٣)، تتوضع عليها بشكل عامودي إطارات السكاكين (عددها ١٦ أو ٢٤) (٥) التي تقوم باقتطاع شرائح الشوندر من الجذور التي تدور داخل الأسطوانة بدوران الشفرات المثبتة على المحور (٣) وتسقط في المجال (٦) ومنه إلى أسفل القاطعة لتستقر على سير ناقل ينقلها إلى جهاز الديفزيون .



الشكل ( ) القاطعة ذات السكاكين الثابتة.



الشكل (.....) شرائح الشوندر على السير الناقل .

إن سرعة التقطيع ثابتة نظراً لبعد السكاكين الثابت عن المحور مما ينعكس إيجابا على تجانس نوعية الشرائح الناتجة ، وتتراوح بين(٤ – ٦) م\ثا، ويمكن استبدال أي سكين معطوب دون الحاجة إلى وقف العمل ، إلا أن استهلاك الطاقة الكهربائية لتشغيل هذا النوع من القاطعات أعلى من

استهلاك الطاقة للنوع المقابل (القاطعات القرصية) بمقدار ٣٠ % .

– مبدأ الانتشار ونظرية سيلين في الانتشار :

تحوي خلايا الشوندر السكروز منحلاً في الماء مع مواد عضوية أخرى ، ويقوم الغشاء السيتوبلازمي بدور غشاء نصف نفوذ لا يسمح بانتقال السكروز إلى خارج الخلية حتى ولو وجدت في وسط مائي ، ونلجأ إلى استخدام الحرارة (70– 76) °م لتخريب هذا الغشاء بهدف البدء بعملية الانتشار ، (انتقال السكروز من داخل الخلية – الوسط العالي التركيز – إلى الوسط الخارجي المنخفض التركيز) ، وتستمر هذه العملية مادام هناك فرق في التركيز (فرق التركيز بمثابة القوة المحركة لظاهرة الانتشار) .

لنفرض أن التركيز المولي لمحلول سكري هو C ، وأن ارتفاعه في وعاء ما هو X ،الشكل (a–) ، وأن الضغط الخلوي هو P ، فإذا سكبنا ماءً نقياً في الوعاء ، فإن السكر يبدأ بالانتشار باتجاه الماء النقي dx .

ويمكن تفسير هذه الظاهرة اعتماداً على قانون فيك Fick المكتشف عام ١٨٨٥ باعتبار أن التركيز على الارتفاع (X + dx) يكون (C - dc) والضغط الخلوي (P - dp) ، وأن سرعة الانتقال تتناسب طرداً مع درجة الحرارة .

يتبين من الشكل (...) أن الشرائح ذات التركيز C_2 تتعرض إلى تيار مائي معاكس يدخل بتركيز $C_1 = 0$ إلى جهاز الانتشار (جهاز الديفزيون) ويخرج على شكل عصير بتركيز C_2 ، فإذا كان تركيز السكروز في الشرائح بعد عملية الانتشار C_1 فإن كمية السكروز المنتشرة من ١٠٠كغ شوندر (شرائح) هي :

$$S = C_2 - C_1 = \frac{4.1000.K.V.F}{d}(C - c).t \qquad (16)$$

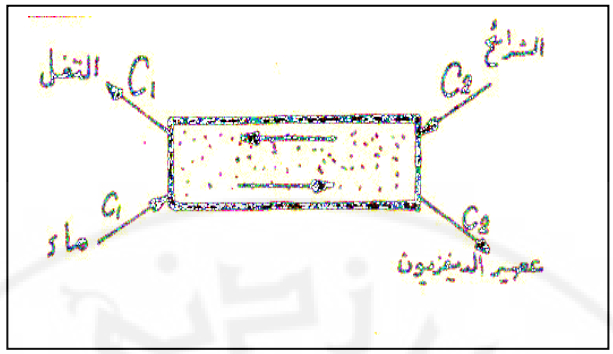
حيث : C_2 – تركيز السكروز في الشرائح .

C_1 – تركيز السكروز في التفل.

F – سطح الانتشار .

d – ثخانة الشريحة .

(C-c)– فرق التركيز ما بين الشريحة والوسط المائي المحيط في اللحظة t وهو يساوي في اللحظة t=0 أي لحظة دخول الشرائح إلى جهاز الديفزيون.



الشكل ( ) مخطط عملية الانتشار باستخدام تيار معاكس .

$$C - c = C_2 - c_2$$

تنتقل خلال عملية الانتشار مجموعة من المواد اللاسكرية (بنسب مختلفة من محتواها الكلي) إلى الوسط المائي مثل :

- الأزوت الكلي وأكسيد الصوديوم والبوتاسيوم : ٦٠ – ٧٠ %.
- المركبات الأزوتية ذات المنشأ الأميني : ٩٥ %.
- أكسيد الكالسيوم : ١٠ %.
- خامس أكسيد الفوسفور : ٧٥ – ٨٠ %.
- البروتين (من الخلايا المخربة) : ٣٠ % .

أما مكونات الخلية الأخرى فتبقى داخل الخلايا وتطرح مع التفل ، مما يعني أن نقاوة عصير الديفزيون أعلى من نقاوة العصير الخلوي ، ويعبر عن انخفاض تركيز المواد اللاسكرية في عصير الديفزيون مقارنة مع العصير الخلوي بفعالية التقنية أو مردود التنقية E الذي يحدد بالعلاقة التالية (ويكون عادة ١٠ – ١٥ % :

$$E = 100 - \left[1 - \frac{(100 - Q_2)Q_1}{(100 - Q_1)Q_2} \right] \qquad (24)$$

حيث : Q_1 – نقاوة العصير الخلوي ، Q_2 – نقاوة عصير الديفزيون .

– أجهزة الديفزيون المستمرة :

تصنف أجهزة الديفزيون المستمرة حسب توضّعها إلى ثلاثة أنواع :

١– أجهزة الديفزيون العمودية :

مثل جهاز BMA (ألمانيا) – KDA (الاتحاد السوفيتي سابقاً) – أوليّ Olier

(فرنسا) – Buckau-Wolf (ألمانيا) .

٢- أجهزة الديفزيون الأفقية :

مثل RDA (الاتحاد السوفيتي سابقاً) . RT5 و RT4 و RT2 (فرنسا وبلجيكا) .

٣- أجهزة الديفزيون المائلة :

مثل DDS (الدانمرك) – PDC و17-C(الاتحاد السوفيتي سابقاً) ، KDP (تشيكوسلوفاكيا سابقا) .

في معامل القطر العربي السوري تستخدم أجهزة الديفزيون التالية :

١- **النوع العمودي** : أوليّ Olier في كل من معملي سكر حمص والغاب .

٢- **النوع المائل** :DDS (الدانمرك) في معمل سكر عدرا (تم نقله إلى شركة سكر حمص)، 2KDP (تشيكوسلوفاكيا) في معمل سكر دير الزور وتم توقيع عقد استبدالها مع شركة DDS.

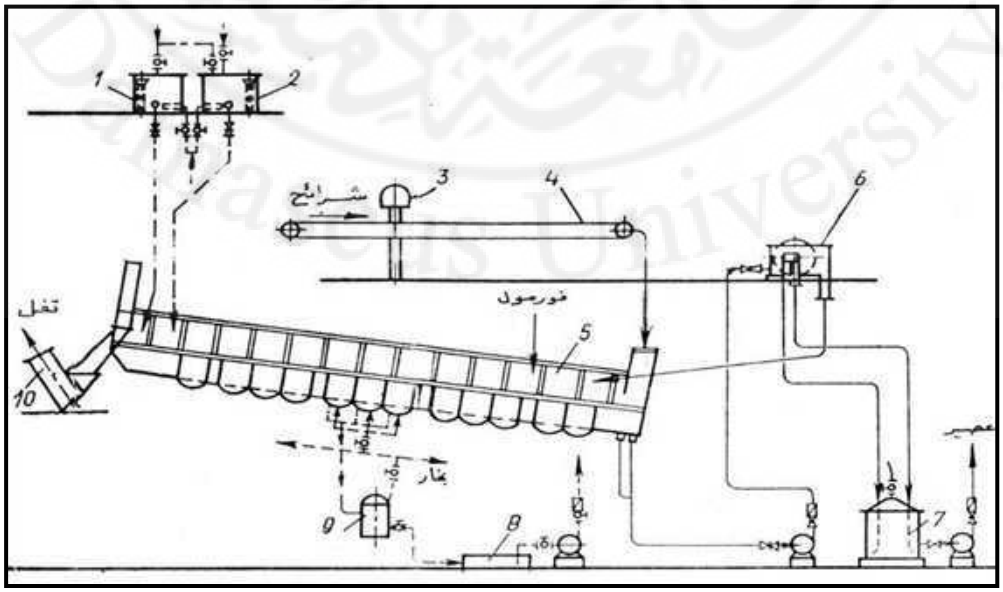
٣- **النوع الأفقي** :RT4 (بلجيكا) في معملي سكر مسكنة والرقة ، 2RT2 في معمل سكر تل سلحب .

جهاز الديفزيون من نوع DDS :

يوضح الشكل ( )عمل جهاز الاستخلاص المائل من نوع DDS حيث :

١- خزان المياه المكثفة (المعالجة بغاز SO_2 / مسلفنة / عند الضرورة) .

٢- خزان ماء المكابس (مياه التفل) بعد المعالجة وتتراوح كميتها بنسبة ٥٠ – ٦٠ % من وزن الشوندر المصنع .



الشكل (.....) المخطط التكنولوجي لمحطة الديفزيون من نوع DDS.

٣- قبان الشرائح لتحديد كمية الشرائح المصنعة ، وتجدر الإشارة إلى أن وزن الشرائح أكبر من وزن الشوندر المصنع الصافي بسبب دخول قسم من الشوائب (الأجرام) إلى التصنيع ، إضافة إلى مياه الغسيل المتبقية على سطح الجذور والمياه الناتجة عن تكثف البخار المستخدم في تنظيف سكاكين قاطعات الجذور ، أي أن نسبة وزن الشرائح إلى وزن الشوندر الصافي أعلى من الواحد أو :

$$\frac{\text{وزن الشرائح}}{\text{وزن الشوندر الصافي}} = \frac{\text{حلاوة الشوندر المصنع الصافي}}{\text{حلاوة الشرائح}} > ١$$

٤- سير ناقل مطاطي (من الكاوتشوك) لنقل الشرائح إلى مدخل جهاز الديفزيون .

٥- جهازالاستخلاص المائل(الديفزيون المائل) DDS ، يضخ إليه الماء الصناعي أو المكثف إلى الحجرة الأخيرة ، بينما تضخ مياه النقل إلى الحجرة ما قبل الأخيرة ، نظراً لاحتوائها على نسبة من السكر للمحافظة على فرق تركيز ما بين الشرائح والوسط المحيط .

يضاف الفورمول(الفورم الدهيد ٣٧ % وزناً) بهدف التعقيم إلى الحجرة الثالثة من جهة دخول الشرائح على شكل جرعات دورية (جرعة كل ساعتين) ، وتسخن حجرات جهاز الديفزيون بالبخار الناتج عن الجسم الثاني للمباخر (الثالث أحياناً) للمحافظة على درجة حرارة مناسبة لعملية الاستخلاص (٧٠- ٧٦)° م دون تماس مباشر ما بين البخار والشرائح ، إلا أن مزج الشرائح الطازجة ذات الحرارة العادية في بداية الجهاز ، والسماح بالتالي للأحياء الدقيقة بالنمو ، مما يفسر سبب إضافة الفورمول (الفورم ألدهيد) إلى الثلث الأول من جهاز الديفزيون من جهة دخول الشرائح .

٦- مصفاة (مرشح) دوارة لالتقاط فتات الشرائح من العصير الناتج (عصير الديفزيون) وإعادتها إلى الحجرة الثانية من جهاز الديفزيون .

٧- خزان عصير الديفزيون .

٨- ٩- خزان المياه المكثفة

١٠- حلزون أو سير ناقل إبعاد التفل المطروح من الحجرة الأخيرة من جهاز الديفزيون إلى المكابس .

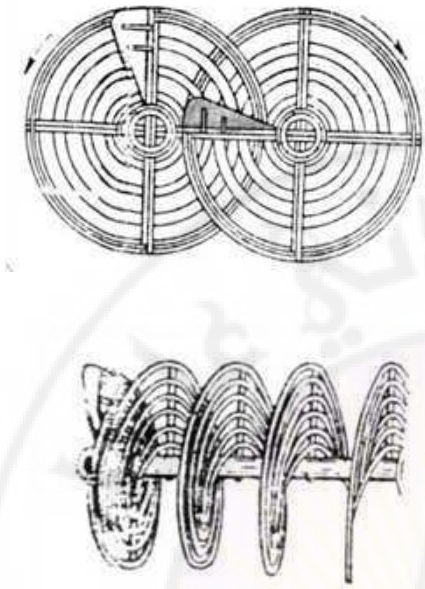
في داخل جهاز الديفزيون يدور حلزونان متداخلان بشكل متعاكس وبسرعة دوران واحدة (مصدر الحركة واحد) وكل حلزون يتألف من قسمين ، قسم علوي وآخر سفلي يرتبطان بمصدرين للحركة منفصلين مما يسمح بتشغيل كل قسم بشكل منفصل بسرعات دوران مختلفة ، لإعطاء مرونة في معالجة الانحرافات التي تطرأ على عمل الجهاز ، الشكل ( ). يزود جسم الجهاز من الداخل

كذلكبعوارض معدنية تمنع من دوران الشرائح مع دوران الحلزون .

من سلبيات هذا النوع من الأجهزة :

١- عدم إمكانية تسخين الشرائح عند دخولها إلى جهاز الديفزيون ، ويتم التسخين على حساب حرارة العصير .

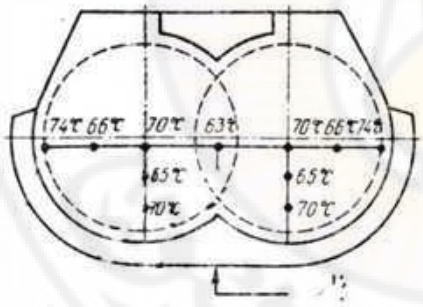
٢- عدم تجانس التوزع الحراري مما يتسبب في انخفاض درجة الحرارة في المنطقة الواقعة بين الحلزونين (منطقة التداخل) إلى٦٣ °م ،الشكل ( ) ، مما يسمح بنمو الأحياء الدقيقة فيها .



الشكل ( ) الحلزون في جهاز DDS.

لهذا صُممت مؤخراً أجهزة ديفزيون مائلة حلزوناها منفصلان ، وكل منهما يدور في أسطوانة خاصة به ، ولا توجد فيهما منطقة تداخل مما سمح بتوزع حراري متجانس داخل الجهاز.

الشروط المثلى لعمل جهاز الديفزيون DDS موضحة على النحو التالي :



الشكل ( ) التوزع الحراري في جهاز الديفزيون المائل ذي الحلزونين المتداخلين.

١- رقم سيلين : ١٥ – ١٨ م .

٢- نسبة السحب : ١٢٠ % .

٣- زمن الاستخلاص الفعال : ٦٠ دقيقة (الزمن الكلي ٩٠ دقيقة) .

٤- فاقد السكروز في التفل : ٠,٣ % كحد أعلى .

٥- درجات الحرارة في المحطة :

- عصير الديفزيون الناتج ٣٠ – ٤٠°م (pH = 6)

- التفل ٦٥ °م (نسبة التفل ٨٠ % من وزن الشوندر) .
- الماء الصناعي ٧٠°م (pH = 6) .
- مياه المكابس ٧٥°م .

٦- المادة الجافة للتفل الناتج : ٧,٢ % (بالنسبة لوزن التفل) .

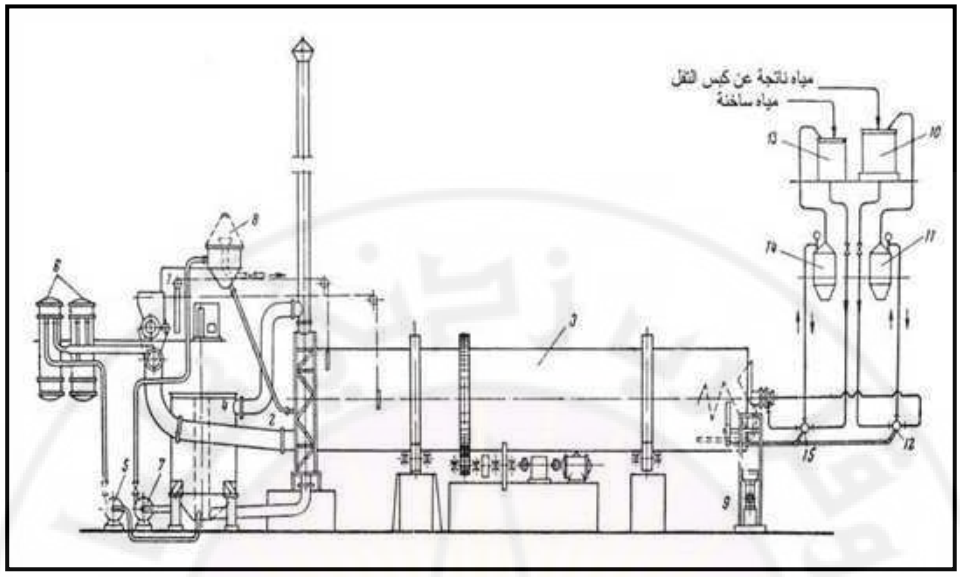
- **جهاز الديفزيون من نوع RT** : الشكل ( ).

هو عبارة عن جسم اسطواني دوار يتوضع أفقياً ، يتراوح عدد دوراته من ١٨وحتى ٣٢ دورة في الدقيقة (سرعة الدوران المثلى ٢٠ دورة/ دقيقة) ، ويتوضع داخل هذا الجسم الاسطواني الدوار شريط حلزوني عريض يقسم الجهاز إلى عدة حجرات (حوالي ٣٣ حجرة). الجزء الأوسط من الشريط الحلزوني العريض مُصمت ومُزود بحواف توجيه مائلة ، أما في الجزء الآخر فتوجد ثقوب على شكل شبكة معدنية ، الشكل ().

تنتقل الشرائح عند الدوران من حجرة لأخرى بواسطة الشريط الحلزوني ، ويساعد في ذلك حواف التوجيه المائلة ، أما المياه المستخدمة لعملية الاستخلاص فتنتقل بالاتجاه المعاكس ،الشكل ( ) .

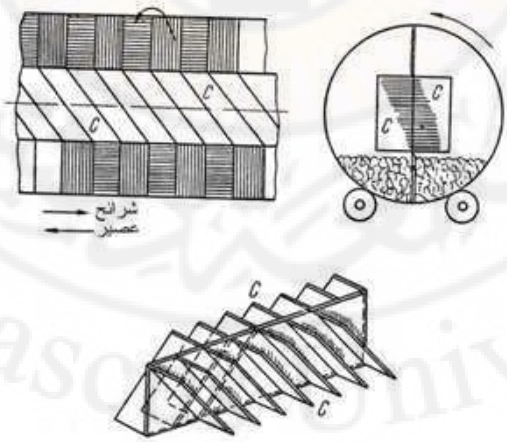
آلية عمل الجهاز :

تُنتقل شرائح الشوندر السكري بواسطة سير ناقل إلى مُسخن الشرائح (١) بعد مرورها على ميزان الشرائح ، وعبر الأنبوب (٢) ينتقل المزيج الساخن للشرائح والعصير إلى جهاز الديفزيون ، من عصير الديفزيون المتجمع في الخزان (٤) يُضخ حوالي ٤٠٠-٥٠٠% بالنسبة لوزن الشوندر السكري إلى مُسخن الشرائح (١) مروراً بالمبادلات الحرارية (٦) التي ترفع درجة حرارته إلى ٩٢ - °م .



١- مُسخن الشرائح ٢- أنبوب لنقل المزيج (شرائح +عصير) ٣- جهاز الديفزيون خزان ٥- مضخة عصير الديفزيون ٦- مبادلات حرارية ٧- مضخة مياه مكابس النقل ٨- لاقطة قطع الثقل الصغيرة ٩- نقاط استناد ١٠- خزان مياه مكابس الثقل ١١- منظم التغذية بمياه مكابس الثقل ١٢ و ١٥ صمامات ١٣- خزان المياه البارومترية ١٤- منظم التغذية بالمياه المكثفة(البارومترية).

الشكل ( ) جهاز الديفزيونRT مع ملحقاته .



الشكل( ) حركة الماء والعصير ضمن الجهاز .



الشكل ( ) جهاز RT-2 في شركات السكر .

يُضخ حوالي ١٢٠% من عصير الديفزيون إلى لاقطة قطع التفل الصغيرة ومنها إلى محطة التنقية ، أما الشرائح التي تم استخلاص السكروز منها (التفل) فتخرج من الحجرة الأخيرة وتنتقل إلى مكابس الثفل (٩) .

بعد التقاط قطع التفل الصغيرة من مياه المكابس يتم تسخينها وضخها إلى الخزان (١٠) ومن ثم تخضع لعملية التنقية وتعود إلى جهاز الديفزيون ، تتعرض المياه البارومترية قبل توجيهها إلى جهاز الديفزيون لعملية الكبرتة (المعالجة بغاز SO2) ومن ثم يتم تغذية جهاز الديفزيون بها من خلال ا لخزان (١٣) .

تتحرك الشرائح على طول الجهاز من حجرة لأخرى ويتم استخلاص السكروز منها بواسطة المياه (البارومترية والمياه الناتجة عن مكابس التفل) التي يتم تغذية الجهاز بها من الجهة المعاكسة لجهة التغذية بالشرائح (أي من مؤخرة الجهاز) .

يوجد في الوقت الحاضر أجهزة من هذا النوع ذات طاقات إنتاجية مختلفة وتتراوح من ٢ وحتى ١٢ ألف طن شوندر يومياً .

نبين فيما يلي بعض المؤشرات التكنولوجية لعمل هذا الجهاز والتي تم الحصول عليها من خلال عمل جهاز RT ذو طاقة إنتاجية يومية ٩ آلاف طن شوندر خلال موسم كامل في فرنسا دون استخدام الفورمول (الفورم ألدهيد)وكان وسطي حلاوة الشوندر المُصنع ١٦,٧ % خلال تلك الفترة :

- رقم سيلين : ١٥-١٦ م .
- زمن عبور (مرور) الشرائح في الجهاز : ٧٢ دقيقة .

- زمن مرور(عبور) العصير : ٣٦ دقيقة .
- درجة حرارة المزيج (شرائح +عصير) : ٧٤-٧٦°م .
- pH - العصير ضمن الجهاز : ٥,٩-٦,٤ .
- درجة حرارة المياه البارومترية : ٦٥°م .
- درجة حرارة مياه مكابس التفل : ٨٥°م .
- نقاوة عصير الديفزيون : ٨٩,٥ % .

- **العوامل المؤثرة في عملية الاستخلاص :**

تؤثر في عملية الاستخلاص عوامل عديدة من أهمها : نوعية الشرائح ، درجة الحرارة ، نسبة السحب ، زمن الاستخلاص ، نوعية المياه المستخدمة ، النشاط الميكروبيولوجي وقطع التفل الصغيرة .

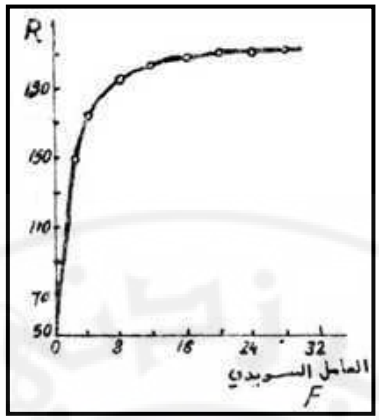
١- نوعية الشرائح :

لنوعية الشرائح (من حيث السماكة ، والشكل الهندسي ، والحالة الفيزيائية والتجانس ، ونسبة العيوب الصناعية للشرائح ودرجة الحرارة) أثر كبير في عملية الاستخلاص ، فكلما كانت الشرائح رقيقة ،كانت مساحة الانتشار والاستخلاص كبيرة وكان الطريق الذي تسلكه جزيئات السكاروز قصيرا وبالتالي كانت نسبة الفقد والضياع في السكاروز قليلة ، ويعد أثر الشرائح الأقصر من (١) سم هو الأكثر سلبية على نفوذية المزيج (الشرائح + العصير) حيث تتوضع بين الشرائح العائمة وتزيد من مقاومتها للنفوذية ويعبر عن ذلك بالعامل السويدي .

انما تمتاز الشرائح الرقيقة جدا بمرونتها الضعيفة مما يؤثر في حركتها داخل جهاز الاستخلاص وبالتالي يؤدي الى ترسبها في قاعه مشكلة ما يسمى ظاهرة السدادة والتي من اسبابها :١- احتراق شرائح الشوندر داخل الجهاز.

٢-نوعية الشرائح سيئة (الشرائح لاتنتقل ضمن حجرات جهاز الاستخلاص وانما تبقى في مكانها. ويتم معالجة هذه الظاهرة بتغير سكاكين التقطيع وزيادة سماكة شرائح الشوندر مع التقليل من تغذيدة الجهاز بشرائح الشوندر وتنظيم درجة الحرارة داخل جهاز الاستخلاص ، تستخدم حاليا في جميع شركات السكر الشرائح ذات الشكل الصفائحي

يوضح الشكل (...) علاقة نفوذية الوسط R (R كغ من العصير خلال ٣٠ دقيقة) والعامل السويدي F .



الشكل (...) العلاقة بين R والعامل السويدي

٢- درجة الحرارة :

تتعلق نفوذية الخلية بنفوذية الجدار البكتوسيللوزي ، والغشاء السيتوبلازمي ، والسيتوبلازما ، والجدار المحيط بالفجوات ، الشكل (.....)، يمتاز الغشاء السيتوبلازمي والجدار المحيط بالفجوات بخاصية النصف نفوذية ، ولا يسمحان بمرور السكروز إلى خارج الخلية ، لهذا لابد من تخريبها بالحرارة

(٦٠-٧٠)° م ،بحيث يتم الانتشار من الوسط العالي التركيز (الخلية) إلى الوسط المائي المحيط ، غير أن رفع درجة الحرارة إلى أعلى من ٧٦°م يؤدي إلى تفكك المواد البكتينية ، وانحلالها في الماء وانتقالها إلى العصير (ارتفاع نسبة المواد اللاسكرية وانخفاض النقاوة) ، إضافة إلى تفكك السكروز في درجات الحرارة المرتفعة، وفقدان الشرائح لمرونتها وصعوبة حركتها .

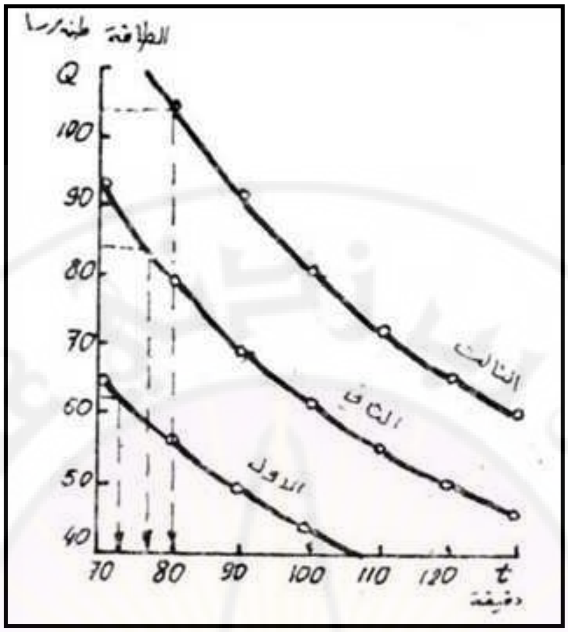
- زمن الاستخلاص :

إن إطالة زمن الاستخلاص تزيد من كمية السكروز المنتقلة إلى العصير ، وخفض نسبة الفاقد في التفل ، إلا أن بقاء الشرائح في وسط مرتفع الحرارة (٧٠-٧٦)° م يؤدي إلى تفكك المواد البكتينية وانتقالها إلى العصير ، ويؤدي كذلك إلى تخفيض نسبة الانتفاع من الطاقة التصميمية ، الشكل ( ) يبين علاقة نسبة الانتفاع من الطاقة التصميمية بزمن الاستخلاص بالنسبة لثلاثة أجهزة مختلفة الطاقة التصنيعية التصميمية :

-طاقة الجهاز الأول – ١٥٠٠ طن شوندر / اليوم

-طاقة الجهاز الثاني – ٢٠٠٠ طن شوندر / اليوم

-طاقة الجهاز الثالث – ٢٥٠٠ طن شوندر / اليوم .



الشكل ( ) علاقة الطاقة بزمن الاستخلاص .

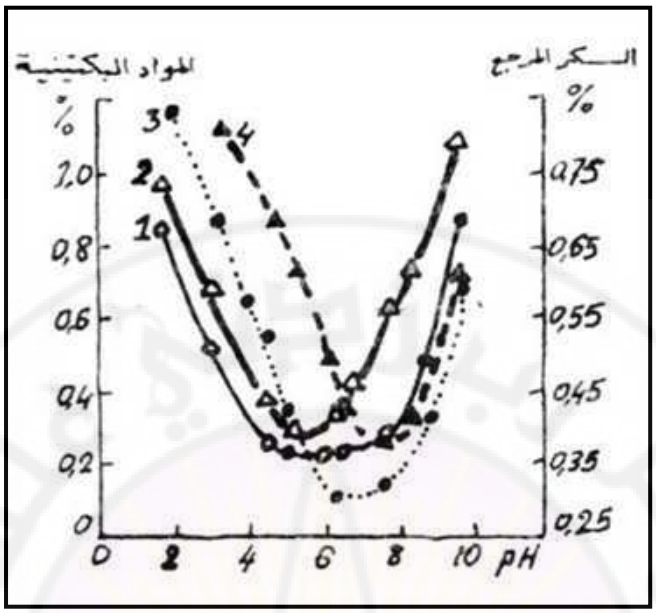
٣- درجة الحموضة pH ونوعية المياه :

يستخدم في عملية الاستخلاص ماء قليل الحموضة النظيف اما الماء القلوي والحامضي فلا يستخدمان في عملية الاستخلاص وذلك لانه يؤثر في قابلية انحلال المواد البكتينية ويعمل على زيادتها مما يؤثر في نوعيدة العصير المستخلص وفي عملية تنقيته مؤديا الى انخفسرعة الترقيد وزيادة حجم المواد المترسبة اثناء عملية ترشيح العصير .

تاثيردرجة حموضة الوسط pH :

تتعلق قيمة pH الوسط بالدرجة الأولى بنوعية الشوندر السكري المصنع ، وتقع في المجال ٦,٢ – ٦,٥ للشوندر الجيد. ويؤدي انخفاض قيمة pH إلى انحلال المواد البكتينية وانتقالها إلى العصير وتفكك السكاروز .

يوضح الشكل (....) أثر الـ pH في نسبة المواد البكتينية المنحلة المنحني(١ ، ٢) ، وعلى نسبة السكر المرجع ،



الشكل (.....)علاقة نسبة المواد البكتينية والسكر المرجع والـ pH بالنسبة لنوعين من المياه .

(المنحني ٣ ، ٤) بالنسبة لنوعين من المياه : النوع الأول لمياه طبيعية الخط البياني (١ ، ٣) والنوع الثاني لمياه معالجة تم تخليصها من الأملاح المعدنية الخط البياني (٢ ، ٤) ، ويتبين من الشكل أن مجال الـ pH الأفضل والأمثل المقابل لحد أدنى من المواد البكتينية والسكر المرجع هو ٥,٨ – ٦,٥ ، لهذا تتم عملية معالجة المياه المستخدمة بغاز SO_2 إلى هذه القيمة .

٤ –كمية المياه:

أما بالنسبة لكمية المياه التي تضاف إلى جهاز الاستخلاص ، فكلما كانت أكبر كلما تمت عملية الاستخلاص بشكل أفضل بسبب فرق التركيز ، إلا أن العامل الاقتصادي لا يسمح بتمديد العصير إلى تركيز أدنى ، بسبب الحاجة إلى كمية أكبر من الطاقة لتبخير هذه الكمية الإضافية من الماء .

إن نسبة السحب تتراوح في المجال من ١١٠ – ١٣٠ % تبعاً لنوع جهاز الديفزيون ، ويمكن حسابها عملياً على النحو التالي :

يتم حساب كمية المياه المستهلكة في جهاز الديفزيون على أساس ١٠٠ كغ شوندر استناداً للموازنة المادية ضمن جهاز الديفزيون وفق التالي :

كمية المواد الداخلة = كمية المواد الخارجة

شرائح + ماء = عصير الديفزيون + تفل

لنفرض أن جهاز الديفزيون المستخدم هو من نوع RT ونسبة السحب ١٢٠ % بالنسبة لوزن الشوندر ، وكمية التفل الرطب الناتج هي ٨٤ كغ لكل ١٠٠ كغ شوندر الجدول( ) فيكون :

$$٨٤ + ١٢٠ = X + ١٠٠$$

كمية المياه اللازمة لعملية الاستخلاص :

X = ١٠٤ كغ أو ١٠٤ ليتر لكل ١٠٠ كغ شوندر .

تعتبر هذه الكمية كبيرة ، وللاقتصاد في استهلاك الماء للعملية التصنيعية في مصنع السكر، ولخفض الفاقد من السكر في عملية الاستخلاص ، يتم إعادة المياه الناتجة عن كبس التفل (باعتبار أن هذه المياه تحتوي على كمية من السكر) بعد معالجتها .

٥-نشاط الأحياء الدقيقة :

تشكل شرائح الشوندر والعصير السكري وسطا جيدا لنشاط الاحياء الدقيقة ،فاذا تمت عملية استخلاص السكاروز بالشروط المثلى لعمل جهاز الاستخلاص فعندها لاتتكاثر الاحياء الدقيقة ويكون الفقد والضياع في السكاروز محدود ولا يتجاوز ٠,١٣ %من وزن الشوندر ، اما اذا كانت الظروف ملائمة لنشاط الاحياء الدقيقة وتكاثرها فيمكن ان يصل افقد في السكاروز الى ٥. %من وزن الشوندر . وقد اثبتت الدراسات ان ارتفاع نسبة الفاقد في السكاروز يؤثر بشكل سلبي في فاعلية التصنيع وعمل اجهزة الاستخلاص وذلك لان كل ٠,١ % من السكاروز الضائع يؤدي الى انخفاض مردود السكر بنحو ٠,٢ -٠,٢٥ %من وزن الشوندر، ويعود السبب في ذلك اللى تشكل مواد تساهم في رفع نسبة المولاس التشكل في نهاية عملية تصنيع الشوندر (حمض الليمون- حمض الخل – المواد العاتمة وغيرها)

إن مصدر الأحياء الدقيقة التي تصل إلى محطة الديفزيون وتلعب دوراً سلبياً فقط هو جذر الشوندر السكري ، والأتربة المتبقية ، ومياه النقل والغسيل ، فإن أولى المهام التي يفترض القيام بها لمكافحة النشاط الميكروبيولوجي ، هي الحفاظ على المجال الحراري غير المناسب لنمو الأحياء الدقيقة في جهاز الديفزيون (٧٠ – ٧٦) °م ، ومعالجة المياه المستخدمة في هذه المحطة .

ومن أهم أنواع البكتريا والخمائر التي تصادف في عصير الديفزيون :

- Lactobacterium breve
- Escherichia coli
- Bacillus subtlilis
- Leuconostoc
- خمائر Candida , Sacch .cervisiae

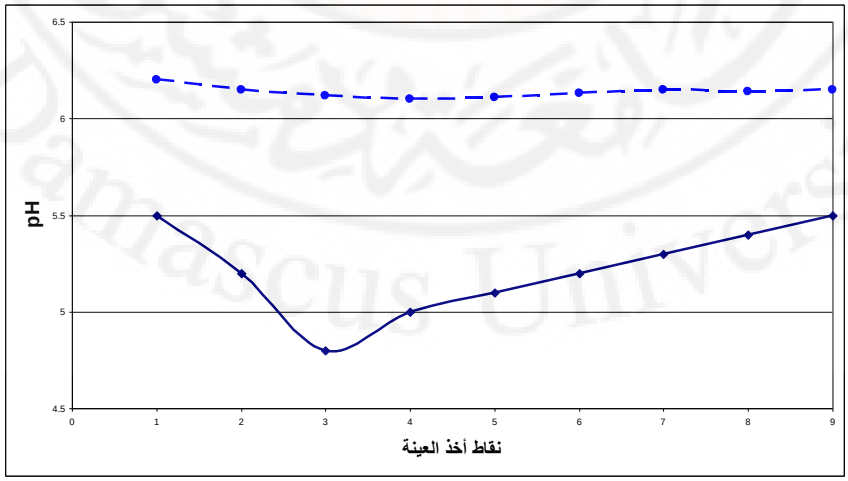
وتقوم العصيات اللبنية بتحويل السكروز إلى ديكستران ، وإنتاج الحموض العضوية والغازات (CO_2 , H_2 , CH_4) ، فتنخفض درجة الـ pH وتزداد اللزوجة ، وبكتريا أخرى إضافة للعصيات

اللبنية ، تقوم بتحويل السكروز إلى ليفان (سكر معقد) ، يعيق عملية التصفية كالديكستران بتشكيله طبقة صمغية على سطوح المصافي ، أما Escherichia Coli فتحول السكروز إلى حموض عضوية وغازات تتجمع في أجهزة الديفزيون مشكلة خطر الانفجار خصوصاً في الأجهزة المغلقة .

تنمو الميكروبات المحبة للحرارة بدرجة الحرارة (٥٠-٧٠) °م وتعد بكتريا Bacillus stearothermophiles من أكثرها مصادفة في أجهزة الديفزيون في هذه الشروط ، وهي بكتريا هوائية ، مشكلة للأبواغ ، متحركة ، طول عصياتها من ٣ إلى ٤ ميكرون ، وقطرها ١ ميكرون وأبواغها اهليلجية الشكل تتحمل درجة حرارة مرتفعة تصل إلى ١٢٠ °م لمدة ٧٥ دقيقة ، وتعد الميكروبات المحبة للحرارة من الميكروبات النشيطة بيوكيميائياً ، وتحدث تغييرات هامة في الوسط خلال مدة قصيرة ، وتقوم هذه الميكروبات بتحويل السكروز إلى حمض اللبن محدثة انخفاض درجة الـ pH ، وارتفاع تركيز السكر المرجع . وتعد الاحياء الدقيقة الواردة مع مياه التفل من أكثرها ضرراً ، بسبب تكيفها مع شروط عمل أجهزة الاستخلاص (الديفزيون) ومقاومتها للمواد المعقمة التي تضاف أثناء عملية الاستخلاص .

ويمكن تحديد مكان ودرجة الإصابة بالتلوث الميكروبيولوجي من خلال تحديد درجة الـ pH في مختلف حجرات جهاز الديفزيون ، حيث يشير انخفاض الـ pH إلى مكان الإصابة ، الشكل (...) (الحجرة – ٣) لهذا يضاف الفورمول (الفورم ألدهيد)على شكل جرعات دورية (١٠ – ٣٠ ليتراً لكل ١٠٠طن شوندر) ، مع الإشارة إلى أن استخدام مياه مكبرتة(معالجة بغاز SO_2) يخفض من مواصفات الفورمول التعقيمية .

تتشكل الرغوة في جهاز الديفزيون نتيجة لنشاط الميكروبيولوجي، ولوجود مادة السابونين في خلايا الشوندر السكري مسببة مشاكل إنتاجية عديدة .



بعد إضافة الفورمول ... وقبل إضافة الفورمول ـ

الشكل ( ) تغير قيمة درجة حموضة الوسط pH في جهاز الديفزيون.

يتم إطفاء الرغوة باستخدام مواد خاصة تسمى مانعات (مضادات) الرغوة . ومن أرخص مانعات الرغوة المستخدمة صناعياً مزيج ١٠% من السوبستوك (ناتج ثانوي لصناعة الزيوت) و ٨٩ % ماء و ١ % من الصابون الشعبي ، الذي يحضر بدرجة الحرارة ٨٠ °م مع التدوير ، وفي السنوات الأخيرة استخدمت مانعات رغوة سيلكونية رخيصة الثمن واستهلاكها منخفض ، ولا تترك أثراً على بلورات السكر ، وهي عديمة الرائحة ، وقابلة للاستهلاك البشري ضمن الجرعات المستخدمة .

٦- قطع التفل الصغيرة :

لمنع خروج التفل من جهاز الاستخلاص مع العصير تركب شبكة معدنية عند المخرج ، بثقوب ١,٢ – ١,٥مم ، تسمح بمرور العصير فقط ، إلا أن هذه الشبكة لا تمنع مرور فتات الشرائح (غال ٥ – ٢٠) التي تتألف مادتها الجافة من مواد بكتينية بشكل رئيسي (٥٠ %) تتحمله في محطة التنقية وتزيد اللزوجة وتشكل مع الكلس رواسب يصعب فصلها أثناء عمليات الترشيح والتصفية ، يبين الجدول ( ) أثر وجود قطع تفل الشوندر الصغيرة في عصير الديفزيون على مواصفات العصيرالشوندري .

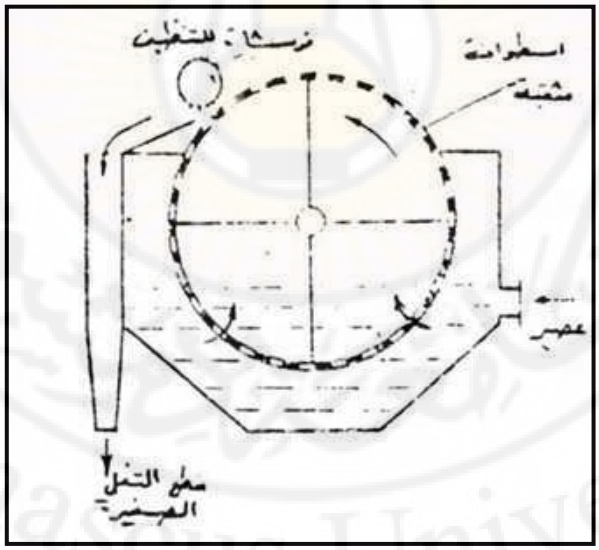
الجدول( ) تاثير تفل الشوندر في عصير الديفزيون.

نسبة الفتات غال	مواصفات العصير					
	النقاوة %	مردود التنقية %	(%) بالنسبة للمادة الجافة			
			إنفرت	مواد غروية	مواد بكتينية	أملاح الكالسيوم
٠	٩٠,٦	٣٥,٢	٠,١٦	١,٣٤	٠,٠٤	٠,٠٢٥
١	٩٠,٤	٣٣,٦	٠,١٦	١,٤٠	٠,٠٤	٠,٠٤٥
٣	٩٠,١	٣١,٤	٠,١٦	١,٥٢	٠,٠٨	٠,٠٥
٥	٨٩,٧	٢٩,٣	٠,١٦	١,٩٢	٠,١٤	٠,٠٥٥
١٠	٨٩,٣	٢٥,٢	٠,١٦	٢,٨٤	٠,١٧	٠,٠٨٠
٢٠	٨٩,٢	٢٤,٤	٠,٢٤	٣,٣٧	٠,١٧	٠,٠٩٠

لهذا يفضل فصل هذه القطع وعدم إعادتها إلى جهاز الديفزيون ، وإن أعيدت فتعاد إلى الحجرة الثانية ، ولفصل هذه القطع الصغيرة من الشرائح تستخدم شبكات معدنية قوسية ، الشكل ( )، أو أسطوانية دوارة ، الشكل ( ) .



الشكل ( ) الشبكة القوسية.



الشكل ( ) الشبكة الأسطوانية الدوارة.

يبين الجدول ( ) تأثير مختلف العوامل المختلفة قي عملية استخلاص السكر وانتقال المواد البكتينية من خلايا الشوندر السكري إلى العصير .

الجدول ( ) تأثير العوامل المختلفة في عملية استخلاص السكر وانتقال المواد البكتينية .

العامل	استخلاص السكر	انتقال المواد البكتينية
السحب	+	-
زمن الاستخلاص	+	+
طول الشرائح	+ +	-
درجة الحرارة °C	+	+

ملاحظة : إشارة + تعني تأثير إيجابي ، وإشارة – تعني عدم التأثير .

يبين الجدول ( ) التركيب الوسطي لعصير الديفزيون مقارنة مع التركيب الوسطي للشوندر السكري المُصنع والتفل الرطب الناتج مقدراً بالنسبة المئوية لوزن المنتج .

الجدول( ) : التركيب الوسطي لعصير الديفزيون مُقارنة مع التركيب الوسطي للشوندر المُصنع والتفل الرطب .

اسم المركب	في الشوندر %	في عصير الديفزيون%	في التفل%
سكروز	17.5	15.0	0.2
مواد بكتينية غير منحلة	2.4	–	2.6
مواد بكتينية منحلة	0.1	0.1	–
سيللوز وهيمي سيللوز	2.3	–	2.5
مواد آزوتية	0.5	0.5	–
مواد غير آزوتية	0.9	0.8	0.1
الرماد	0.6	0.4	0.2
المجموع	24.3	16.8	6.2

٣



الشكل ( ) حركة الشوندر السكري داخل المصنع .

الفصل الرابع

تنقية عصير الشوندر

- **انحلال لبن الكلس في المحاليل السكرية – طريقة الحصول على لبن الكلس :**
- **التكليس الأولي :**
- **التكليس الرئيسي :**
- **الكربنة الأولى :**
- **الكربنة الثانية :**
- **الكبرتة (السلفنة):**
- **التصفية والترشيح والتركيب الكيميائي لعصير الشوندر بعد التنقية :**

. أهمية التنقية لعصير الديفزيون :

ينتقل بعد عملية الاستخلاص النسبة العظمى من السكروز وحوالي ٩٠% من المواد غير السكرية ، اضافة الى قسم تنقية العصير يحتوي عصير الديفزيون على كمية كبيرة من المواد غير السكرية إضافة إلى السكروز مثل : المواد البكتينية والمواد البروتينية المنحلة ونواتج تفككها ، السكريات المرجعة ، الحموض الأمينية والأميدات ، الأسس الأزوتية الضعيفة ، وأملاح الحموض العضوية والمعدنية ، وهذه المواد غير السكرية كانت موجودة أساساً في الشوندر ، وانتقل منها حوالي ٧٠–٨٠ % إلى العصير ، و للحصول على السكر الأبيض من هذا العصير الخام يتطلب الأمر إما ترسيب السكروز أو تنقية هذا العصير ، إلا أن ترسيب السكروز ومن ثم الحصول على السكر الأبيض طريقة غير عملية ولم تُستخدم في المجال الصناعي .

تعود ضرورة إجراء عملية التنقية لعصير الديفزيون إلى الأسباب التالية :

- يحتوي عصير الديفزيون على كمية كبيرة من المواد الغروية ، وتتخثر البروتينات الموجودة في العصير عند التسخين ، فإذا لم تتم عملية التنقية ، فإن جزيئات هذه المواد ونواتج تفككها ستلتصق بالبلورات ، وقد تدخل ضمن الشبكة البلورية للسكروز ، نظراً لصعوبة التخلص منها أثناء عمليات التصفية .
- تفكك السكروز إلى مكونيه الغلوكوز والفركتوز في الوسط الحمضي كون حموضة عصير الديفزيون تقع في المجال الحمضي pH =(6.5-5.8) ، مما يؤدي إلى فاقدٍ كبيرٍ في مردود السكر، لهذا فإن الغاية الأولى من إضافة لبن الكلس $Ca(OH)_2$ هي تعديل حموضة العصير .

- التخفيف من لون العصير حيث يتميز عصير الديفزيون بلون رصاصي قاتم أو قريب من الأسود ، ومن الصعب جداً الحصول على سكر أبيض منه مباشرة دون معالجة .

يحتوي عصير الديفزيون على مواد منحلة (١٥ – ٢٠)% مادة جافة ، تختلف في طبيعتها وتركيبها ، ويمكن تقسيمها إلى سكاروز ومواد غير سكرية (مواد بروتينية ، مواد بكتينية ، حموض أمينية ، أملاح وحموض عضوية ولا عضوية ، وسكاكر مرجعة) ، ونظراً لاختلاف المواصفات الكيميائية والفيزيائية للمواد اللاسكرية التي تعيق عملية التبلور ، يُستخدم في ترسيبها وفصلها مواداً عديدة منها :

إلا أنها تتفق من حيث المبدأ باستخدام أرخص وأسهل طريقة : معالجة العصير بالكلس في المرحلة الأولى (التكليس) ، ومن ثم معالجته بغاز ثائي أكسيد الكربون (الكربنة) .

المواد المستخدمة في التنقية

١ – انحلال لبن الكلس $Ca(OH)_2$ في المحاليل السكرية :

بهدف توضيح التفاعلات الفيزكيميائية التي تتم أثناء عملية التكليس ، لابد من بيان طبيعة التوازن الكيميائي للجُملة (سكروز + كلس + ماء) وعلاقة هذا التوازن بدرجة الحرارة وبنسب مكونات هذه الجُملة ، مع الإشارة إلى أن تأثير المواد اللاسكرية على طبيعة هذا التوازن قليل نسبياً ويمكن إهماله عند الدراسة .

إن تركيز ماءات الكالسيوم المنحلة في العصير هو أحد العوامل الأساسية التي تلعب دوراً هاماً في سرعة التفاعلات الفيزكيميائية الجارية ، ومن المعروف أن انحلال ماءات الكالسيوم يتناسب عكساً وارتفاع درجة الحرارة ، إلا أن انحلالها في المحاليل السكرية يكون أكبر من انحلالها في الماء النقي ، الجدول ( ).ويعود سبب ارتفاع نسبة انحلال ماءات الكالسيوم في المحاليل السكرية إلى تشكل سكرات الكالسيوم وفق الموازنة التالية :

الجدول ( ) قابليةانحلال ماءات الكالسيوم في المحاليل السكرية بدرجات حرارة مختلفة .

السكر في المحلول النقي %	انحلال ماءات الكالسيوم (%) بدرجة الحرارة : °م								
	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠

٠	٠,١٣٠	٠,١٢٤	٠,١١٤	٠,١٠٧	٠,٠٩٧	٠,٠٨٨	٠,٠٧٦	٠,٠٦٨	٠,٠٦٧
٥	٠,٦٤٢	٠,٥٨٠	٠,٣٨٩	٠,٢٦٨	٠,٢٠٧	٠,١٧٢	٠,١٣١	٠,١٠٩	٠,٠٩٢
١٠	١,٤٥٥	١,١٦٣	٠,٩٥٢	٠,٧٢٥	٠,٤٢٥	٠,٣٧٦	٠,٢٧٢	٠,١٨٥	٠,١١٠
١٥	٢,٣١٠	٢,٦٣٢	١,٩٢٣	١,٤٤٠	١,٠٥٢	٠,٧٢٣	٠,٥١٦	٠,٣٠٠	٠,١٦٤
٢٠	٤,٤٥٠	٣,٥٨١	٢,٩١٦	٢,٢٥٨	١,٦٨٠	١,١٧٤	٠,٧٢٨	٠,٥٢٣	٠,٣٦٠

$$Ca(OH)_2 + 2C_{12}H_{22}O_{11} \rightleftharpoons Ca(C_{12}H_{21}O_{11})_2 + 2H_2O$$

(في المحلول)

سكرات الكالسيوم

$\uparrow\downarrow$ $Ca(OH)_2$

(في الراسب)

يتضح من الموازنة السابقة أن الجُملة تتألف دائماً من سكروز وماء وكلس (ماءات الكالسيوم) وسكرات الكالسيوم ، وتتعلق نسب هذه المكونات بتراكيز الكلس والسكروز ودرجة الحرارة ، ويمكن أن نميز هنا نوعين من القلوية :

- القلوية الفعالة Effective Alkalinity :

وهي القلوية الناتجة عن ماءات الكالسيوم المنحلة في المحلول .

- القلوية الكلية Total Alkalinity :

وهي القلوية الناتجة عن ماءات الكالسيوم المنحلة ، وعن ماءات الكالسيوم الموجودة في المحلول بشكل سكرات الكالسيوم .

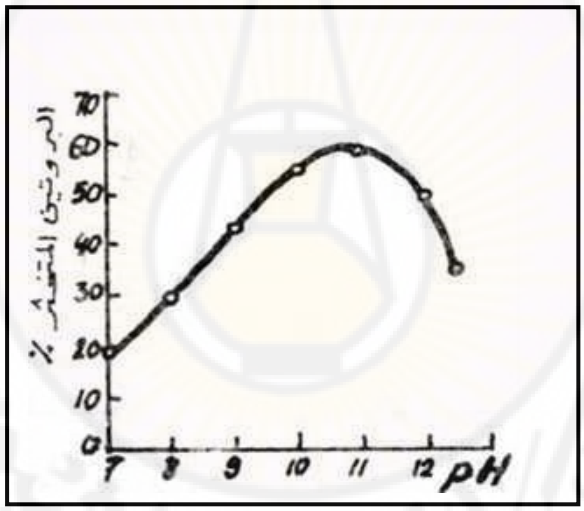
وتجدر الإشارة إلى أن رفع درجة حرارة محلول ماءات الكالسيوم من ٤٠°م إلى ٨٠ °م مثلاً يؤدي إلى ترسيب جزء من ماءات الكالسيوم ، إلا أن الكمية المنحلة في هذه الحالة تبقى أعلى من الكمية المنحلة مباشرة في الدرجة ٨٠° م ، ويعود ذلك إلى تشكل محلول فوق مشبع ، ويستفاد من هذه الخاصة بإتباع طريقة التكليس البارد (٤٠ – ٤٥)° م ، مما يضمن مضاعفة كمية ماءات

الكالسيوم المنحلة بـ ٢ – ٣ مرات .

٢– التكليس الأولي :

إن إضافة كمية قليلة من الكلس كمرحلة أولى إلى عصير الديفزيون ، تؤدي إلى تحسن في المؤشرات التكنولوجية لعملية التنقية ، حيث تتخثر المجموعات المختلفة من المواد الغروية حسب طبيعتها في مجالات مقابلة من قيمة pH الوسط ، والتخثر الأعظمي عند pH=(10.8-11.6-) ،الشكل ( ) يوضح علاقة نسبة البروتينات المتخثرة بقيمة pH الوسط .

تتراوح نسبة الكلس المضاف إلى عصير الديفزيون في التكليس الأولي بين٠,٢ – ٠,٣ % CaO من وزن الشوندر المصنع ، ولا ينصح بزيادة هذه النسبة تفادياً لانحلال الرواسب المتشكلة ، وعودتها إلى الحالة الغروية ، لهذا يضاف لبن الكلس على مرحلتين :



الشكل ( ) علاقة نسبة البروتين المتخثر بقيمة pH الوسط.

- **المرحلة الأولى – التكليس الأولي :**

يُضاف لبن الكلس بنسبة ٠,٢ – ٠,٣ CaO% من وزن الشوندر ، حيث ترتفع قيمة pH الوسط إلى ١٠,٨–١١,٦ ببطء وبالتدريج وتتخثر معظم المواد الغروية.

- **المرحلة الثانية – التكليس الرئيسي :**

يضاف لبن الكلس بنسبة ٢,٥ – ٢,٨ % CaO من وزن الشوندر فترتفع قيمة pH الوسط إلى ١٢,٢ – ١٢,٣ مما يتسبب في تفكيك القسم الأعظم من المواد اللاسكرية ، واستمرار عملية التخثر ، إضافة إلى تفاعلات تعديل وترسيب أملاح الكالسيوم .

- **المرحلة الأولى – التكليس الأولي :**

ويُميز نوعان من التكليس الأولي حسب **طريقة إضافة الكلس :**

١- **التكليس الأولي العادي :** ويتم بإضافة كامل كمية الكلس المطلوبة دفعة واحدة إلى عصير الديفزيون .

٢- **التكليس الأولي المتدرج :** ويتم بإضافة الكلس بشكل تدريجي إلى عصير الديفزيون خلال فترة ٢٠ – ٣٠ دقيقة ، فترتفع قيمة pH الوسط تدريجياً وببطء إلى القيمة المطلوبة مما يتيح الفرصة لكافة مجموعات المواد الغروية بالتخثر.

وحسب درجة الحرارة يمكن تمييز ثلاثة أنواع من التكليس الأولي :

١- **التكليس الأولي البارد :**

عند إجراء عملية التكليس الأولي بدرجة حرارة أدنى من ٥٠ °م .

٢- **التكليس الأولي الفاتر :**

عند إجراء عملية التكليس الأولي بدرجة حرارة ٥٠-٦٠°م .

٣- **التكليس الأولي الساخن :**

عند إجراء عملية التكليس الأولي بدرجة حرارة ٨٥-٩٠ °م .

يفضل استخدام التكليس الأولي البارد عند تصنيع شوندر متدني النوعية حيث تنخفض نسبة المواد الملونة ، وتترسب ببطء كل من المواد البروتينية والبكتينية ، وتكون نوعية الرواسب ثابتة وسهلة الفصل ، وهنا تكمن إيجابية التكليس البارد ، ليس في ترسيب المواد الغروية والمواد ذات الجزيئات الكبيرة فحسب بل في تحسين نوعية الراسب وثباته في شروط التصنيع اللاحقة ، أما عند تصنيع شوندر جيد النوعية فيفضل استخدام التكليس الأولي الساخن .

– التفاعلات الكيميائية :

- **تخثر وترسيب المواد اللاسكرية :**

تتخثر المواد الغروية والبروتينات في المجال الحمضي (pH_{20} = 3.5 - 4.2) حيث تتعدل شحنتها الكهربائية السالبة ، وتفقد ثباتها وتترسب على شكل مركبات كبيرة ، وتتخثر كذلك في المجال القلوي (pH_{20}=10.8 - 11.6) دون أن تتعدل الشحنة الكهربائية ، حيث تبقى الجزيئات حاملة للشحنة السالبة نتيجة لتشرد جزيئة البروتين على الشكل $R\text{-}CHNH_2\text{-}COO^-$ ، وتدخل بالتفاعل مع شاردة الكالسيوم مُشكلة مركبات غير منحلة ، إلا أن هذه الرواسب تعود للانحلال (التفاعل عكوس) في حال ارتفاع قيمة pH الوسط ، مع الإشارة إلى أنها تتمتع بخاصة الثبات نتيجة للارتفاع البطيء لقيمة pH الوسط في التكليس الأولي ، فتتكاثف ولا تدخل في التفاعل

العكوس عند رفع قيمة pH في مرحلة التكليس الرئيسي .

وفي مرحلة التكليس الأولي يتم تخثر وترسيب ٨٠ % من المواد الغروية والبروتينات أي بحدود ٣٠– ٤٠ % من المواد اللاسكرية الموجودة في عصير الديفزيون .

- **تعديل الحموض وترسيب أملاح الكالسيوم:**

تتفاعل شوارد الكالسيوم الموجودة في العصير مع الشوارد السالبة للحموض العضوية مثل حمض النمل ، حمض الخل ، حمض الحماض (حمض الأكزاليك) ، حمض التفاح (حمض الماليك)، حمض النبيذ (حمض الطرطريك)...الخ ، فتترسب على شكل أملاح الكالسيوم ، أما الحموض العضوية الأخرى (اللاأزوتية) والحموض الأمينية والبيتائين فتبقى في المحلول ، ومن الحموض المعدنية تترسب بشكل كامل شوارد الفوسفات (PO_4^{3-}) وجزئياً شوارد الكبريتات (SO_4^{2-}) . وعلى سبيل المثال تتفاعل شاردة الكالسيوم مع حمض الحماض أو حمض الأكزاليك الموجود في العصير بشكله الحر أو على شكل أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم أو غيرها :

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + Ca(OH)_2 = \begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} Ca \downarrow + 2\,H_2O$$

$$\begin{matrix} COOK \\ | \\ COOK \end{matrix} + Ca(OH)_2 = \begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} Ca \downarrow + 2\,KOH$$

أما الأملاح المعدنية فتترسب جزئياً في مرحلة التكليس الأولي ، وتستمر عملية ترسبها في مرحلة التكليس الرئيسي :

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + CaCl_2$$

$$2\,AlCl_2 + 3\,Ca(OH)_2 = Al(OH)_3 \downarrow + 3\,CaCl_2$$

إن الأساس المتشكل KOH أو NaOH يزيد من قلوية العصير ، ويتحول أثناء عملية الكربنة إلى K_2CO_3 أو Na_2CO_3 التي تعبر عن القلوية الطبيعية للعصير ، وعند تصنيع شوندر سيئ النوعية وغير ناضج تكون شوارد البوتاسيوم والصوديوم مرتبطة مع شرسبات لا تتفاعل مع شاردة الكالسيوم فتنعدم القلوية الطبيعية ، وأحياناً تأخذ قيماً سلبية .

– طرق التكليس الأولي :

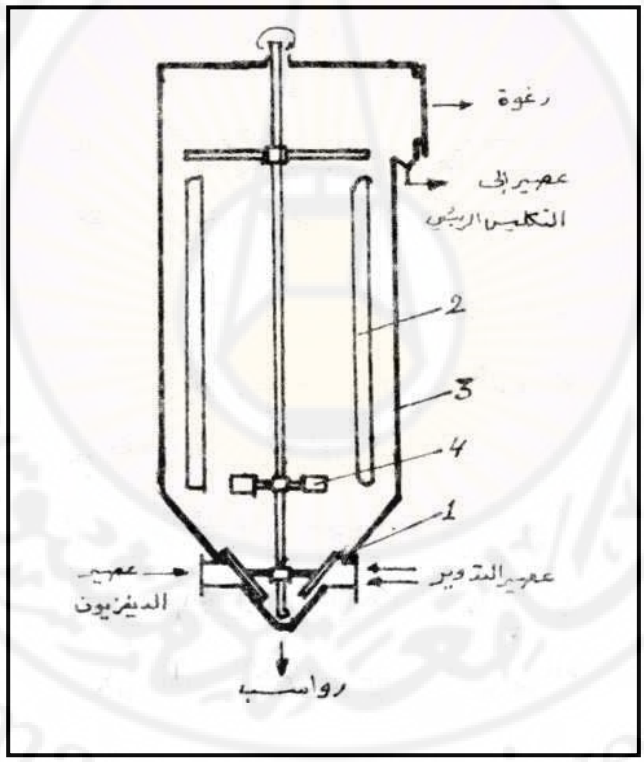
١ – التكليس الأولي العادي :

تتم عملية التكليس الأولي العادي بإضافة لبن الكلس دفعة واحدة إلى جهاز التكليس بدرجة حرارة (٨٥ – ٩٠)° م وتستمر مدة ١٠ – ١٥ دقيقة .

يُعاد إلى جهاز التكليس الأول ١٠٠ – ١٥٠ % من عصير الكربنة الأولي (بالنسبة لوزن الشوندر) و ١٥ – ٣٠ % من عصير التكليس الأساسي ، ويخلطان مع عصير الديفزيون ولبن الكلس لتشكيل عصير التكليس الأولي .

إن جزيئات الراسب $CaCO_3$ الموجودة في عصير الكربنة الأولى والتي تحمل الشحنة الموجبة ، تشكل مراكز تختثر لجزيئات المواد اللاسكرية التي تحمل الشحنة السالبة (المواد البكتينية والمواد الغروية والبروتينات) ، فيتم الحصول على راسب ذي جزيئات ضخمة يسهل فصله وترشيحه ، وكلما كانت كمية عصير الكربنة الأولى التي تعاد إلى جهاز التكليس الأولي أكبر ، كلما تم الترسيب بشكل أفضل ، إلا أن إبقاء العصير لفترة طويلة بدرجة حرارة مرتفعة يسيء إلى مؤشراته التكنولوجية .

جهاز التكليس الأولي الساخن عبارة عن اسطوانة عامودية (٣) – انظر الشكل رقم (٤-٢) – يدور به خلاط (٤) بسرعة ٧٥ دورة في الدقيقة ، وتزود نهايته بفرشاة لتنظيف الرواسب المتجمعة في أسفل الجهاز (١) .



الشكل ( ) جهاز التكليس الأولي الساخن .

لزيادة فعالية التخليط يتم تثبيت قطع معدنية (معترضة) على طول الجدار للحد من دوران العصير مع الخلاط .يدخل عصير الديفزيون كما هو مبين في الشكل من اليسار ومن الأسفل ، أما عصير التدوير (عصير الكربنة الأولى وعصير التكليس الرئيسي) فيدخل من الجهة المقابلة ، وتتم إضافة لبن الكلس في كلا الأنبوبين قبل أن يصبا في الجهاز. يتراوح زمن بقاء العصير بحالة

التخليط إلى حين خروجه من أعلى الجهاز ما بين ١٠ – ١٥ دقيقة .

في معملي سكر مسكنة والرقة تتبع طريقة أخرى في التكليس الأولي ، تعتمد على إعادة وتدوير العصير (نصف العكر) الناتج عن المصافي الجيبية بعد معالجته بغاز ثنائي أكسيد الكربون (فوق الكربنة) ، إلى خزان التكليس الأولي الذي يتألف من عدة حجرات ، يصب في حجرته الأولى من الأعلى عصير الديفزيون ، وبواسطة أنبوب يخترق الجهاز من الأسفل إلى الأعلى يدفع لبن الكلس ويصب في الحجرة الأولى ويخلط بشكل جيد ، أما عصير التدوير فيصب بإحدى الحجرات الثلاث الأولى التي تتقارب معه فيها قيمة pH الوسط .

٢ – التكليس الأولي المتدرج (البارد أو الفاتر) :

يمتاز التكليس الأولي المتدرج بإيجابيات عديدة من أهمها :

– انحلال كمية أكبر من ماءات الكالسيوم (نظراً لانخفاض درجة الحرارة).

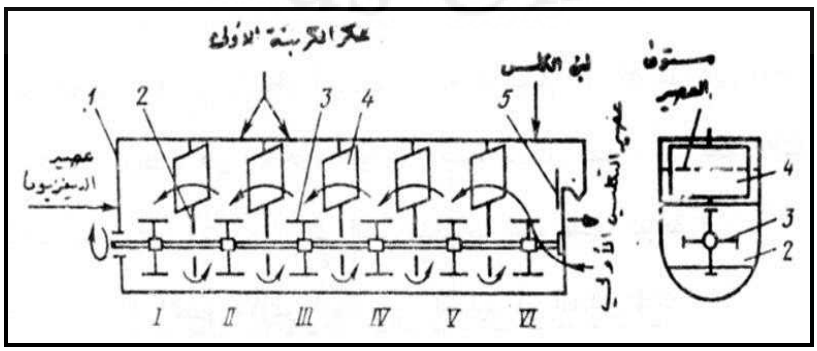
– الانتقال البطيء للـ pH عبر القيم ٥,٨ – ٧ – ٨ – ٩ – ١٠– ١١(فترة التكليس الأولي المتدرج ٢٠ – ٣٠ دقيقة) ، مما يضمن ترسيب كافة المواد الغروية ، وتكثيف الرواسب ، وسهولة فصلها .

– انخفاض فاقد السكر بسبب انخفاض درجة الحرارة .

– تنخفض درجة التلون إلى أقل بثلاث مرات مقارنة بالتكليس الساخن .

-عند التسخين السريع لعصير التكليس الأولي تبقى كمية ماءات الكالسيوم المنحلة أكبر بكثير من الكمية المنحلة في حالة التكليس الأولي الساخن ، مما يضمن شروط تكليس أفضل في مرحلة التكليس الرئيسي .

تُضاف إلى عصير التكليس الأولي البارد ماءات الكالسيوم بنسبة ٠,٢ – ٠,٣ % CaO (بالنسبة لوزن الشوندر) . وأفضل جهاز للتكليس البارد مستخدم حتى تاريخه هو جهاز بريغل – ميولر ، الشكل ( ) ، وهو عبارة عن وعاء أفقي مقعر (١) مقسم لحجرات ست ويدور فيه خلاط في القعر (٣) ويصب فيه لبن الكلس في الحجرة السادسة عند مخرج العصير . يتم انتقال لبن الكلس بداخل الجهاز على شكل تيار معاكس لعصير الديفزيون ، وبذلك ترتفع قيمة pH الوسط بشكل تدريجي بدءاً من الحجرة الأولى ، وانتهاء بالحجرة السادسة، الجدول ( ) .



١- جسم الجهاز ، ٢- جدران الحجرات ، ٣- أذرع الخلاط
٤- صفائح متحركة ، ٥- صفيحة للتحكم بمستوى العصير .

الشكل ( ) جهاز بريفل – ميولر للتكليس الأولي البارد

وحسب تطابق قيمة pH لعصير التدوير يعاد إلى الحجرة المناسبة (الثانية أو الثالثة أو الرابعة) .

الجدول ( ) درجة الpH في حجرات جهاز بريغل – ميولر

رقم الحجرة	I	II	III	IV	V	VI
pH	٧,٠- ٧,٢	٧,٨- ٨,٠	٨,٦- ٨,٨	٩,٤- ٩,٦	١٠,٢- ١٠,٤	١٠,٨- ١١,٦

٤-٣- التكليس الرئيسي:

يقصد بالتكليس الرئيسي عملية إضافة لبن الكلس (للمرة الثانية) إلى عصير التكليس الأولي لاستكمال تفاعلات التخثر والترسيب والحلمهة التي بدأت في التكليس الأولي ، وتُحدد الأهداف لهذه العملية على النحو التالي :

- تفكيك أميدات الحموض والحموض الأمينية وأملاح الأمونيوم .
- تفكيك المواد البكتينية والسكر المرجع .
- حلمهة الدهون .
- تأمين فائض من شوارد الكالسيوم في المحلول لإجراء عمليات الكربنة اللاحقة.

- التفاعلات الكيميائية :

آ – تفكيك أملاح الأمونيوم :

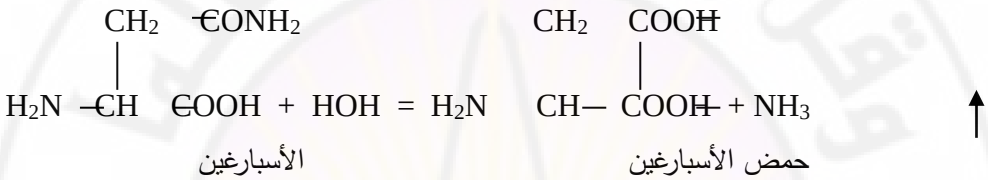
نتيجة لزيادة شوارد (OH^-) في عصير التكليس الرئيسي ، تتفكك أملاح الأمونيوم (كلور الأمونيوم NH_4Cl على سبيل المثال) مطلقة النشادر :

$$2\ NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2\ NH_4OH + CaCl_2$$

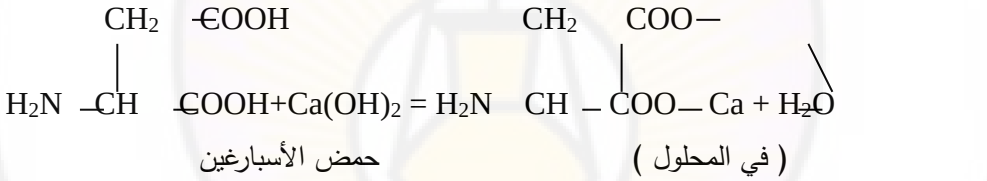
$$NH_4OH = H_2O + NH_3 \uparrow$$

ب– تفكيك أميدات الحموض :

(حمض الأسبارغين والأكزاليك على سبيل المثال) :

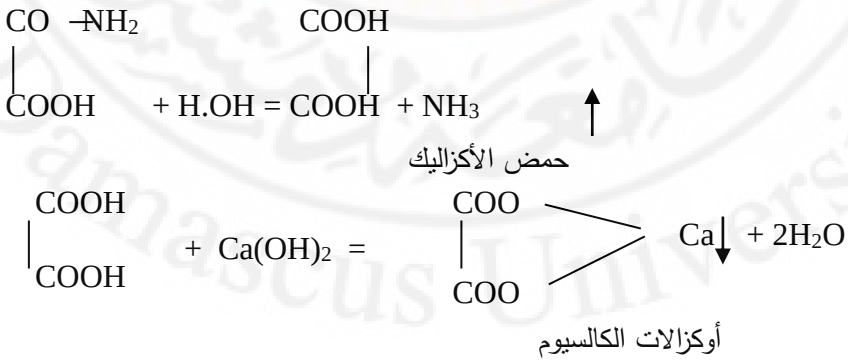


الأسبارغين حمض الأسبارغين



حمض الأسبارغين (في المحلول)

يلاحظ أن نسبة أملاح الكالسيوم في المحلول تزداد مسببة زيادة الفاقد في السكر وإعاقة التبلور .



حمض الأكزاليك

أوكزالات الكالسيوم

ج– االسكر المرجع :

يتفكك السكر المرجع في الوسط القلوي وتتشكل حموض عضوية مثل حمض اللبن ، النمل ، الخل وحموض أخرى ، وتتشكل المواد الملونة .

د- المواد البكتينية :

يلعب البكتين المنحل دور الحمض الضعيف ويتفاعل مع ماءات الكالسيوم المنحلة ويشكل راسباً يسهل فصله ، إلا أن بقاء البكتين فترة طويلة من الزمن في وسط قلوي مرتفع ، يؤدي إلى تفككه إلى كحول ميتيلي يتطاير أثناء عملية التبخير ، وحمض الخل الذي يتفاعل مع ماءات الكالسيوم ليشكل خلات الكالسيوم المنحلة ، وحمض البكتيك الذي يُشكل مع ماءات الكالسيوم راسباً جيلاتينياً يصعب فصله وترشيحه.

هـ- البروتينات والدهون :

تتفكك البروتينات جزئياً أثناء عملية التكليس الرئيسي مشكلةً البولي ببتيدات المنحلة ، أما الدهون والمواد الدسمة فتتحمله (تتصبن) مشكلة الغليسرين وأملاح كالسيوم غير منحلة .

مما سبق يتبين أن تركيب العصير بعد التكليس الرئيسي على النحو التالي :

العصير	سكروز ، أملاح الكالسيوم المنحلة ، KOH ، $Ca(OH)_2$.
الراسب	رواسب غروية ، أملاح كالسيوم ، $Ca(OH)_2$.

- أنواع وطرق التكليس الرئيسي :

يمكن إتباع عدة طرق للتكليس الرئيسي حسب نوعية الشوندر المصنع :

- عند تصنيع شوندر جيد النوعية : تستخدم طريقة التكليس الرئيسي الساخن بدرجة حرارة (٨٥ – ٩٠)° م وتستمر مدة التكليس ١٠ – ١٥ دقيقة .
- عند تصنيع شوندر متوسط النوعية : تستخدم طريقة التكليس الرئيسي البارد أو الفاتر أو الساخن بعد تكليس أولي بارد ، وفي حال استخدام طريقة التكليس الرئيسي البارد أو الفاتر (٤٠ –٦٠)° م تستمر عملية التكليس ١٥ – ٢٠ دقيقة ، وتضاف كامل كمية لبن الكلس في جهاز التكليس الرئيسي البارد ، وتُرفع درجة الحرارة إلى (٨٥ – ٩٠)° م في الخزان مع التخليط دون إضافة الكلس ، ويكون زمن التخليط في هذا الخزان بمثابة تكليس رئيسي ساخن دون أية إضافة للبن الكلس .
- عند تصنيع شوندر سيئ النوعية وفي الحالات القصوى تلجأ المعامل إلى اتباع طريقة التكليس والكربنة بآن واحد وبنفس الخزان .

- الكربنة الأولى:

يقصد بالكربنة الأولى مُعالجة عصير التكليس بغاز الكربنة (الإشباع) الذي يحتوي على ٣٠

– ٣٦ % غاز ثاني أكسيد الكربون وترسيب كربونات الكالسيوم على شكل بلورات ، ويتم إدمصاص (امتزاز) المواد الملونة والمواد اللاسكرية على سطحها . أي أن عملية الكربنة هي من النوع الكيميائي والفيزيائي تهدف إلى التخلص من ماءات الكالسيوم الفائضة (الجزء الأكبر منها موجود بشكل غير منحل) وخفض القلوية ، وترسيب بلورات كربونات الكالسيوم لتشكيل سطح إدمصاص (امتزاز) يساعد على التخلص من الشوائب المتبقية في العصير ، ولتشكيل سطح تصفية .

تنتهي عملية الكربنة الأولى عند انخفاض قيمة pH الوسط إلى pH مطابق لقيمة pH التكليس الأولي ، أما الاستمرار بانخفاض قيمة pH الوسط فيؤدي إلى تفكيك الرواسب وانحلالها ثانية في العصير .

– **التفاعلات الكيميائية :**

تتوفر في عصير التكليس كميات فائضة من ماءات الكالسيوم ، إلا أن الجزء المنحل منها ضئيل (لا تتجاوز نسبته ٠,٢ %) والجزء الأكبر موجود على شكل غير منحل ، وعند معالجة هذا العصير بغاز ثنائي أكسيد الكربون ينحل جزء منه مشكلاً حمض الكربون وفق التالي :

$$CO_2 \text{ (غاز)} \longrightarrow CO_2 \text{ (في المحلول)}$$

$$CO_2 \text{ (في المحلول)} + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

يتفاعل حمض الكربون مع ماءات الكالسيوم :

$$H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

إن عصير التكليس الرئيسي يحتوي بشكل منحل على حوالي ٠,٢٠% من $Ca(OH)_2$ ، لهذا تبدأ قلوية العصير بعد عملية الإشباع بالإنخفاض بسرعة حتى تصل إلى حوالي ٠,١٥% CaO .

المركب المتشكل في البداية من $CaCO_3$ هو عبارة عن مركب غروي مؤلف من $CaCO_3$ والسكروز وكمية فائضة من CaO . يمكن أن نُعبر عن هذا المركب بالصيغة العامة التالية :

$$(CaCO)_x \cdot (C_{12}H_{22}O_{11})_Y \cdot (CaO)_z$$

تتناقص قيمة Yو Z باستمرار عملية الكربنة ، والشكل الغروي لـ $CaCO_3$ يصبح أقل ثباتاً ويبدأ بالتحول إلى راسب فاقداً شكله الغروي تدريجياً هو $CaCO_3$ والذي لا يزال يحتوي على كمية قليلة من سُكرات الكالسيوم ، بعد ذلك يبدأ انتقال كميات جديدة من ماءات الكالسيوم من الحالة الراسبة إلى المحلول ،وتكون قلوية العصير في هذه المرحلة مرتفعة . فقط بعد تحول كامل كمية $Ca(OH)_2$ الموجودة على شكل محلول إلى راسب هو $CaCO_3$ أي في نهاية عملية الكربنة الأولى تبدأ عندها قلوية العصير بالإنخفاض ، ويصبح $CaCO_3$ المتشكل راسباً حقيقياً من السهل فصله عن طريق التصفية ، تنتهي عملية الكربنة الأولى عندما تتبقى كمية قليلة من $Ca(OH)_2$ ،

وتصبح قيمة pH العصير ١٠,٨÷١١,٥ . ويُمكن التعبير عن ذلك بالمخطط ( ) التالي:

$Ca/(OH)2 + H_2CO_3 - 2H_2O + Ca/CO_3$ محلول

⇑ ⇓

$Ca(OH)_2$ راسب $CaCO_3$ راسب

كما يوضح المخطط التالي توزع $Ca(OH)_2$ والمركبات القلوية الأخرى والسكروز وأملاح الكالسيوم .

العصير	$Ca(OH)_2$، KOH ، NaOH ، CaA_2 ، سكروز.
الراسب	$CaCO_3$ ، المواد غير السكرية المُمتزة ، CaA_2 ،المركبات الغروية.

وهكذا نرى أنه تتبقى في العصير بعد مرحلة الكربنة الأولى كمية قليلة من ماءات الكالسيوم حوالي(٠,٠٩ – ٠,١%) وكمية قليلة أيضا من أملاح الكالسيوم ، وبعض المركبات القلوية .

– طريقة الكربنة :

تتم عملية الكربنة في وعاء عامودي أسطواني الشكل ، قسمه العلوي ذو قطر أكبر ، صُمم خصيصاً لاستيعاب الرغوة المتشكلة في هذه المرحلة ، والتي يتم إطفاءها باستخدام مضادات الرغوة أو البخار الذي يدفع عبر الموزع (٥) ، ويضم قسمه العلوي كذلك مظلة معدنية (٤) لتحرير الجزء الأكبر من قطرات العصير المحمولة مع الغازات المنطلقة ، والجزء المتبقي يعاد إلى الجهاز بواسطة اللاقط (المصيدة) (٦) الشكل ( ) . في القسم السفلي من جهاز الكربنة والذي يحتوي على العصير تتوضع شبكات معدنية على ثلاثة مستويات ، أبعاد فتحاتها على النحو التالي :

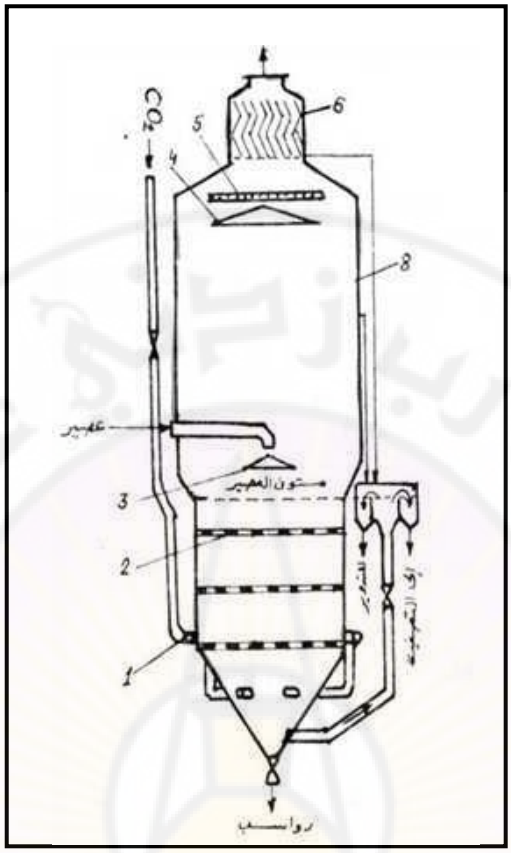
الشبكة الأولى من الأعلى – ١٠٠ × ١٠٠ مم .

الشبكة الثانية – ١٢٠ × ١٢٠ مم .

الشبكة الثالثة من الأسفل – ١٥٠ × ١٥٠ مم .

وتقوم هذه الشبكات بتوزيع غاز الكربنة الذي يدخل إلى الجهاز عن طريق المنظم (١) ، وتفتيت فقاعاته لزيادة سطح التماس بين الغاز والمحلول

يضخ العصير إلى الجهاز ويوزع بواسطة المظلة (٣) على شكل دوش فوق مستوى العصير لزيادة مردود عملية الكربنة . ويتم في الأجهزة الحديثة ترذيذ العصير فوق الشبكات المعدنية لتشكيل نوع من الضباب الرذاذي لزيادة نسبة الاستفادة من الغاز المستخدم ، ويتم كذلك تدوير للعصير بواسطة مضخات ذات طاقة عالية لنفس الغرض .



الشكل ( ) جهاز الكربنة الأولى .

ولتدارك وصول العصير إلى مضخة الغاز عند حدوث خلل ما ، يتم رفع مستوى أنبوب الغاز بحيث يكون أعلى من مستوى العصير .

تحدد نسبة الانتفاع من الغاز (غاز الكربنة الذي يحوي ٣٠ – ٣٦ % CO_2) بالعلاقة :

$$X = \frac{100 \cdot 100(C_1 - C_2)}{C_1(100 - C_2)}$$

حيث : X – نسبة الانتفاع من الغاز %

C_1 – نسبة CO_2 في الغاز الداخل % .

C_2 – نسبة CO_2 في الغاز الخارج % (بعد انتهاء عملية الكربنة) .

– بعض العوامل المؤثرة في عملية الكربنة الأولى :

تؤثر في عملية الكربنة الأولى وبالتالي على قوام الراسب المُتشكل $CaCO_3$ ذو البنية البلورية المتماسكة العوامل التالية :

- القلوية .
- المحتوى من السكروز .
- درجة الحرارة .
- تركيز CO_2 في غاز الإشباع .

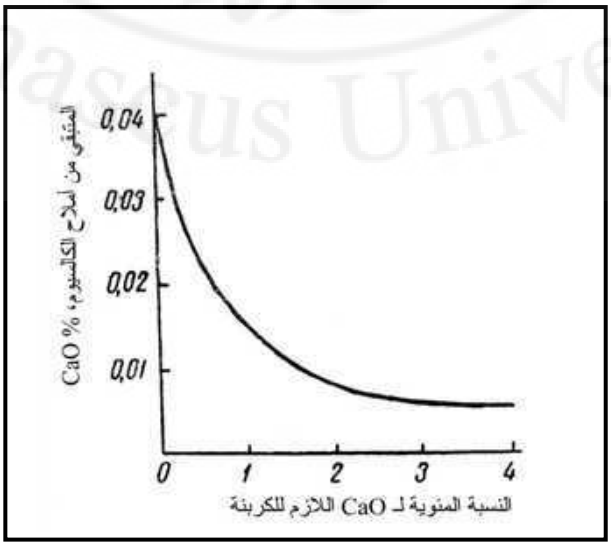
من المعروف كيميائياً أنه يمكن التحكم بسرعة تشكل كربونات الكالسيوم كراسب بزيادة سرعة الكربنة ، كما يمكن خفض هذه السرعة إما عن طريق رفع لزوجة المحاليل المراد تنقيتها أو خفض درجة الحرارة ، وكذلك بزيادة كمية ماءات الكالسيوم المُضافة .

يتألف الراسب المتشكل $CaCO_3$ أثناء عملية الكربنة الأولى من كمية كبيرة من الجزيئات الصغيرة التي تملك سطحاً كبيراً ، حيث تترسب على هذا السطح كمية كبيرة من المواد غير السكرية ، وتُعتبر المركبات المترسبة على سطح بلورات كربونات الكالسيوم المتشكلة ضارة في صناعة السكر ، نظراً لأنها تؤدي إلى إعاقة عملية البلورة وانخفاض في مردود السكر الابيض كماتؤدي التندني في نوعيته ، لذلك من الضروري التخلص من هذه المركبات قبل مرحلة البلورة .

من المواد اللاسكرية التي يتم ادمصاصها(ترسبها) على سطح $CaCO_3$: أملاح الكالسيوم للحموض العضوية واللاعضوية (وخاصة الحموض الأمينية) ، وكذلك نواتج تفكك تحولات السكريات المرجعة التي تحصل بتأثير ماءات الكالسيوم (لبن الكلس) ، حيث يُعزى لون عصير الكربنة الأولى إلى وجود هذه النواتج ، ويمكن القول أن حوالي ٢٠ %من المواد غير السكرية يتم التخلص منها أثناء مرحلة الكربنة الأولى .

من أهم العوامل المؤثرة في مردود عملية االترسيب او الادمصاص أثناء الكربنة الأولى :

- **كمية ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ (لبن الكلس) المُضافة** : وجد أنه بزيادة كمية لبن الكلس المُضافة أثناء عمليتي التكليس الأولي والرئيسي يزداد سطح الامتزاز لأملاح الكربونات المتشكلة ،ولكن كما هو واضح من الشكل ( ) فإن الزيادة الكبيرة لـ $Ca(OH)_2$ المُضافة أثناء عملية التكليس تصبح عديمة الفائدة.



الشكل( ) ادمصاص المواد اللا سكرية عند الكربنة الأولى تبعاً لكمية ماءات الكالسيوم المُضافة أثناء التكليس .

- **الزمن** : عند إجراء الكربنة الأولى بسرعة يتم الحصول على راسب $CaCO_3$ ذو سطح امتزاز كبير جدا ، وهذا يؤدي إلى تحسين عملية التنقية وتخفيض تلون العصير ، ويكون محتواه من أملاح الكالسيوم في الحدود الدنيا، وتتم عملية تصفيته (ترشيحه) بشكل أسرع لأن جميع المواد غير السكرية التي كانت ستُعيق عملية التصفية قد تم امتزازها على سطح هذا الراسب ، إضافة لذلك فإنه عند إجراء عملية الكربنة الأولى بسرعة يتم الحصول على راسب مُتجانس القوام ومن السهل تصفيته . الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية الكربنة الأولى ١٠ دقائق ، وهذه الفترة كافية ، نظراً لأنه من الصعب التحكم وتثبيت قلوية العصير في جميع أنحاء جهاز الكربنة الأولى في حالة كانت الفترة الزمنية أقصر، وبخاصة عند استخدام أجهزة الكربنة التقليدية ، وتجدر الإشارة إلى أنه في حالة إجراء الكربنة الأولى ببطء وعند وجود كمية كبيرة من الأوكسجين (أي عندما يكون محتوى غاز CO_2 في غاز الإشباع منخفض) يتم الحصول على عصير ذو نوعية مُتدنية ، نظراً لحدوث أكسدة جزئية السكروز في الوسط القلوي .
- **درجة الحرارة** : تؤثر درجة الحرارة في درجة تشتت الراسب المُتشكل $CaCO_3$ أثناء عملية الكربنة الأولى للعصير ، ويؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى الحصول على راسب بلوري تكون بلوراته ذات أبعاد صغيرة ، والحصول على عصير ذو تلون منخفض ، يحتوي على كمية قليلة من أملاح الكالسيوم ، لكن من الصعب ترشيح هذا الراسب أو تصفيته ، علاوة على ذلك فإنه يُلاحظ تشكل رغوة بشكل كبير في هذا العصير مما يجعل من الصعب الاستمرار بعملية الكربنة الأولى ،
- **قلوية عصير الكربنة الأولى** : تقوم قلوية العصير بدور كبير أثناء الكربنة الأولى ، فإذا كانت أعلى من ٠,١ % CaO ، فإن العصير سيحتوي على راسب ذو قوام هلامي يصعب تصفيته ، والزبد (الرواسب الناتجة عند التصفية) يحتوي على فاقد عالي من السكر المرتبط معه ،ولكن من حيث اللون فإن هذا العصير ذو تلون منخفض وذو نقاوة

مرتفعة ، نظراً لأن لسطح الراسب $CaCO_3$ المتشكل مقدرة كبيرة على امتزاز كمية كبيرة من المواد غير السكرية (المركبات الملونة وأملاح الكالسيوم المنحلة) . يجب أن تكون قيمة pH للعصير بعد الكربنة الأولى ١١ ، أما قلويته فتكون بحدود ٠,١÷٠,٠٩ % CaO .وعند انخفاض القلوية عن الحدود المذكورة يزداد تلون العصير ، وكذلك محتواه من أملاح الكالسيوم ، وتنخفض نقاوته ، أما من حيث سرعة التصفية فتزداد .

ويمكن القول أن الشروط المثُلى لعملية الكربنة الأولى من حيث قيمة pH والقلوية هي :

- قيمة pH_{20} للعصير ١١ .
- القلوية = ٠.٠٩ – ٠ .١ % CaO .

- القلوية المُثلى لعصير الكربنة الأولى والعوامل المؤثرة على سرعة تصفيته :

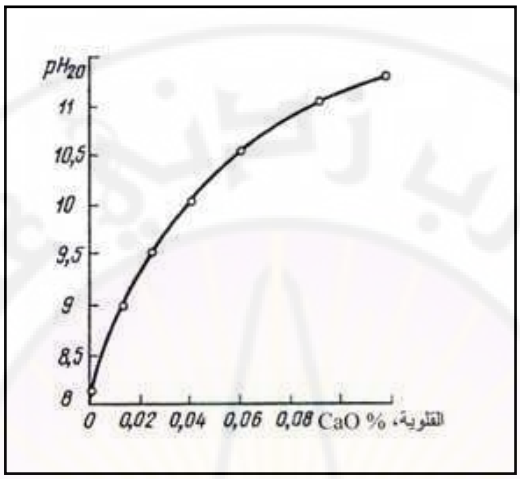
يتبقى في العصير بعد الانتهاء من عملية الكربنة الأولى كمية قليلة من $Ca(OH)_2$ (تتراوح قلوية العصير من ٠,٠٨–٠,١٢ % CaO ، وتتراوح قيمة pH العصير من ١٠,٨ إلى ١١,٤ ، أي أن قيمة pH عصير الكربنة الأولى مساوية لقيمة pH عصير التكليس الأولي ، ويُعبر عن تحول ماءات الكالسيوم أثناء عملية الكربنة الأولى .

إن قلوية العصير تقوم بدور كبير في تحديد مواصفاته (نقاوته، تلونه ، سرعة تصفيته) لذلك من الضروري أن يتم خلال فترات دورية في حالة ثبات نوعية الشوندر السكري تحديد القلوية المُثلى لعصير الكربنة الأولى ضمن مصنع السكر .

قيمة القلوية المُثلى لعصير الكربنة الأولى هي القيمة العُظمى التي تكون عندها سرعة التصفية جيدة ، وتجري هذه العملية دون أية صعوبات ، وتبعاً لنوعية الشوندر السكري المُصنع فإن قيمة القلوية المُثلى لعصير الكربنة الأولى يمكن أن تتأرجح في المجال من ٠,٠٦ – ٠,١٥ % CaO pH_{20} = (11.6 – 10. 5) ، ويتم تحديد القلوية المُثلى تجريبياً في المصنع حيث يُعين عامل التصفية (F_k) وكذلك كمية أملاح الكالسيوم المُتبقية في العصير ، ويجب أن لا تزيد قيمة عامل التصفية عن ١٠ ، ويتم التحكم بالقلوية المُثلى لعصير الكربنة الأولى في مصانع السكر بشكل أوتوماتيكي عن طريق التحكم بقيمة pH العصير . يوضح الشكل ( ) العلاقة ما بين قيمة القلوية و pH لعصير الكربنة الأولى عند تركيب مُحدد للمواد غير السكرية الموجودة في مُحتوى هذا العصير .

أما من حيث سرعة التصفية فإنه يُلاحظ ، في حالة مُعاملة العصير بغاز الكربنة (الإشباع) حتى قيمة pH مساوية إلى ٩,٥ أو أدنى ، ازدياد سرعة الترسيب في المُرقدات ، ولكن العصير الخارج من هذه المُرقدات يكون عكراً من الصعب تصفيته ، ويعود سبب ذلك إلى تحول قسم من

المُركبات ذات الوزن الجزيئي المرتفع من الحالة الراسبة وانحلالها ثانية في المحلول ، وكذلك ازدياد تشتت قسم من المركبات الغروية التي تُغلق مسامات طبقة الراسب وقماش المصافي ، التي تتم من خلالهم عملية التصفية.



الشكل( ) العلاقة بين قيمة pH وقلوية عصير الكربنة الأولى .

تكون القيمة العُظمى لسرعة التصفية عادة عند قيمة pH_{20} =(١٠,٠–10.5) ، ضُمن هذه الظروف أو الشروط لا تتفكك الرواسب ذات الطبيعة الهُلامية بشكل كامل ، وتُشكل عندها راسب ذو قوام متماسك ، إلا أنه يُنصح بعدم ترك هذا الراسب لفترة طويلة ، نظراً لأنه عند تعرض الرواسب الغروية المتشكلة في البداية في الوسط القلوي القوي لفترات زمنية طويلة تنحل ثانية ، وتعيق عملية التصفية، كما تُسيء إلى مواصفات العصير الناتج .

من الضروري التنويه أنه عند ارتفاع نسبة مركبات المغنزيوم في لبن الكلس المُستخدم ، فإن ذلك يؤثر بشكل سلبي في عملية الكربنة الأولى ،وكذلك على التصفية ، وعلى عملية تكثيف العصير في محطة التبخير، ويُمكن أن نخفف من هذا الأثر الضار بكربنة العصير حتى قلوية في المجال ٠,١٠ – ٠,١٢ % CaO .

– الكربنة الثانية:

يقصد بالكربنة الثانية معالجة عصير الكربنة الأولى بغاز الإشباع (مرة ثانية) بهدف :

- التخلص من شوارد (OH^-) الناتجة عن ماءات الكالسيوم المنحلة (القلوية ٠,٠٩ – ٠,١١ % CaO) وعن ماءات البوتاسيوم والصوديوم NaOH , KOH.
- ترسيب شوارد الكالسيوم المرتبطة مع الحموض العضوية والمعقدات ، وإن عدم إزالة أملاح الكالسيوم يؤدي إلى تشكل الرواسب على سطوح التبادل الحراري في محطة

التبخير، وزيادة فاقد السكر .

- إدمصاص ما تبقى من المواد اللا سكرية على سطح بلورات كربونات الكالسيوم المتشكلة في أثناء عملية الكربنة .

– التفاعلات الكيميائية :

ينحل غاز ثاني أكسيد الكربون كما هو الحال في الكربنة الأولى ويتشكل حمض الكربون H_2CO_3 الذي يتفاعل مع ماءات الكالسيوم :

$$Ca(OH)_2 + H_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

وتستمر عملية الكربنة الثانية وصولاً للقلوية ٠,٠٢ % CaO التي تقابلPH = ٩,٢ – ٩,٥ .

يتفاعل حمض الكربون كذلك مع ماءات الصوديوم والبوتاسيوم المتشكلة في مرحلتي التكليس :

$$2\ KOH + H_2CO_3 = K_2CO_3 + 2H_2O$$

وتتفاعل كربونات البوتاسيوم والصوديوم مع أملاح الكالسيوم المنحلة (CaA_2) فتترسب كربونات الكالسيوم وتبقى الأملاح (KA) في المحلول :

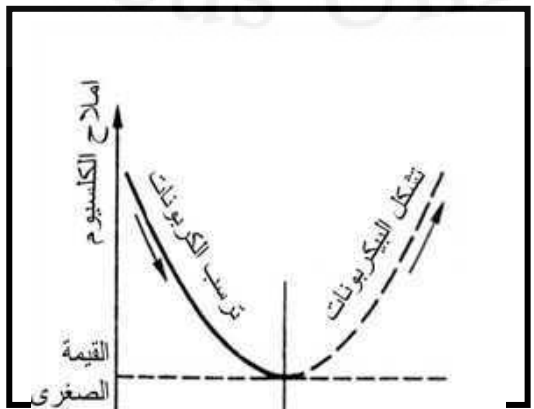
$$K_2CO_3 + Ca\ A_2 \rightleftharpoons CaCO_3 \downarrow + 2\ K\ A$$

ولهذا التفاعل أهمية قصوى في الكربنة الثانية ، لأن نتيجته النهائية تحقق الهدف الرئيسي لعملية الكربنة الثانية ، ألا وهو تخفيض نسبة أملاح الكالسيوم المنحلة .وفي حال الاستمرار بعملية الكربنة الثانية إلى قيمة pH دون ٩,٢ فإن الرواسب تنحل ثانية :

$$CaCO_3 + H_2CO_3 = Ca\ (HCO_3)_2$$
$$K_2CO_3 + H_2CO_3 = 2\ K\ (HCO_3)$$
$$Na_2CO_3 + H_2CO_3 = 2\ Na\ (HCO_3)$$

– طريقة الكربنة الثانية :

تتم الكربنة الثانية في جهاز يشبه من حيث التصميم جهاز الكربنة الأولى ، ويختلف فقط في حجم الجزء العلوي وبسوية العصير ، إذ أن حجم الجزء العلوي فيه أصغر ، بسبب قلة الرغوة المتشكلة نسبياً أثناء عملية الكربنة الثانية ، هذا يسمح برفع سوية العصير .



الشكل ( ) تحديد القلوية المُثلى لعصير الكربنة الثانية اعتماداً على تركيز أملاح الكالسيوم .

وتبلغ نسبة الانتفاع من غاز الكربنة حوالي ٥٠ % في هذه المرحلة ، وهي أقل من نسبة الانتفاع بالكربنة الأولى التي تتراوح في المجال (٦٠ – ٧٠) %، ولرفع نسبة الانتفاع من الغاز في الكربنة الثانية يضاف لبن الكلس بنسبة بسيطة (٠,٢ – ٠,٥ % CaO) في خزان قبل الكربنة الثانية ولمدة لا تقل عن ٥ دقائق ، أما زمن الكربنة الثانية فهو ١٠ دقائق .

لدرجة الحرارة عند إجراء الكربنة الثانية أهمية قصوى ، ويجب أن لا تقل عن ١٠٢ °م لضمان تفكك بيكربونات الكالسيوم ، الذي يجري وفق التفاعل التالي :

$$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + CO_2 + H_2O$$

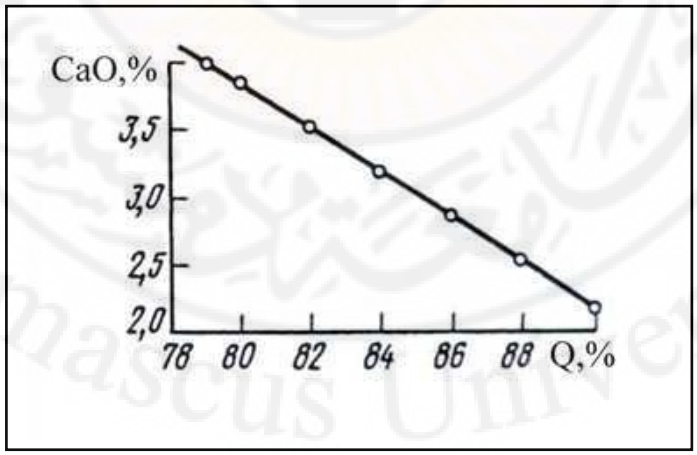
. **تأثير كمية ماءات الكالسيوم المستهلكة على تنقية عصير الديفزيون:**

إن سطح الراسب الغروي لـ $CaCO_3$ المحضر حديثاً يملك كمون كهركيميائي حركي موجب ، ومعظم المركبات الغروية وكذلك المواد غير السكرية الموجودة في محتوى عصير الديفزيون تملك كمون كهركيميائي حركي سالب ، وتعتبر قيمة هذا الكمون من العوامل المحددة لثباتية معظم المواد غير السكرية الموجودة في العصير ، وتتعلق قيمة هذا الكمون بـ pH ودرجة الحرارة وتركيز المواد المتشردة كهربائياً ، وعند التأثير المُتبادل لكربونات الكالسيوم والمواد غير السكرية تحدث عملية امتزاز وترسيب هذه المواد ، وكلما كانت قيمة الكمون أعلى ، كلما كان هذا التأثير المتبادل بين الشوارد المحددة للكمون الكهركيميائي الحركي والشوارد المُعاكسة أكثر فعالية ، وتتعلق قيمة الكمون الموجب لكربونات الكالسيوم المتشكلة أثناء عملية الكربنة بالكمية الإجمالية لماءات الكالسيوم

المضافة لعملية التنقية ، ويبين الشكل ( ) العلاقة بين قيمة الكمون الكهركيميائي الحركي لكربونات الكالسيوم وكمية ماءات الكالسيوم المضافة (مقدرة بالنسبة المئوية لوزن المواد غير السكرية) لتنقية عصير الديفزيون ذو النقاوة % ٨٦,٥ ، حيث يتبين من الشكل أنه عند إضافة ماءات الكالسيوم بكمية% ٨٠ بالنسبة لوزن المواد غير السكرية ، فإن الشوارد المُعاكسة التي تملكها المواد غير السكرية تُعدل بشكل كامل الشوارد المكونة للكمون الموجودة على سطح كربونات الكالسيوم وماءات الكالسيوم ويصبح الكمون الكهركيميائي الحركي للراسب سالباً ، أما عند إضافة ماءات الكالسيوم بكميات أكبر من ٨٠ % ، فإن قسماً من الشوارد المكونة للكمون الكهربائي للراسب تبقى حرة ، ويصبح عندها الكمون الكهربائي موجباً .

يوضح الشكل ( ) كمية ماءات الكالسيوم (لبن الكلس) التي يجب أن تُضاف إلى عصير الديفزيون تبعاً لنقاوته (كمية ماءات الكالسيوم مقدرة بالنسبة المئوية بالنسبة لوزن الشوندر) .

يبين الشكل ( ) بأنه عند انخفاض نقاوة عصير الديفزيون إلى ٧٩-٨٠ % ، يجب أن تكون كمية لبن الكلس المضافة بحدود ٤% بالنسبة لوزن الشوندر ، وتُعتبر هذه الكمية كبيرة وتؤثر بشكل سلبي على عمل المصافي (تزداد كمية الراسب والفاقد من السكر فيه – ومن المحتمل أن يُصبح قسم فرن الكلس نقطة اختناق) ، لذلك فإنه عند تصنيع شوندر متدني النوعية ، يجب ألا تزيد كمية لبن الكلس الإجمالية المضافة عن% ٣ بالنسبة لوزن الشوندر ، ولتحسين مردود التنقية في هذه الحالة من المفروض البحث عن أساليب فعالة أُخرى إضافية للحصول على عصير ذو نوعية جيدة .



الشكل ( ) كمية ماءات الكالسيوم (لبن الكلس) المضافة تبعاً لنقاوة عصير الديفزيون

– مردود التنقية :

يتم التخلص بعد عمليتي التكليس والكربنة من ٢٨ – ٣٠ % مواد اللاسكرية و ٨٠ – ٩٠ % بروتينات ، ٤٠ – ٥٠ % أميدات ، ٤٠ – ٤٥ %لمواد العضوية اللاأزوتية ، و ١٠ – ١٢ % رماد ، ويتراوح مردود التنقية بين ٢٠ – ٢٥ % .

ولزيادة مردود التنقية يتم إضافة كربونات المغنزيوم $MgCO_3$ بنسبة ٠,٤ كغ MgO لكل طن شوندر إلى عصير الكربنة الثانية بعد التصفية ، خصوصاً عند تصنيع شوندر سيئ النوعية .

– تأثير الأكسجين وأول أكسيد الكربون في الكربنة :

يستهلك جزء من الأكسجين المنحل في غاز الكربنة في أكسدة المواد المرجعة والسكروز ومركبات السلفيت ، ويستهلك جزء آخر في تفاعلات تآكل سطوح التبادل الحراري ، ويزيد الأكسجين المنحل بشكل عام من تفكك السكروز في الوسط القلوي ، ويخفض النقاوة والمردود .

أما أول أكسيد الكربون (وآثار من H_2S) فيبطئ عملية الكربنة ، ويخفض من قابلية انحلال CO_2 في العصير ، فإحتواء غاز الكربنة على ٠,٥ % من أول أكسيد الكربون ، يطيل زمن العملية بمقدار الثلث ، وعند ارتفاع النسبة إلى ١٠ % فإن زمن الكربنة يتضاعف مرتين .

– التصفية أو الترشيح :

يقصد بالتصفية عملية فصل المواد المعلقة أو المترسبة من المحلول على سطح تصفية أو بالترقيد تحت تأثير الوزن النوعي والجاذبية الأرضية وتزداد سرعة التصفية بزيادة الضغط ، وتنخفض بزيادة سماكة الجدار ، الذي يمر عبره المحلول ، وتنخفض كذلك بزيادة اللزوجة .

تؤثر في عملية التصفية العوامل التالية : نوعية وبنية الراسب و الضغط و درجة الحرارة و زمن عملية تصفية.

ويبين الجدول () تركيب الراسب الناتج بعد الكربنة الأولى .

الجدول ( ) مكونات الراسب بعد إجراء عملية الكربنة الأولى .

اسم المركب	%بالنسبة للوزن المادة الجافة
$CaCO_3$ ، CaO ، أملاح الكالسيوم	٧٧,٤
مواد أزوتية	٦,٠
مواد عضوية غير أزوتية	١١,٠
المواد المعدنية ماعدا CaO	٤,٠
سكروز	١,٦
المجموع	١٠٠,٠

. **نوعية الراسب :** تؤثر نوعية وبنية الراسب الناتج بعد عملية الكربنة الأولى في عملية التصفية ، إذ أن مسامات الأقمشة المستخدمة للتصفية تكون دائماً ذات قطر أكبر من أبعاد جزيئات الراسب المراد تصفيته ، لهذا يتم الحصول في بداية العملية على عصير عكر ، ومع مرور الزمن تتشكل طبقة من الرواسب على سطح القماش ، تحتوي هذه الطبقة على فراغات بين الجزيئات المترسبة والتي تُشكل مسامات دقيقة ، تسمح من خلالها مرور العصير وحجز جزيئات الرواسب .

إذا كان الراسب ذو بنية بلورية وجزيئاته كبيرة ، تتم التصفية بشكل سريع ، أما إذا كانت جزيئات الراسب صغيرة ، تنخفض عندها سرعة التصفية لأن المسامات بين جزيئات الراسب تكون ذات أقطار ضيقة وتُبدي مقاومة أعلى لمرور العصير ، وتتم التصفية بشكل بطيء إذا كان الراسب غير متجانساً يحتوي على جزيئات متفاوتة الأبعاد ، ومن الصعب إجراء التصفية إذا كان الراسب هلامياً .

. **الضغط :** وتعني فرق الضغط فوق وتحت طبقة الراسب المتشكلة ويُعتبر هذا الفرق القوة المحركة لعملية التصفية ، ويمكن أن نُميز مابين :

- الرواسب القابلة للإنضغاط .
- الرواسب غير القابلة للإنضغاط .

تتناسب سرعة التصفية في حالة وجود رواسب غير قابلة للإنضغاط مع فرق الضغط ، أما في حالة الرواسب القابلة للإنضغاط (الهلامية مثلاً) فإن المسامات بين جزيئات هذه الرواسب بعد مرور فترة قصيرة تُغلق وتنخفض سرعة التصفية ، بارتفاع فرق الضغط تصبح سرعة التصفية أقل .

. **درجة الحرارة :** بارتفاع درجة الحرارة تنخفض لزوجة العصير وكذلك لزوجة المحاليل السكرية بشكل عام ، مما يؤدي حتماً إلى ازدياد سرعة التصفية ، لذلك يجب دائماً تسخين العصير قبل التصفية إلى درجة حرارة ٨٠– ٩٠°م .

. **زمن التصفية :** كلما استمرت عملية التصفية لفترة زمنية أطول ، كلما أصبحت سماكة طبقة الراسب أكبر ، وبشكل متناسب تزداد مقاومة مرور العصير، أي تنخفض سرعة التصفية ، لذلك يتم تنظيف سطح التصفية بشكل دوري .

– تصفية عصير الكربنة الأولى :

تتم عملية تصفية عصير الكربنة الأولى على مرحلتين :

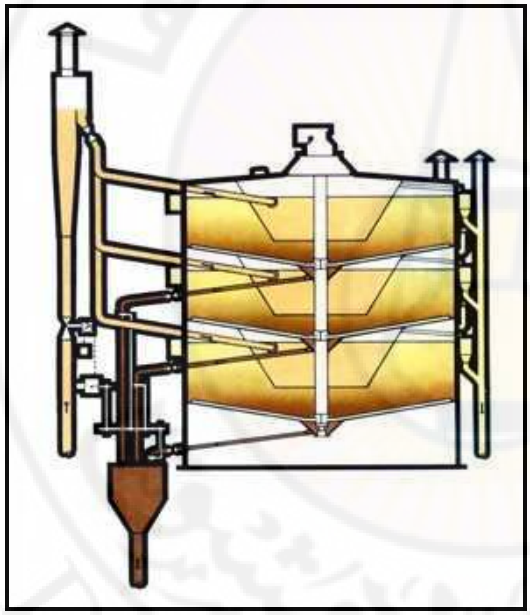
المرحلة الأولى :

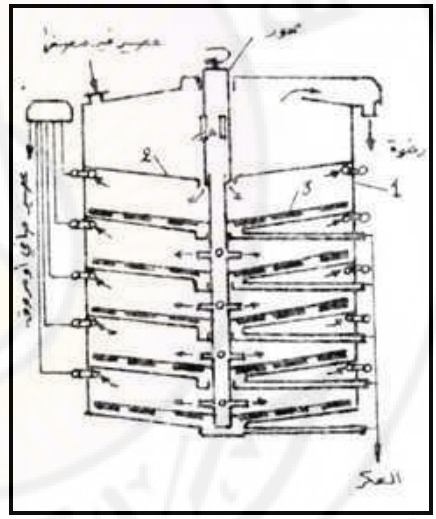
ويتم فيها تقسيم عصير الكربنة الأولى ، الذي يحوي على ٤ – ٥ % من المواد الصلبة المعلقة إلى عصير صاف أو رائق وإلى عكر ،

وتتراوح كمية العصير المروق ، عند استخدام اجهزة الترقيد بحدود ٧٥ – ٨٠ % من كمية عصير الكربنة الأولى ، ويخضع هذا العصير إلى تصفية ثانية قبل بدء المرحلة التالية ، أما كمية العكر فتتراوح بين ٢٠ – ٢٥ % ، ونسبة المعلقات فيه ٢٢ – ٢٥ % .

جهاز الترقيد– الشكل ( )

عبارة عن وعاء عامودي أسطواني (١) ، مقسم إلى خمس حجرات بواسطة صحون ثابتة (٢) مقعرة الشكل ، تدور فوقها (عدا العلوي منها) أذرع تحمل فراشي معدنية (٢) بسرعة دوران ١٩ – ٢٠ دورة في الدقيقة ، لنزع طبقة الرواسب ودفعها باتجاه الأسفل . ويتراوح زمن عملية الترسيب بين (٩٠ – ١٢٠) دقيقة، ويرتفع هذا الزمن إلى (١٨٠ – ٢٤٠) دقيقة عند ارتفاع تركيز السكر المرجع وانخفاض pH العصير ، إلا أن الفاقد المجهول يزداد من ٠,٠٣ % إلى ٠,١ % .





الشكل ( ) جهاز الترقيد

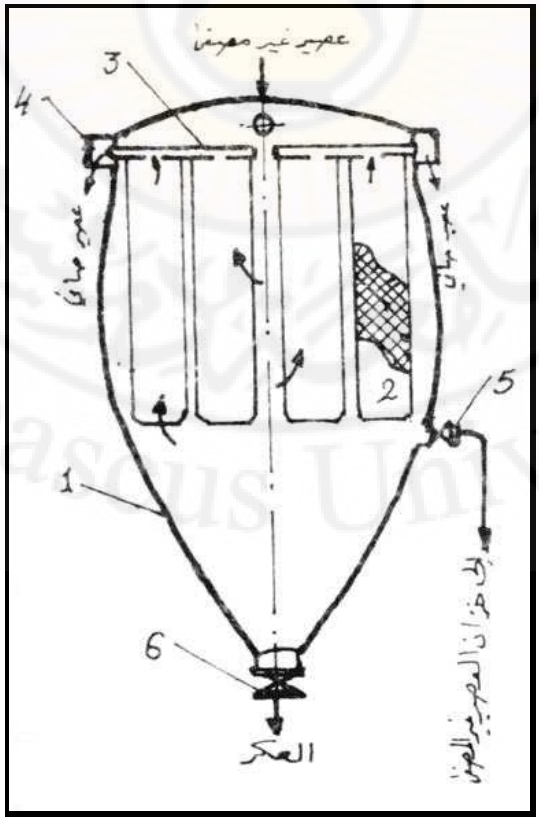
لزيادة سرعة عملية الترسيب يمكن إضافة مواد مساعدة للترسيب ، مثل حمض السيليس H_2SiO_3 ، وناتج حلمهة مخلفات التفل الجاف (البودرة) ، ولا تتجاوز نسبة استهلاك حمض السيليس ٥ g (SiO_2) لكل طن عصير ، أما نسبة استهلاك نواتج حلمهة المواد البكتينية فتتراوح بين ٠,٠٠٣ – ٠,٠٥ % من وزن العصير ، وتزيد من سرعة الترسيب بمقدار (٢–٣) مرات ، ويتم الحصول عليها بحلمهة بودرة التفل الجافة بحمض الكبريت أو حمض كلور الماء في الدرجة pH = ١,٣ لمدة ٦٠ دقيقة بدرجة الغليان ، فتتحلمه كافة المواد البكتينية ، وبعد معايرتها بكربونات الصوديوم إلى الـ pH المعتدل (٦–٧) يستخدم الناتج بتركيز ٣ % .

يؤدي بقاء العصير فترة طويلة في المرقد إلى تفكك السكروز وتشكل المواد الملونة ، إضافة إلى زيادة نسبة العكر (٢٠ – ٢٥ %) ، ويُعد ذلك من سلبيات المرقدات .أما في حال استخدام المصافي الجيبية التي تعمل تحت الضغط لتصفية عصير الكربنة الأولى أو الثانية ، كما هو الأمر في معامل سكر الرقة ومسكنة وتل سلحب ، فإن زمن التصفية يُختصر إلى ٢٠ – ٢٥ دقيقة ، ودرجة التلون تنخفض بمقدار ٢٠ % مقارنة مع المرقد ، ويرتفع تركيز العكر إلى ٤٠ % (نسبة المعلقات فيه) .

مصفاة GP_: عبارة عن وعاء مخروطي (١) ، الشكل ( ) عُلقت به عامودياً شبكات معدنية (٢) مغطاة بقماش يقوم بدور سطح التصفية يمر عبره العصير المصفى إلى القناة(٣) التي تنقله إلى جيب (٤) خارج جسم المصفاة .

وعند انخفاض سرعة التصفية (السرعة الوسطية ٧,٥ ليتر/ م^{٢}، دقيقة) يوقف تدفق العصير ، ويفتح الصمام (٥) آلياً فيندفع العصير منه إلى خارج جسم المصفاة مسبباً تخلخلاً في الداخل ، وبدخول الهواء عبر القناة (٣) إلى داخل الشبكات المعدنية تحدث صدمة هوائية تفصل طبقة الراسب وتدفعها إلى الأسفل ، وعند فتح الصمام (٦) يطرح العكر إلى الخارج .

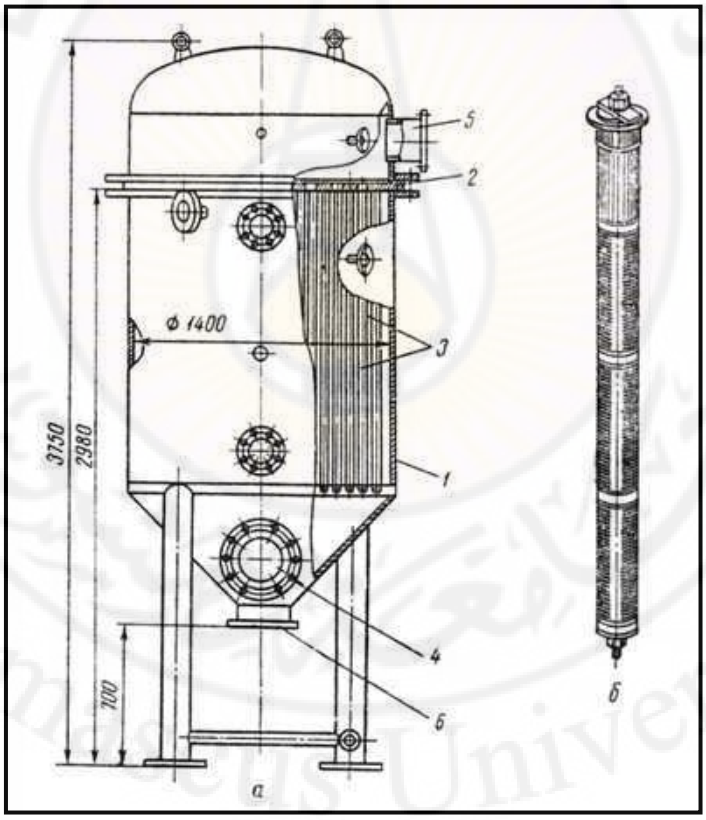
تعمل مصافي GP تحت الضغط (٠,١٤ – ٠,١٧)ميلي باسكال ويتم التحكم بعملها أتوماتيكياً .



الشكل ( ) مصفاةGP

المصافي الشمعية :

انتشر هذا النوع من المصافي بشكل واسع في صناعة السكر ، حيث تُستخدم في تصفية العصير وشراب المباخر والكليرا عند اللزوم ويوضح الشكل (٤-١٢- a و b) المنظر العام للمصفاة .تتألف المصفاة الشمعية من جسم اسطواني (١) ذي قعر مخروطي ، وعلى الشبكة الأنبوبية (٢) التي تثبت عليها الشمعات (٣) ، وتتم التصفية من خلال الشمعات المعلقة ضمن الجسم الاسطواني ، ويختلف عدد ومقاييس هذه الشمعات تبعاً للطاقة الإنتاجية للمصفاة ، يُضخ العصير المراد تصفيته من خلال الفتحة (٤) إلى جسم المصفاة ، حيث يتوضع الراسب المتشكل على سطح الشمعات الخارجي ، أما العصير المُصفى فيمرداخل الشمعات ويخرج عبر الفتحة (٥) .



a – منظر عام ، b – الشمعة ، ١- جسم اسطواني ، ٢ – شبكة أنبوبية ، ٣ – شمعة ، ٤ – فتحة التغذية بالعصير ، ٥ –فتحة خروج العصير ، ٦- فتحة لخروج الرواسب .

الشكل ( ) مصفاة شمعية .

الشمعة عبارة عن اسطوانة معدنية مفتوحة من الأعلى ، يلتف عليها بدقة سلك معدني بحيث لا تزيد المسافة بين خطوتين متتاليتين للسلك عن ٠,١ ممر ، وتشكل سطح تصفية في ثلاث مناطق على طولها بدلاً من القماش الذي يستخدم في مصافي الأنواع الأخرى ، ويغطى سطح هذه الشمعات بمُعلق ترابة التصفية التي تزيد أبعاد بلوراته عن ٠,١ مم على شكل طبقة سماكتها ٢,٥-٥ مم ، حيث تلعب هذه الطبقة الدور الرئيسي في حجز محتوى العصير أو شراب المباخر من الرواسب وتعمل تحت الضغط ، وعندما تصل قيمة الضغط إلى ٤ ضغط جوي يجب إيقاف ضخ العصير وإيقاف المصفاة تمهيداً لتنظيفها (إزالة طبقة الرواسب المتشكلة وغسيل المصفاة) .

تتم عملية التنظيف وفق الترتيب التالي :

١- يُضخ في القسم السفلي للمصفاة بدلاً من العصير هواء مضغوط نحو (٤-٥) ضغط جوي وهذا الهواء المضغوط يزيح العصير من الحجرة السفلية للمصفاة .

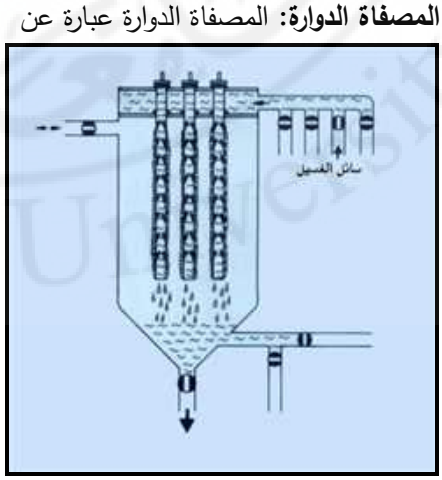
٢- يُضخ في الحجرة السفلية للمصفاة ماء ساخن لغسيل الراسب . الشكل (٤-١٣-A) .

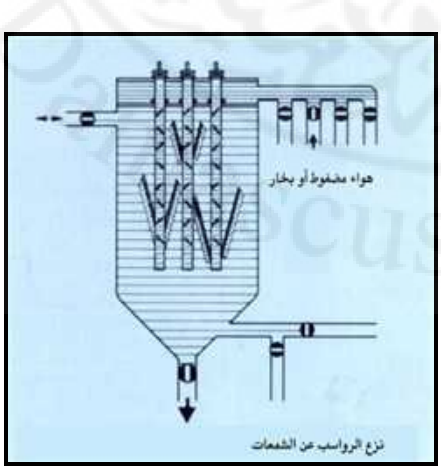
٣- يوقف إعطاء الماء ويُضخ الهواء المضغوط ، في هذه الحالة يزيح الهواء المضغوط بقايا العصير أو مياه غسيل الراسب الموجودة داخل الشمعات إلى الخارج . الشكل (٤-١٣-B).

٤- يوقف ضخ الهواء المضغوط وتُفتح الفتحة السفلية عند ذلك تتساقط طبقات الراسب الأسفل . الشكل(٤-١٣-C) .

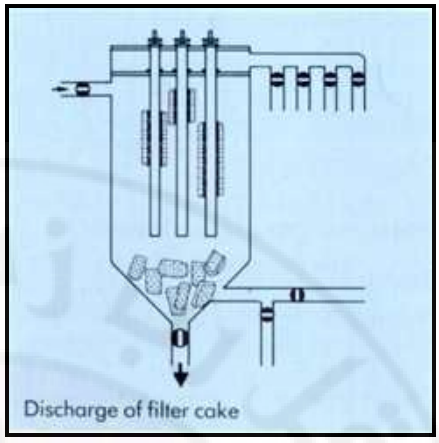
بعد الانتهاء من عملية التنظيف تبدأ عملية إعادة تشكيل سطح التصفية (طبقة الديكاليت) . الشكل(٤-١٣-D) وبدء عملية التصفية من جديد . أنظر الشكل (٤-١٣-E) ، نحصل من خلالها على عصير مُصفى رائق وشفاف ولا يحتاج إلى تصفية نهائية (ثانية) .

المصفاة الدوارة: المصفاة الدوارة عبارة عن

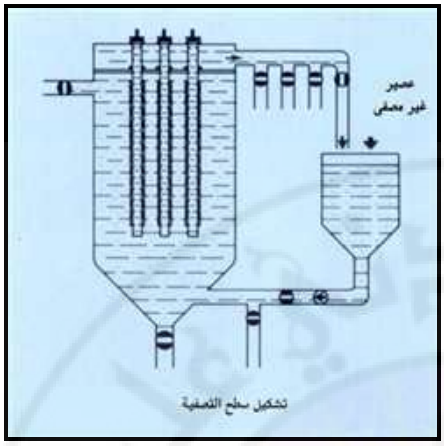




الشكل رقم (٤-١٣-A) غسيل الرواسب.

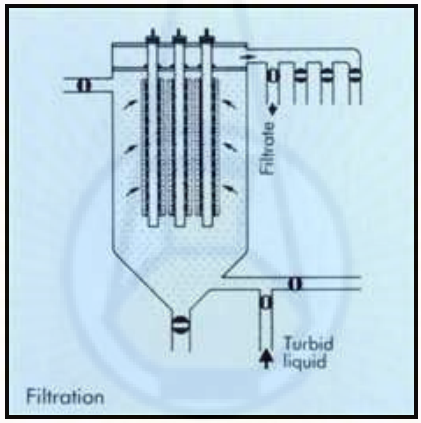


الشكل رقم (٤-١٣-B) نزع الرواسب.



الشكل رقم (٤-١٣-C) نزع الرواسب بالماء

الشكل رقم(٤-١٣-D)تشكيل سطح التصفية



الشكل رقم (٤-١٣-E) عملية التصفية .

الشكل (٤-١٣) مخطط عمل المصافي الشمعية وطريقة تنظيفها

أسطوانة أفقية (١) ، الشكل ( ) مغطاة بقماش (٢) يلعب دور سطح التصفية ويدور بدورانها ، ومغموسة بوعاء مقعر (٣) يصب فيه العكر الذي يبقى بحركة دائمة بمساعدة خلاط اهتزازي (٤) (حركة النواس) لمنع ترسب المعلقات.

ويتألف جدار الأسطوانة الدوارة من طبقتين :

– الطبقة السطحية المثقبة .

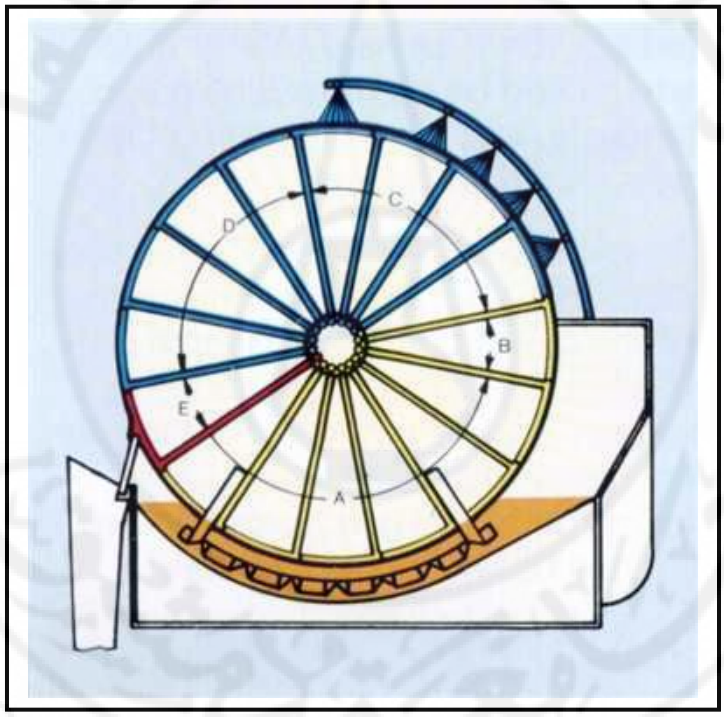
– الطبقة الداخلية التي تضم عدة فتحات لأنابيب مهمتها نقل العصير إلى خارج المصفاة ، وتقسم الطبقة الداخلية بواسطة حواجز بلاستيكية إلى جيوب طولية وجسم الأسطوانة مقسم إلى عدة أقسام :

١– قسم التصفية A وفيه يتم امتصاص العصير من العكر .

٢- قسم الغسيل B وفيه يتم غسل الراسب بواسطة بخاخات (٥) .

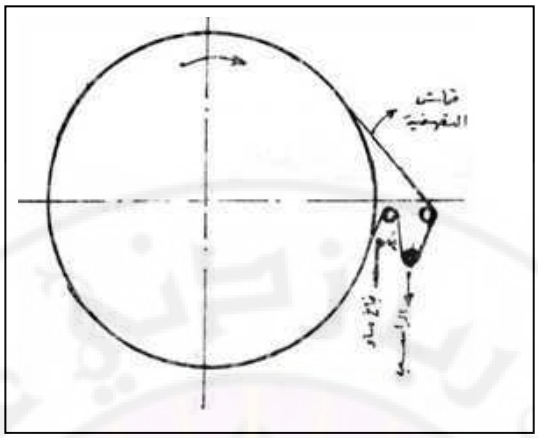
٣- قسم التجفيف C وفيه يتم امتصاص ما تبقى من مياه الغسيل .

٤- قسم نزع الرواسب D بمساعدة سكين خاص (٦) مع الهواء المضغوط أو البخار والأقسام الثلاثة تعمل تحت الفراغ (التخلخل) ، والقسم الرابع يعمل تحت الضغط . ولا تقل المسافة بين السكين وسطح القماش عن ٥ مم ، وفي حال تصنيع شوندر جيد النوعية تكون طبقة الرواسب رقيقة ، مما يؤدي إلى بقاء طبقة الراسب وعودتها ثانية إلى العكر .



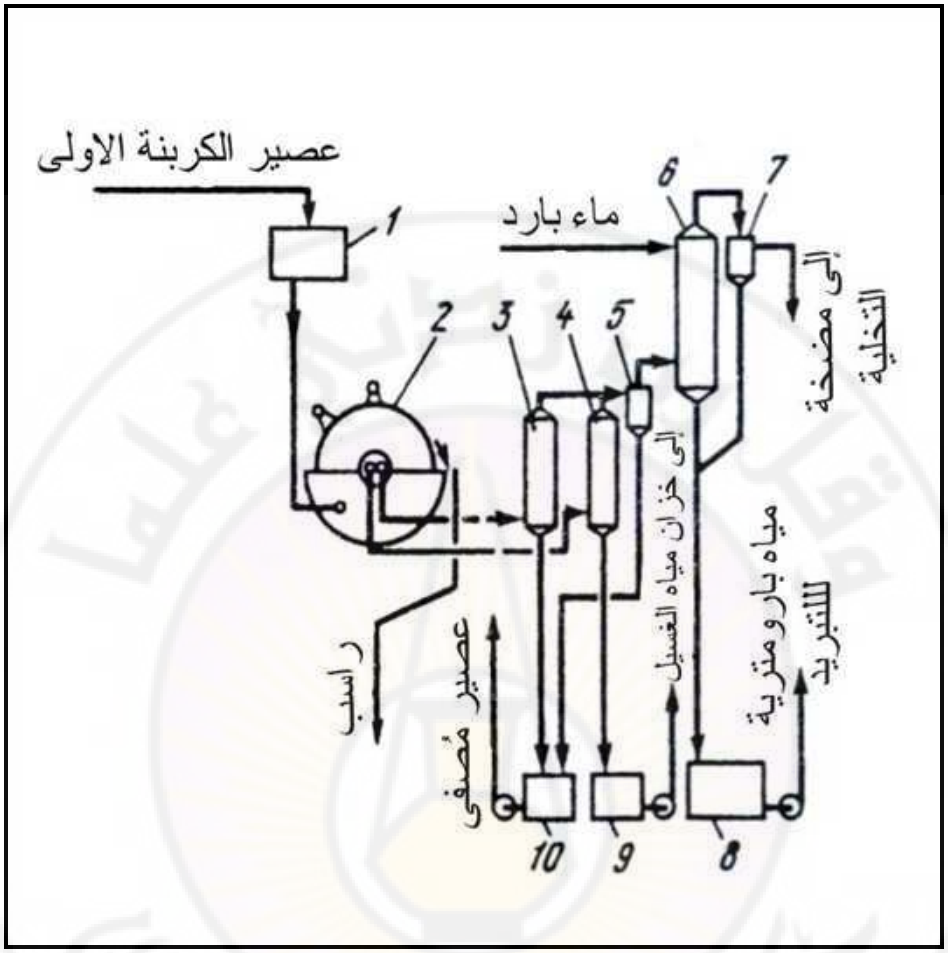
الشكل رقم ( ) المصفاة الدوارة (فاكوم فلتر) .

وتحتوي الرواسب المفصولة (الزبد) على ٥٠ % مادة جافة ، منها ٧٢ – ٨٠ % كربونات كالسيوم، و ٢٠ – ٢٥ % مواد لا سكرية معدنية أو عضوية المنشأ ، وتستخدم كأسمدة للتربة بعد تمديدها بالماء ، أو تضاف إلى علف الحيوانات ، أو تستخدم كمواد بناء . وفي الولايات المتحدة الأمريكية يخلط كل طن من الزبد مع ٢طن من الأسمدة الأخرى .



الشكل ( ) نزع الراسب بالانكسار.

يبين الشكل ( ) مخطط عمل المصفاة الدوارة مع ملحقاتها ، حيث يتم ضخ العكر من خلال الخزان (١) إلى المصفاة الدوارة (٢) التي تدور باتجاه عقارب الساعة ، ويتم تأمين التخلية الضرورية بمساعدة المكثف الباروميتري (٦) ، يجمع العصير المصفى في الخزان (١٠) ، أما مياه غسيل الراسب والتي تحتوي على نسبة من السكر فتجمع في الخزانات (٤) و(٩) . تُشفط الأبخرة والغازات غير المتكاثفة من أعلى الخزانات (٣ ، ٤) بواسطة مضخة تخلية عبر لاقطة (٥) إلى المكثف الباروميتري (٦) ، الذي يقوم بتكثيف هذه الأبخرة بواسطة تيار من الماء البارد ، وتجمع المياه الناتجة بما تحتويه من غازات منحلة في الخزان (٨) ، أما الغازات غير المتكاثفة فيتم شفطها بعد مرورها على لاقطة (٧) بواسطة مضخة التخلية ، تتوضع الخزانات (٣ ، ٤) وكذلك المكثف الباروميتري على ارتفاع حوالي ١١م لتأمين التخلية التي تتناسب طردا مع ارتفاع عمود الماء ، تتراوح كثافة العكر مابين ١,١٥ – ١,٢٠ غ /سم^{٣} ، وسرعة التصفية مابين ١٥ –١٨ ليتر / م^{٢}.دقيقة .



١– خزان التغذية بالعكر . ٢ – المصفاة الدوارة . ٣ – خزان العصير المصفى .

٤ – خزان (مياه الغسيل) . ٥ – لاقط . ٦ – مُكثف بارومتري . ٧ – لاقطة للغازات غير المتكاثفة . ٨ – خزان المياه البارومترية.٩ ، ١٠ – خزانات .

الشكل ( ) مخطط عمل المصفاة الدوارة مع ملحقاته.

– تصفية عصير الكربنة الثانية :

لتصفية عصير الكربنة الثانية تستخدم المصافي الجيبية أو القرصية أو الشمعية ، وهي تصفية ثانوية نظراً لارتفاع النقاوة ، وقلة كمية الرواسب المتشكلة (سرعة التصفية هنا أكبر من سرعة التصفية لعصير الكربنة الأولى) ، وتختلف نوعية المصافي حسب الطريقة التكنولوجية المتبعة في كل معمل .

– االتركيب الكيميائي للراسب واستخداماته :

يحتوي الراسب الناتج عن تصفية عصير الكربنة الأولى (عن المصافي الدوارة) على حوالي ٧٥ – ٨٠ % $CaCO_3$ وبنسبة ٢٠ – ٢٥ % مواد غير سكرية عضوية ومعدنية ، وتتألف المواد غير السكرية العضوية من مركبات أزوتية ولاأزوتية مثل البروتينات ، المواد البكتينية ، أملاح الكالسيوم لحمض الحماض ولحمض الليمون ولحمض الماليك وكذلك على السابونين ، وتُشير بعض المُعطيات المعلمية إلى أن مُحتوى هذا الراسب من البوتاسيوم والأزوت وخامس أوكسيد الفوسفور على التوالي ١٥. ٠ % ، ٤. ٠ % ، ٧. ٠ % (كمية خامس أوكسيد الفوسفور محسوبة على أساس المادة الصلبة للراسب) .

يحتوي هذا الراسب على حوالي ٥٠ % ماء ، وتتعلق كمية هذا الراسب بكمية لبن الكلس $Ca(OH)_2$ المُضافة ، عند إضافة ٣ كغ من CaO لكل ١٠٠كغ شوندر لتنقية العصير ، واستناداً إلى معادلة التفاعل التالية :

$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$

ينتج : ٣ x ١٠٠ / ٥٦ = ٥,٣٦ كغ كربونات كالسيوم ، وعند مُحتوى مائي في الراسب مُساوياً إلى ٥٠ % ، فإن وزن الراسب يزداد بمرتين ، ونظراً لأن هذا الراسب يحتوي على كمية من المواد غير السكرية ، فإنه يمكن اعتبار أن وزن الراسب الناتج هو ١٢ كغ لكل ١٠٠ كغ شوندر تقريباً ، أي يساوي تقريباً إلى :

(كمية ماءات الكالسيوم المُستخدمة لتنقية العصير بالنسبة لوزن الشوندر) ×٤

مُحتوى السكروز في هذا الراسب ضمن الشروط النظامية يكون ١ % بالنسبة لوزن الراسب ، عند ذلك تكون كمية الفاقد من السكر في هذا الراسب بالنسبة لوزن الشوندر المُصنع هي :

١٢ × ١ / ١٠٠ = ٠,١٢ % .

يوضح الجدول ( ) وزن الراسب ذو الرطوبة ٥٠ % ، تبعاً لكمية CaO المُضافة بالنسبة لوزن الشوندر المُصنع عند تنقية عصير الديفزيون .

الجدول رقم ( ) وزن الزبد ٥٠ % رطوبة تبعا لكمية أكسيد الكالسيوم المضافة.

% CaO	.٢٥ ١	١ .٥	.٧٥ ١	٢	.٢٥ ٢	٢ .٥	٣
وزن الراسب،%	.٤٧ ٥	.٣٦ ٦	.٢٥ ٧	.١٤ ٨	.٠٤ ٩	.٩٣ ٩	.٧٢ ١١

. **الفاقد من السكر في محطة التنقية :** يُقسم الفاقد من السكر في محطة التنقية في جميع محطات مصنع السكر إلى :

- الفاقد المعلوم ويشمل الفاقد من السكر في الزبد – يمكن تعيينه مخبرياً .
- الفاقد المجهول أو غير المعلوم ويشمل الفاقد الناتج عن عملية تفكك السكروز في الوسط القلوي القوي ، وكذلك الفاقد الناجم عن حدوث الرغوة في أجهزة الكربنة وطوفان الخزانات وتهريب المضخات ، ويمكن القول أن هذا الفاقد هو عبارة عن الفرق ما بين مجموع الفاقد في هذه المحطة والفاقد المعلوم .

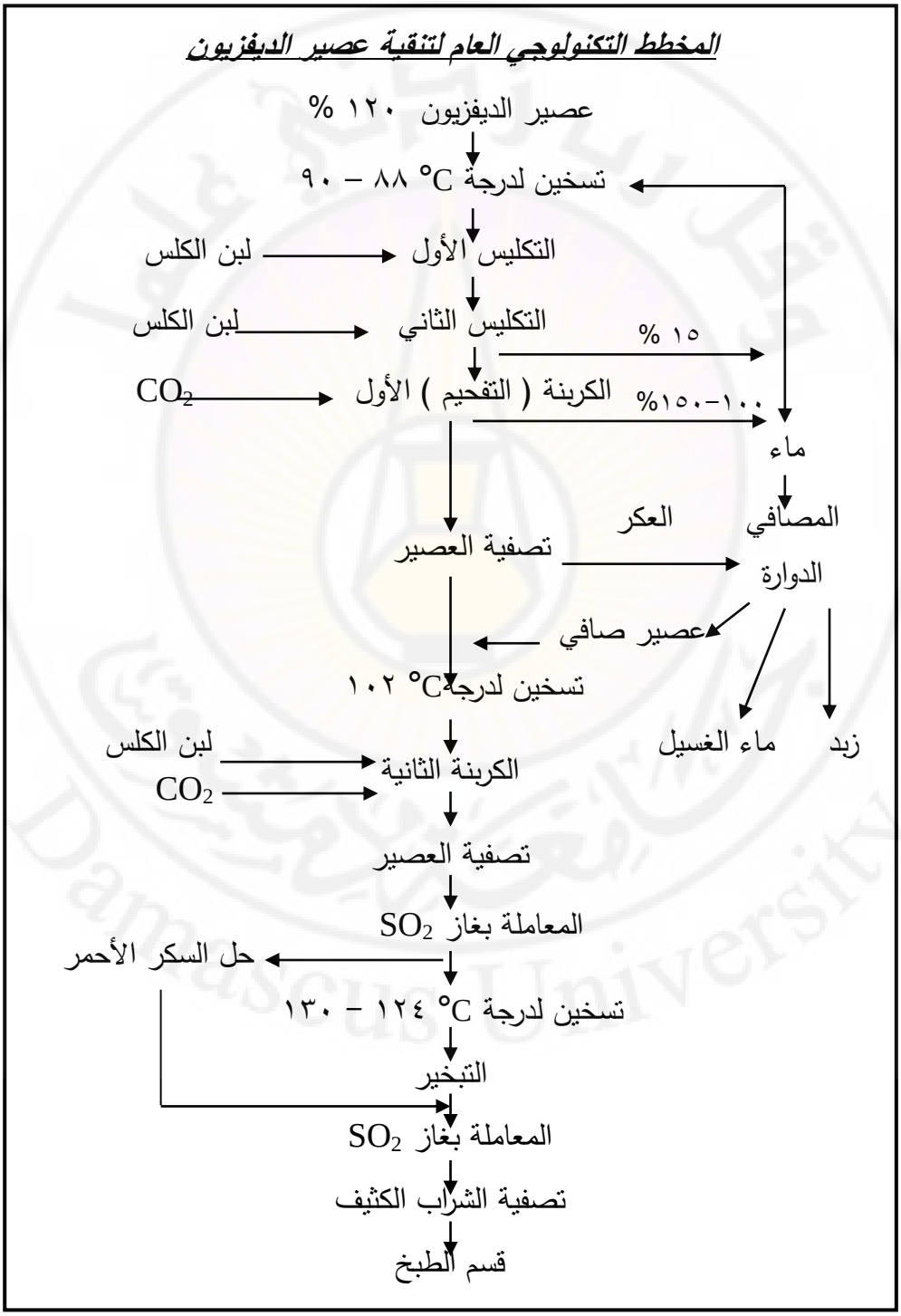
الجدول ( ) التركيب الوسطي لعصير الكربنة الثانية وعصير الديفزيون (%)

اسم المركب %	عصير الديفزيون	عصير الكربنة الثانية
السكروز	١٥,٠	١٣,٧
المواد الأزوتية	٠,٧	٠,٥
المواد العضوية غير الأزوتية	٠,٩	٠,٤
الرماد	٠,٤	٠,٣

تتعلق كمية الفاقد العام من السكر في محطة التنقية بالخط التكنولوجي المستخدم في المصنع ، وكذلك بنوعية الشوندر المصنع، وبمدى التقيد بالتعليمات الفنية أثناء التصنيع ، وتتراوح كمية الفاقد العام ما بين ٠,١ ÷ ٠,١٥ % بالنسبة لوزن الشوندر، أما كمية الفاقد المجهول فتتراوح أيضاً ما بين ٠,١٢÷ ٠,١٥ % بالنسبة لوزن الشوندر، أي أن كمية الفاقد العام من السكر بمحطة التنقية حوالي ٠,٣ % بالنسبة لوزن الشوندر المصنع ، يوضح الجدول ( ) التركيب الوسطي لعصير الكربنة الثانية مقارنة مع عصير الديفزيون .

والشكل ( ) يوضح المخطط العام المتبع لتنقية عصير الديفزيون ، أما الشكل ( ) فيوضح المخطط التكنولوجي لتنقية عصير الديفزيون في معملي الرقة ومسكنة (من صنع شركة ABR البلجيكية) .

المخطط التكنولوجي العام لتنقية عصير الديفزيون



الشكل ( )

- **استخدام بالمبادلات الشاردية في التنقية:**

يعود استخداو المبدلات الشلردية في تنقية العصير السكري والشراب الى عام ١٩٤١ في الولايات المتحدة الأمريكية ، وبعد ذلك استُخدمت في الإتحاد السوفييتي السابق ،

وهي عبارة عن مواد قطبية تقوم حسب نوعها بالتقاط الشوارد(الموجبة والسالبة) من العصير وتبادلها بالمقابل بشاردة مكافئة ، فالتبادل الشاردي تفاعل كيميائي عكوس يتم بمساعدة مواد غير منحلة طبيعية أو اصطناعية ، وتتعلق سرعة التبادل بسرعة انتشار الشوارد داخل الحبيبات نفسها ، ، وتؤثر في هذه السرعة العوامل التالية: ودرجة حرارة العصيروقيمة pH الوسط وتركيز الشوارد ووزنها الذري .

تستخدم في صناعة السكر المبادلات الشاردية بهدف تنقية العصير أو الشراب من المواد اللاسكرية ومن المواد الملونة التي تعيق عملية بلورة السكاروز ، ويتم الحصول بهذه الطريقة على عصير نقي خال تماما من الشوارد السالبة والموجبة،حيث يتم فصل حوالي ٨٥ % من المواد الاسكرية من العصير و٥٦ % من المواد الازوتية ، مما يؤدي الى ارتفاع نقاوة العصير لتصل الى ٩٨,٥ % ، ويصبح العصير عديم اللون (الذي يعود اثناء مرحلة تكثيف العصير ، بسبب تشكل مركبات الميلانودين) بسبب ارتفاع تركيز السكريات المرجعة والحموض الامينية.

كما يلاحظ عدم تشكل الرواسب على سطح المبادلات الحرارية خلال مرحلة تكثيف العصير والسبب في ذلك التخلص من الشوارد السالبة التي تعطي رواسب مع $Ca(OH)_2$ ،كما ان عملية البلورة تجري بسهولة وتنخفض نقاوة المولاس الناتج من صناعة السكر الى حدود ٤٥-٥٠ %(اذ ينخفض مردود المولاس بهذه الطريقة الى ١ %بالمقارنة مع ٤ % في الحالات العادية)، كما يرتفع مردود السكر الابيضبمقدار ١,٢٥ %. هذا ويمكن استخدام هذه الطريقة بشكل مع الفحم الفعال حيث يمرر الشراب في البداية على الفحم ومن ثم تتم تصفيته قبل استخدام التبادل الشاردي وبذلك يتمالتخلص من ٧٠ -٨٠ %من المواد المولونة الموجدة في العصير والشراب السكري .

-الكبرتة: يقصد بعملية السلفنة معاملة عصير الكربنة أو مزيج الشراب الكثيف والقطر (الكليرا) بغاز SO_2 ، الذي يتم الحصول عليه بحرق الكبريت في أفران خاصة ، بهدف إزالة اللون بإرجاع المواد الملونة وتحويلها إلى مركبات عديمة اللون .

يتم معالجة المحاليل السكرية وفق المخطط التكنولوجي :

– العصير السكري بعد الكربنة الرئيسية حتى pH =٨,٥ –٨,٨ .

– الشراب السكري الناتج عن اذابة السكر الاحمر حتى pH =٨ –٨,٣ .

– الماء قبل استخدامه في اجهزة الاستخلاص حتى pH =٥,٥ –٦ .

تهدف عملية الكبرتة الى :

– ازالة الملونات في العصير السكري (التخلص من المولونات)أي تبيض العصير السكري .

–منع تشكل المواد الملونة اثناء عملية التبخير .

–خفض قلوية و لزوجة العصير مما يحسن عملية الترشيح والتصفية ويساعد على اجراء عملية بلورة السكاروز .

ان معالجة العصير السكري بغاز CO_2 بعد الانتهاء من الكربنة ضروري ومن المهم جدا التخلص من كامل كمية الكلس ، وذلك قبل معالجته بغاز CO_2 وذلك لانه لو بقيت ولو كمية قليلة من الكلس فانه سيتشكل مادة كبريتات الكالسيوم وهي مادة راسبة وفق المعادلة التالية :

$$Ca(OH)_2+H_2SO_3=CaSO_3+2H_2O$$

والتي تترسب على سطح جهاز التبادل الحراري .

الحصول على غاز SO_2 :

يتم الحصول على غاز SO_2 بحرق الكبريت في أفران خاصة ، حيث يتشكل مزيج غازي يتألف من غاز SO_2 بكمية ١٠ – ١٥ % والهواء بكمية ٨٥–٩٠% وغاز SO_3 بكميات قليلة ، يتشكل غاز SO_3 عن تأثير أكسجين الهواء الجوي وفق التفاعل التالي :

$$SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

لا يصلح غاز SO_3 لإجراء عمليةالكبرتة ، وذلك لأنه يُشكل في العصير كبريتات المعادن القلوية التي تؤدي إلى زيادة كمية الرماد ضمن العصير ، كما يؤدي أيضاً إلى تآكل معادن التجهيزات .

غاز ثاني أكسيد الكبريت عديم اللون ، ذو رائحة واخزة وسام ، يذوب بشكل جيد في الماء

ويتشكل حمض الكبريتي H_2SO_3.

للحصول على غاز SO_2 مباشرة بحرق الكبريت في مصانع السكر له سلبياته ومنها :

١–تحتاج الى اجهزة كبيرة الحجم نسبيا .

٢–تسبب تلوث جو المعمل و الضرر للعمال.

٣–تحتاج الى عناية كبيرة لهذه الاجهزة .

٤ – قسم من الكبريت يضيع اثناء نقله وحرقه .

لهذه الاسباب اصبحت اغلب شركات السكر تعتمد على استخدام غاز SO_2 المائع او السائل الذي ينقل الى مصانع السكر باستخدام سيارات صهاريج خاصة سعة ٥٥ طن

يملك حمض الكبريتي خاصة الإرجاع ويقوم بإرجاع ألدهيدات وكيتونات السكريات الأحادية أو المركبات التي تتفكك وينتج عن تفككها مواد ملونة ، ويقوم كذلك بخفض القلوية التفاعل التالي :

$$K_2CO_3 + H_2SO_3 = K_2SO_3 + H_2O + CO_2$$

ينخفض pH عصير الكربنة الثانية إلى (٨,٥ – ٩) و pH الشراب الكثيف إلى (٨,٢ – ٨,٥) ، لا يزيد زمن الكبرتة عن خمس دقائق ، وعامل الاستفادة من الغاز يتراوح بين ٧٠ – ٧٥ % لعصير الكربنة الثانية ، و١٥ – ٢٥ % للشراب الكثيف .

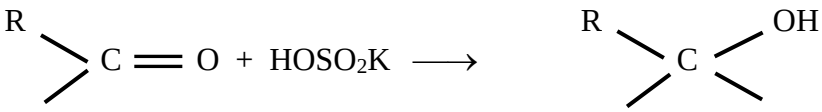
إن جميع المركبات العضوية الملونة تحتوي على مجموعة كروموفورية غير مشبعة (مجموعة حاملة للون) ، وعند إجراء عملية الكبرتة يتم التأثير على الروابط غير المشبعة في المركبات الملونة وتتحول إلى مركبات غير ملونة (ينخفض اللون نتيجة لإجراء عملية الكبرية إلى ٢٠ –٣٠ %) وتبقى المواد الملونة التي أزيل لونها في المحلول ، لهذا لا يمكن اعتبار عملية السلفنة من عمليات التنقية ، علما أن رفع درجة الـ pH إلى القيمة السابقة يؤدي إلى ظهور الألوان من جديد .

ينحصر التأثير الإيجابي لعملية السلفنة لعصير الكربنة الثانية في قدرة حمض الكبريتي وأملاحه التأثير على المجموعة الكربونايلية للسكريات المرجعة ، ومنع هذه الزمر من الاشتراك في تفاعلات تشكيل المواد الملونة .

وهذا ما توضحه التفاعلات التالية :



ألدهيد بيسولفيت البوتاسيوم



R R OSO_2K

بيسولفيت البوتاسيوم كيتوز

أما من ناحية خفض القلوية ، فإنه هنا يجب التمييز بين حالتين :

- في حالة تصنيع شوندر سكري جيد النوعية ذو قلوية طبيعية عالية أومرتفعة : إن القلوية الطبيعية المرتفعة تؤدي إلى بعض الصعوبات في محطة البلورة ، ولا يُنصح في هذه الحالة باستخدام طريقة فوق الكربنة (أي مُعالجة عصير الكربنة الثانية بكميات فائضة من غاز الاشباع والحصول على عصير ذو قلوية منخفضة) ، لأنه ستتشكل في هذه الحالة بيكربونات البوتاسيوم التي ستتفكك في محطة المباخر وفق التفاعل التالي :

$$2KHCO_3 = K2CO_3 + H_2O + CO_2$$

وترتفع القلوية من جديد .

لذلك فإن الأسلوب الوحيد لخفض القلوية المرتفعة وتجنب حدوث الصعوبات المذكورة هي إجراء عملية السلفنة .

- في حالة تصنيع شوندر سكري سيء النوعية ذو قلوية طبيعية منخفضة :

في هذه الحالة يتحول العصير المُسلفن إلى محلول حمضي ، ويمكن أن يحدث تفكك للسكروز في الوسط الحمضي ، وهنا يمكن اللجوء إلى إحدى طريقتين :

– إبقاء قلوية عصير الكربنة الثانية مرتفعة نوعاً ما أثناء أجراء الكربنة الثانية أي بحدود Ca0% ٠,٠٤–٠,٠٣ ، وهذا يؤدي إلى ظهور الرواسب في محطة المباخر ، لذلك لا ينصح باستخدام هذه الطريقة .

– الطريقة الثانية المستخدمة هي إجراء عملية الكربنة الثانية للعصير بشكل اعتيادي (أي حتى قلوية مثالية) ومن ثم السلفنة بغاز SO_2 وإضافة مادة بيسلفيت أو سلفيت البوتاسيوم بكمية ٠,٠ ٣–٠,٠٢% بالنسبة لوزن الشوندر ، ويستخدم هذان المركبان لأنهما عبارة عن أملاح لحموض ضعيفة وأساس قوي ولذلك فإنهم يقومون بتثبيت pH العصير .

يفترض إجراء عملية السلفنة لعصير الكربنة الثانية بعد إزالة أملاح الكالسيوم الفائضة منه و تصفيته ، نظراً لأن وجود أملاح كالسيوم فائضة في العصير المسلفن يتسبب في تشكيل سولفيت الكالسيوم الذي يتميز بانحلاليته المرتفعة مقارنة مع انحلالية كربونات الكالسيوم ، لهذا عند التبخير يُلاحظ ازدياد في كمية الرواسب المتشكلة على سطوح التسخين .

التركيب الكيميائي للعصير السكري بعد عمليات التنقية :

يتكون التركيب الكيميائي للعصير السكري الجدول( ) بعد عمليات التنقية من المؤشرات التالية.

الجدول (...) يبين متوسط بعض المؤشرات الكيميائية للعصير السكري بعد التنقية

المادة الصلبة%	السكاروز %	المواد الازوتية%	المواد العضوية الازوتية%	الرماد %	النقاوة%	لون العصير%	املاح الكالسيوم%
١٤-١٢	١٢-١٠	٠,٥- ٠,٧	٠,٥-٠,٤	٠,٥	٩٢-٨٦	٢٥-١٥ وحدة نظامية	٠,٠١٥

الفصل الخامس

التبخير والتكثيف

نحصل من تصنيع ١٠٠ كغ شوندر على حوالي ١٢٥ كغ عصير كربنة ثانية مُصفى ، ويحتوي هذا العصير على حوالي ١٥ % مادة صلبة منحلة ، وللحصول على السكر الأبيض من هذا العصير بعملية البلورة من الضروري تبخير الماء وتكثيف هذا العصير حتى درجة تركيز مناسبة .

بهدف الحصول على بلورات السكر من العصير بعد المعالجة الفيزيائية والكيميائية (التنقية) يتم تكثيف العصير على مرحلتين :

المرحلة الأولى : تكثيف العصير في محطة التبخير وصولاً إلى تركيز (٦٠-٦٥ %) كمادة جافة (بريكس Brix) .

لمرحلة الثانية : تكثيف العصير في محطة البلورة (الطبخ) وصولاً إلى درجة فوق الإشباع .

يتم إجراء المرحلة الأولى كما هو معروف في صناعة السكر قي محطة المباخر التي تُعتبر من أكبر المحطات المُستهلكة للبخار في مصنع السكر وبنفس الوقت مولداً له ، حيث يتم توزيعه على الأقسام والمحطات الأخرى.

يعود إجراء عملية التكثيف على مرحلتين إلى السببين التاليين :

١) يسمح انخفاض لزوجة العصير في المرحلة الأولى باستخدام محطة التبخير ذات الأجسام المتعددة ، وتخفيض استهلاك البخار بمقدار ٢,٥ مرة ، نتيجة لاستخدام البخار الثانوي الناتج في العمليات الإنتاجية .

٢) تنخفض درجة انحلال أملاح الكالسيوم وترتفع درجة التلون ونسبة السكر المتفكك عند ارتفاع تركيز المادة الجافة ، لهذا يفترض سلفنة الشراب الكثيف الناتج بعد المرحلة الأولى لتخفيض درجة التلون ، وتصفيته لفصل الرواسب .

٥-١- مقدمة عن عملية التبخير :

يتبخر الماء من العصير نتيجة للتبادل الحراري بين البخار المستخدم في عملية التبخير والعصير عبر سطح التبادل مشكلاً البخار الثانوي .

إن الطاقة الكامنة للبخار المستخدم في عملية التبخير (البخار المغذي) متقاربة مع الطاقة الكامنة للبخار الثانوي ، ومنه فإن ١كغ من البخار المغذي يؤدي إلى تبخير ١ كغ من ماء العصير (بعد تسخينه إلى درجة الغليان) ، أي أن استهلاك البخار اللازم لتبخير ٩٨,٥ كغ من ماء العصير (حسب المثال السابق) هو٩٨,٥ كغ ، إضافة إلى ٥٠ كغ أخرى نحتاجها لأغراض تكنولوجية مختلفة ، وبالتالي فإن استهلاك البخار في حال استخدام جهاز واحد للتبخير لا يقل عن ١٤٨,٥ كغ من وزن الشوندر المصنع .

فإذا كان ١ كغ من الوقود (الفيول مثلاً) ينشر ٤٠٠٠٠ كجول، فإنه يعمل على تبخير قرابة ١٠ كغ من الماء ، والوقود اللازم لتصنيع ١٠٠ كغ من الشوندر يكون $\frac{148.5}{10} = 14.85$كغ ، وهي قيمة مرتفعة جداً .

لتخفيض استهلاك الطاقة (الوقود) تستخدم محطات تبخير متعددة الأجسام (٤ أجسام ومكثف) ، بحيث يستفاد من البخار الثانوي الناتج عن كل جسم في تغذية الجسم الذي يليه ، وبهذا الشكل فإن واحد كيلو غرام من البخار المغذي يعمل على تبخير٤ kg من الماء في حال عدم استجرار أية كمية من البخار الثانوي لأغراض تكنولوجية أخرى ، أو ٢,٥ كغ من الماء في حال الاستجرار ، أي أن استهلاك الوقود ينخفض إلى $\frac{14.85}{2.5} = 5.9$ % (بالنسبة لوزن الشوندر) .

يعتمد مبدأ عمل المباخر على فرق الضغط بين الجسمين المتتاليين من محطة المباخر وبالتالي فرق درجة الغليان فيهما . وتؤثر على الفرق النافع لدرجة الغليان(بين درجة حرارة البخار ودرجة غليان العصير)عوامل سلبية منها :

١- الفرق بين درجة غليان المحاليل السكرية (المتعلقة بالتركيز) وبين درجة غليان الماء الصافي ، والجدول ( ) يوضح فرق درجة غليان المحاليل السكرية عن درجة غليان الماء الصافي ΔT_S .

الجدول ( ) علاقة T_S بتركيز المحاليل السكرية .

البريكس %	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٥٥	٦٠	٦٥	٧٠
درجة الغليان °م	١٠٠,٣	١٠٠,٧	١٠١,٢	١٠٢,٠	١٠٢,٦	١٠٣,٣	١٠٤,٣	١٠٥,٤
ΔT_S °م	٠,٣	٠,٧	١,٢	٢,٠	٢,٦	٣,٣	٤,٣	٥,٤

٢- ضياع الحرارة الهيدروديناميكي الناتج عن مرور البخار عبر أنابيب طويلة خاصة

إذا كانت الأنابيب غير معزولة وملتوية .

- **تصنيف المباخر** :تُصنف المباخر على النحو التالي :

آ –**حسب عدد الأجسام:** – محطة مباخر مؤلفة من ثلاثة أجسام ومكثف(مُركز).

– محطة مباخر مؤلفة من أربعة أجسام ومكثف(مُركز).

–محطة مباخر مؤلفة من أربعة أجسام مع الجسم صفر

ب– **حسب ضغط البخار الناتج من الجسم الأخير :**

– محطة مباخر تعمل تحت الضغط (أعلى من الضغط الجوي) .

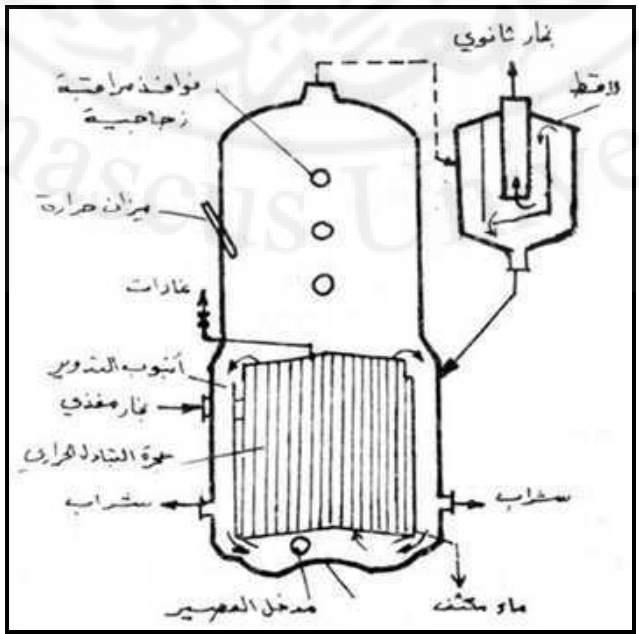
– محطة مباخر تعمل تحت الفراغ .

- **مبدأ عمل المباخر :**

يتألف جسم المبخرة من حجرة التبادل الحراري ، وهي عبارة عن شبكة من الأنابيب يمر بها العصير ، ويتوزع بينها البخار المغذي ، عند ارتفاع درجة حرارة العصير داخل الأنبوب ينخفض وزنه النوعي ويرتفع إلى الأعلى ليحل مكانه عصير أبرد ، وينساب العصير الساخن على السطح العلوي لحجرة التبادل الحراري عائداً للأسفل عبر أنابيب التدوير التي تكون في وسط الحجرة كأنبوب مركزي ، أو على شكل أنابيب خارجية ،الشكل ( )وفي هذه الحالة يكون السطح العلوي لحجرة التبادل محدباً للمساعدة في عملية التدوير .

يتكثف البخار المغذي نتيجة للتبادل الحراري ، ويتم استخدام المياه المتكثفة لأغراض تكنولوجية مختلفة ، أما الغازات غير المتكثفة فتنطلق من أنبوب خاص إلى خارج الحجرة .

يمر البخار الثانوي الناتج عبر لاقط القطرات لتخليصه من قطرات العصير التي قد يحملها معه وإعادتها إلى جسم المبخرة .



الشكل ( ) جسم جهاز التكثيف.

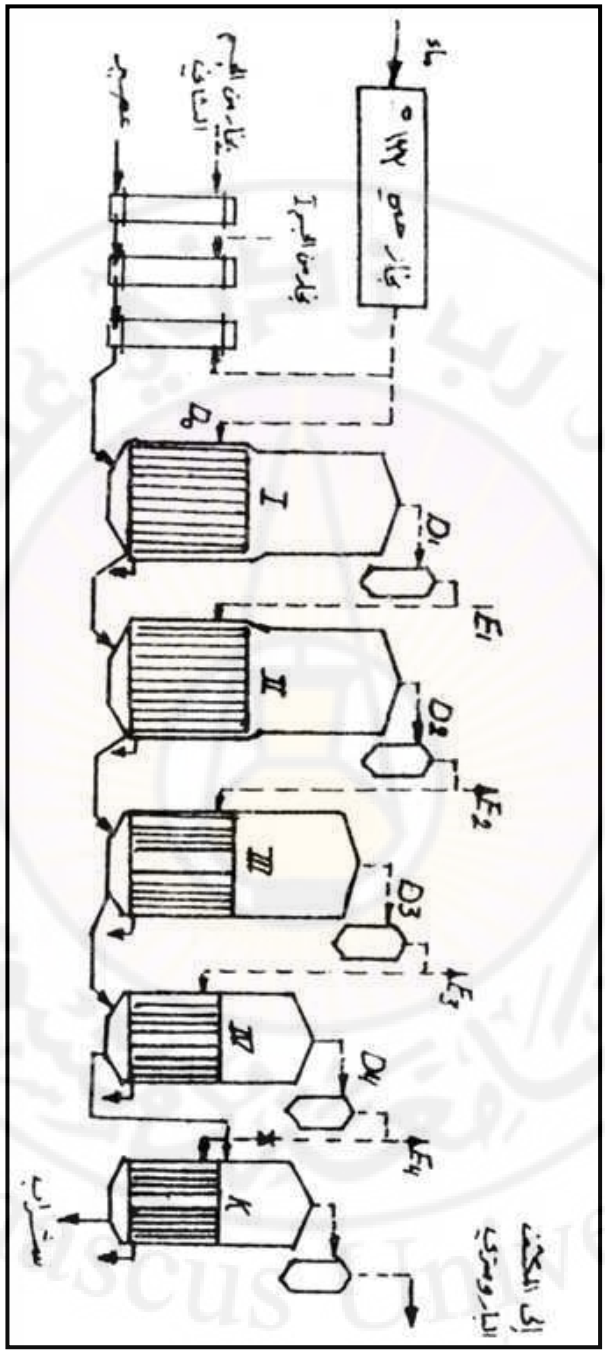
تزود المبخرة بأجهزة مراقبة وإنذار مثل موازين الحرارة والضغط ، وأجهزة قياس المادة الجافة ، وصمامات الأمان ، وأجهزة التحكم الآلي .

يتراوح ارتفاع مستوى العصير في أجسام المباخر في المجال :

- (٣٠ – ٣٥ %) من ارتفاع حجرة التبادل الحراري في الجسم الأول .
- (٣٥ – ٤٠ %) في الجسم الثاني .
- (٤٠ – ٤٥ %) في الجسم الثالث .
- (٤٥ – ٥٠ %) في الجسم الرابع .
- (٥٠ – ٥٥ %) في المُكثف .

الشكل رقم (٥-٢) يوضح مخطط عمل محطة المباخر ، حيث يسخن العصير على ثلاث مراحل :

١- المرحلة الأولى : يسخن العصير في مبادل حراري أنبوبي يُغذى بالبخار



الشكل رقم (٥- ٢) مخطط عمل محطة التبخير الثانوي الناتج عن الجسم الثاني من محطة

٢- المرحلة الثانية : يسخن العصير في مبادل حراري أنبوبي يُغذى بالبخار الثانوي الناتج عن الجسم الأول .

٣- المرحلة الثالثة : يسخن العصير في مبادل حراري أنبوبي يغذى بالبخار الحي أو الرئيسي الناتج من العنفات .

الجدول ( ) قيم الحرارة والضغط في محطة التبخير.

درجة الحرارة °م	جسم المبخرة				المكثف
	I	II	III	IV	
١- البخار المغذي	١٣٣	١٢٤,٥	١١٥	١٠١	٨٤
٢- غليان العصير	١٢٦	١١٧	١٠٤,٥	٨٩	٦٨,٤
٣- بخار العصير	١٢٥,٥	١١٦	١٠٢	٨٥	٦٥
٤- الماء المكثف	١٣٠	١٢٣,٥	١١٣	٩٩	٨٢
٥- الفرق النافع بدرجة الحرارة ΔT	٧	٧,٥	١٠,٥	١٢,٠	١٥,٦
٦- فرق درجة الغليان Ts	٠,٥	١,٠	٢,٥	٤	٣,٤
الضغط	جسم المبخرة				المكثف
	I	II	III	IV	
١- ضغط البخار المغذي (MPa)	٠,٣٠	٠,٢٣٢	٠,١٧٣	٠,١١	٠,٠٥٧
٢- ضغط بخار العصير (MPa)	٠,٢٤٤	٠,١٨٠	٠,١١٣	٠,٠٦٠	٠,٠٢٦
٣- ضغط البخار المغذي (kg/cm^2)	٢,٩٢	٢,٣٢	١,٧٣	١,١٠	٠,٥٧
٤- ضغط بخار العصير (kg/cm^2)	٢,٤٤	١,٨٠	١,١٣	٠,٦٠	٠,٢٦

وكما نلاحظ أن (٥) = (١) – (٢) وكذلك (٦) = (٢) – (٣)

تتم عملية التكثيف بالتتالي في أجسام المحطة ، حيث ينتقل العصير المسخن إلى الجسم الأول الذي يغذى بالبخار الحي D_o .

ينتج عن عملية التبخير البخار الثانوي D_1 الذي يستخدم جزء منه E_1 لأغراض تكنولوجية مختلفة ، والجزء المتبقي يُستخدم في تغذية حجرة التبادل الحراري للجسم الثاني ، وهكذا تتم العملية في كافة الأجسام وصولاً إلى المكثف البارومتري الذي يقوم بتكثيف البخار الثانوي الناتج عن

المكثف (المُركز) لتشكيل التخلخل فيه ، أما الغازات غير المُتكاثفة فيتم سحبها بواسطة مضخة تخلخل (أو مضخة تفريغ) .

يبين الجدول رقم (٥-٢) درجات الحرارة والضغط في محطة التبخير.

مما سبق نستنتج أن استهلاك البخار الحي لتغذية الجسم الأول هو٤١,٩كغ لكل ١٠٠كغ شوندر ، في حين أن استهلاك البخار في محطة تبخير مؤلفة من جسم واحد هو ٩٨ kg ، أي أن محطة التبخير ذات الأجسام المتعددة (٤ أجسام ومكثف حسب مثالنا) خفضت استهلاك البخار بمقدار $\frac{98}{41.9}$ = ٢,٤ مرة ، ومن الجدول( ) يتبين أن استهلاك البخار الحي لأغراض تكنولوجية مختلفة (السخّانة الثالثة قبل المباخر ، تسخين الشراب قبل الطبخ ، تسخين الكليرا والفارزات ، والتجفيف والمكابس التفل) هو ٥ كغ لكل ١٠٠ كغ شوندر ، أي أن الاستهلاك الكلي للبخار الحي في المعمل هو ٤١,٩ + ٥ = ٤٦,٩ كغ لكل ١٠٠كغ شوندر .

- التفاعلات الكيميائية التي تحدث أثناء عملية التكثيف:

- تغير درجة الـ pH:

يتفكك خلال عملية التبخير حوالي 0.04 - 0.06 % من السكروز و 30 % من السكاكر المرجعة ، وتتشكل حموض عضوية مختلفة تقوم بخفض درجة الـ pH ، ويستمر هذا التفكك أثناء عملية البلورة ، ويعود السبب في حدوث هذه الظاهرة إلى عدم انتهاء التفاعلات الكيميائية أثناء عملية التكليس، إما بسبب نقص زمن التكليس، أو انخفاض في درجة الحرارة ، أو تصنيع شوندر يحتوي على نسبة مرتفعة من الأميدات و السكاكر المرجعة ، وللحفاظ على درجة الـ pH (بحدود ٨) أثناء عملية التبخير ، تضاف مواد قلوية مثل : ماءات الصوديوم ، كربونات الصوديوم أو فوسفات ثلاثية الصوديوم .

يمكن أن يحدث ارتفاع في درجة الـ pH (حالة نادرة) بسبب ارتفاع القلوية الطبيعية للشوندر المصنع ، أو نتيجة لاستمرار الكربنة إلى ما دونpH = ٩ ، فتتحول الكربونات إلى البيكربونات التي تتفكك عندارتفاع الحرارة في محطة المباخر فتتشكل الكربونات من جديد مسببة رفع القلوية .

- تغير اللون :

تزداد درجة تلون العصير او الشراب نتيجة للكرملة ، و لتفكك السكريات المرجعة في أثناء عملية التبخير ، و تشكل الميلانويدينات التي تنتج عن تفاعل هذه السكريات مع المركبات الأمينية

، ويساعد ارتفاع درجة الحرارة في محطة المباخر في تسريع هذه التفاعلات .

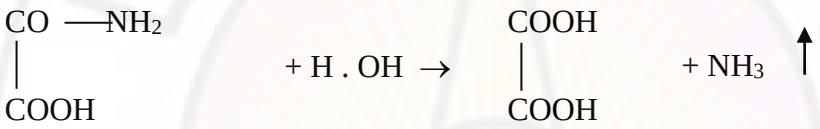
و بشكل عام يمكن القول إن تشكل المواد الملونة أثناء عملية التبخير ، يرتبط بشكل أساسي بقيمة pH الوسط ، ودرجة الحرارة ، وتركيز المادة الجافة وزمن عملية التبخير ووجود شاردة الحديد ، وسترد لاحقاً بشكل مُفصل أسباب تشكل المواد الملونة في صناعة السكر .

- **تشكل الرواسب :**

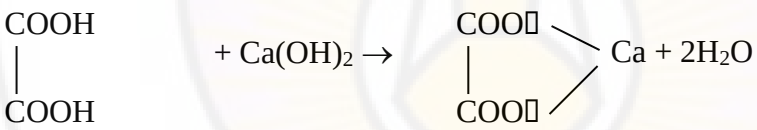
يعود سبب تشكل الرواسب في أثناء عملية التبخير إلى التالي :

١. ترسيب أملاح الكالسيوم المنحلة بسبب ارتفاع التركيز ووصوله إلى درجة الإشباع .

٢. استمرار تفاعل تفكك الحموض العضوية في أثناء عملية التبخير إضافة إلى تفاعلاتها مع أملاح الكالسيوم .



حمض الأوكزاليك



أوكزالات الكالسيوم

٣. تشكل كربونات الكالسيوم نتيجة تفكك بيكربونات الكالسيوم عند ارتفاع درجة الحرارة .

$$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

٤. استمرار تفاعلات التبادل بين أملاح الكالسيوم المنحلة و كربونات البوتاسيوم (أو الصوديوم) :

$$Ca\,A_2 + K_2CO_3 = CaCO_3 + 2K\,A$$

ويبقى في الشراب الناتج بحدود ٢٠% من الرواسب المختلفة ، ويترسب الجزء الأكبر على سطوح التبادل الحراري في محطة التبخير ، وتختلف كمية الترسبات على سطوح التبادل الحراري من جسم لآخر وفق التسلسل التالي ١٥% ، ٢٥-٣٠ % ، ٤٠-٥٠% ، ١٠ % في الأجسام الأربعة .

تنخفض الطاقة الانتاجية لاجهزة التكثيف من ١٠٠ % الى ٣٤-٥٢ % اذا كانت سماكة

الراسب امم ، وتنخفض الى ٢٠–٣٥ % اذلكانت سماكة الراسب ٢ مم.وعندما تصل سماكة الترسبات في الجهاز الاول الى ٠,١–٠,٥مم وفي الجهاز الاخير الى٢–٣ مم ، عندها يجب نزعها كيميائيا فتفرغ الاجهزة من العصير ويتم تعبئتها بمحلول مادة كربونات الصوديوم بتركيز ٦–١٢ %، بمقدار الثلث للجهزين الاول والثاني، والنصف للثالث والرابع وغلي المحلول لفترة زمنية ١٥٠–٢٤٠ دقيقة نتيجة ذلك تتحول المواد المترسبة الى املاح منحلة .إن توضع الترسبات على سطوح التبادل الحراري يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة ، وانخفاض تركيز الشراب و بالتالي انخفاض الطاقة التصنيعية .

وتستخدم لإزالة الترسبات طرق كيميائية تعتمد على إضافة محلول كربونات الصوديوم (٦–١٢%) بدلاً من العصير ، مع إبقاء عملية التسخين بالبخار بشكل اعتيادي لمدة ١٥٠ – ٢٤٠ دقيقة ، فتتحول الرواسب إلى مواد ضعيفة الانحلال:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$\begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} \quad Ca + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + \quad \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix}$$

ثم تغسل الأجسام بالماء و يضاف حمض كلور الماء ١ – ٢,٥ % ، ويستمر الغليان لمدة ٢٠– ٢٥ دقيقة ، فتنحل أملاح كربونات الكالسيوم و تتحول إلى كلور الكالسيوم .

$$CaCO_3 + 2\,HCl = Ca\,Cl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

يتم أثناء عملية المعالجة الكيميائية ضبط مستوى محاليل المعالجة على ارتفاع يغطي ثلث أنابيب التبادل في الجسمين الأول و الثاني ، و نصف الأنابيب في الأجسام التالية ، أما تراكيز المحاليل فتتدرج من ٦ % محلول كربونات الصوديوم في الجسم الأول إلى ١٢% في الجسم الرابع ، و ١ % محول حمض كلور الماء في الجسم الأول إلى ٢,٥ % في الجسم الرابع .

عند احتواء الترسبات على نسبة عالية من السيليكات ، يفضل استخدام ماءات البوتاسيوم بدلاً من كربونات الصوديوم ، وعند احتوائها على سكر محروق يفضل استخدام محلول برمنغات البوتاسيوم القلوي ، وعندما تحتوي على كمية كبيرة من أوكزالات الكالسيوم ، فيتم غسل الأجسام بمحلول كربونات الصوديوم عدة مرات متتالية.

ويمتاز الشراب الناتج عن عملية التكثيف و التبخير بتركيز(٦٠–٦٨)%، و pH = ٨,٢ – ٨,٥ ، باحتوائه على الرواسب ، إضافة إلى ارتفاع في درجة التلون مقارنة بالعصير قبل التبخير ، ويجب معالجته قبل الوصول إلى محطة البلورة ، لهذا يمزج مع محلول السكر الأحمر الناتج عن الطبختين

الثانية و الثالثة في نظام الطبخ (البلورة) الثلاثي (محلول السكر الأحمر يطلق عليه اسم الكليرا أو القطر) ، و يعامل بغاز SO_2 (الكبرتة) لإزالة اللون ورشح اللون لفصل الرواسب.

في السنوات الأخيرة لجأت دول عديدة إلى تقصير زمن دورة الشوندر (زمن تصنيع الشوندر) لتفادي الفاقد أثناء عملية التخزين (خاصة في البلدان الحارة نسبياً) ، وذلك بتخزين ٥٠ % فقط من شراب المباخر في خزانات خاصة ، فيمكن بهذه الطريقة مضاعفة الطاقة التصنيعية للمصنع دون الحاجة لتوسيع قسم البلورة الذي يستهلك كمية كبيرة من البخار ، ويستمر تشغيل قسم البلورة بعد انتهاء موسم الشوندر لتصنيع الشراب المخزن .

إن الشراب الناتج (بتركيز ٦٥ – ٧٠)% قابل للتخزين من الناحية الميكروبيولوجية نظراً لأن نشاط الأحياء الدقيقة عند هذا التركيز يكون بحدوده الدنيا ومحصوراً بالطبقة السطحية ، ويمكن تفادي ذلك بصب طبقة من البارافين على سطح الشراب المخزن وإضافة الفورمول (الفورم ألدهيد)(٠,١ % من وزن السكر) .

– العوامل المؤثرة على عمل اجهزة التكثيف :

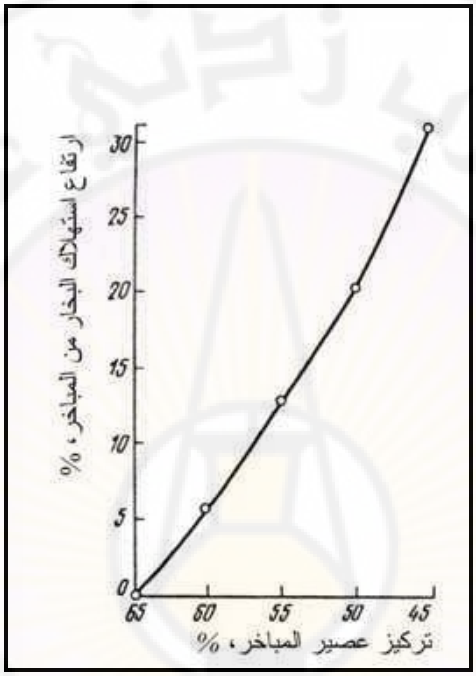
تؤثر على عمل اجهزة التكثيف وعلى استهلاك البخار الرئيسي والثانوي العوامل التالية:

- حلاوة الشوندر وتركيز المواد المنحلة في العصير .
- كمية السحب .
- نقاوة العصير .
- نسبة تمديد عصير الديفزيون .
- نظام سحب البخار الثانوي .
- عوامل أخرى .

. **تأثير حلاوة الشوندر وتركيز المواد المنحلة في العصير** : عند ارتفاع درجة حلاوة الشوندر المُصنع وثبات كمية السحب ، تنخفض كمية الماء المتبخرة نتيجة لارتفاع تركيز المواد الصلبة المنحلة في العصير ، و يزداد استهلاك البخار الثانوي المستخدم في محطة البلورة ، نظراً لأن كمية العصير المُكثف تزداد ، ويرتفع مُعدل استهلاك البخار في محطة المباخر ، وقد وجد أنه عند ارتفاع حلاوة الشوندر درجة واحدة ، يُصبح استهلاك البخار أكبر بحوالي٠,٦٣ كغ لكل ١٠٠ كغ شوندر ، والعكس تماماً يحدث عند انخفاض درجة الحلاوة ، عند ذلك تنشأ ضرورة إعادة توزيع البخار الثانوي على المحطات المختلفة .

. تأثير كمية السحب : عند زيادة كمية السحب لعصير الديفزيون وثبات تركيز المواد الصلبة المنحلة في العصير المُكثف ، فإن استهلاك البخار الرئيسي في محطة المباخر يزداد ، وكذلك تزداد كمية البخار الثانوي والمياه المتكاثفة الناتجة.

أما عند ثبات حلاوة الشوندر وكمية السحب ، فإن انخفاض تركيز المواد الصلبة في العصير المُكثف يؤدي إلى زيادة استهلاك البخار الثانوي في محطة البلورة ، نظراً لأن كمية الماء التي يتوجب تبخيرها في محطة المباخر على عدة مراحل سيتم تبخيرها في جهاز الطبخ في مرحلة واحدة ، ويكون استهلاك البخار الثانوي في محطة البلورة في هذه الحالة كبيراً . يبين الشكل ( ) العلاقة ما بين كمية البخار الثانوي المستهلك في محطة البلورة وتركيز العصير المُكثف .



الشكل ( ) العلاقة بين ارتفاع استهلاك البخار في محطة البلورة وتركيز المباخر.

. تأثير نقاوة العصير المُكثف : يؤدي انخفاض نقاوة عصير الديفزيون (في حال ثبات حلاوة الشوندر والطاقة الإنتاجية للمصنع وكذلك ثبات مردود التنقية) إلى زيادة عدد الطبخات ٢ و٣ ، نظراً لزيادة كمية المواد غير السكرية ، ونتيجة لذلك تزداد كمية السكر المعاد بلورته (إذابة ، تصويل) وكذلك كمية الكتلة المصولة ، مما يزيد الفاقد بالسكر ، وتقدر الزيادة في كمية البخار المستهلكة في محطة المباخر عند انخفاض نقاوة العصير المُكثف درجة واحدة ، بمقدار ١ – ١,١ كغ لكل ١٠٠ كغ شوندر مُصنع .

. تأثير نسبة التمديد لعصير الديفزيون : يُعبر عن نسبة التمديد W_p لعصير الديفزيون بالعلاقة التالية :

$$W_p = n\left(\frac{Bx_1}{Bx_2} - 1\right)$$

حيث أن :

W_p – نسبة تمديد عصير الديفزيون عند إجراء عملية التنقية ، % .

n . كمية السحب ، % .

Bx_1 ، Bx_2 – كمية المواد الصلبة المنحلة في عصير الديفزيون وعصير الكربنة الثانية الذاهب إلى محطة المباخر % .

ويجب أن تكون قيمة W_p بحدود ٦ – ٨ % .

. تأثير نظام سحب البخار الثانوي : تؤثر وبشكل كبير زيادة كمية سحب البخار الثانوي وبشكل خاص من الأجسام ٢ ،٣ ، ٤ .

لخفض كمية الرواسب المتشكلة على سطوح التسخين في محطة المباخر يمكن اتخاذ الإجراءات التالية :

– يجب مُعالجة عصير الكربنة الأولى بغاز CO_2 حتى قيمة pH لهذا العصير مساوية إلى ١١,٤ – ١١,٦ إذا كان لبن الكلس (ماءات الكالسيوم) المستخدم في عملية التكليس الرئيسي يحتوي على كمية كبيرة من المغنزيوم .

– يجب أن تكون قيمة pH عصير الكربنة الثانية في الحدود المُثلى ، أي أن تكون كمية أملاح الكالسيوم في محتوى هذا العصير في الحدود الدنيا ، كما أنه من الضروري إجراء هذه العملية لفترة زمنية كافية ، لمنع تشكل حالة فوق إشباع للكربونات ضمن العصير .

– إضافة مانع ترسيب للعصير قبل دخوله إلى محطة المباخر ، فمثلاً يمكن استخدام الخلطة المؤلفة من المركبات التالية :

- بولي أكريل أميد المُحلمه ٢٥ % .
- فوسفات ثلاثية الصوديوم ٥٠ %.
- كربوكسي ميتيل سيللوز الصوديوم ١٣ %.
- تريلون b ١٢ %.

الفصل السادس

البلورة

- **الأسس التي يتم على ضوئها اختيار طريقة البلورة – أسس ومبادئ نظرية البلورة:**
- **جهاز البلورة – العوامل المؤثرة في سرعة البلورة :**
- **تقانة الحصول على السكر الأبيض :**
- **تحضير الطبخة الأولى :**
- **تحضير الطبخة الثانية :**
- **تحضير الطبخة الثالثة :**
- **التغيرات الكيميائية أثناء عملية البلورة :**

يتم خلال عمليات التنقية والتصفية التخلص من حوالي ثلث محتوى عصير الديفزيون من المواد غير السكرية ، ويصل القسم المتبقي من هذه المواد إلى محطة البلورة ضمن شراب المباخر إضافة لبعض المواد الناتجة عن تفكك السكروز والمواد غير السكرية الأخرى في محطة التبخير ، حيث يتم في محطة البلورة تقريباً بلورة السكروز .

تتم عملية تبلور السكروز باستخدام أجهزة طبخ (بلورة) تعمل تحت التخلية لخفض درجة غليان المحلول السكري ، بهدف التقليل من تفكك السكروز والسكر المرجع وخفض كمية المركبات الملونة ، ولا تقتصر أهمية محطة البلورة على بلورة السكروز والحصول على السكر الأبيض ، بل في الحصول على أكبر كمية ممكنة من السكروز الموجود في الشرابات الواردة إليها على شكل سكر أبيض ذي نوعية جيدة وعلى مولاس ذو نقاوة في الحدود الدنيا .

تُقاس مدى فعالية محطة البلورة بفرق النقاوة ما بين مزيج شراب المباخر والكليرا المستخدمين لتحضير الطبخة الأولى ، ونقاوة المولاس الناتج عن نبذ الطبخة الأخيرة ، الذي يجب أن يكون بحدود ٣٠–٣٣ % ، ويُحدد هذا المؤشر عدد مراحل البلورة التي من الضروري إتباعها في محطة الطبخ .

يُستخدم عادة في مصانع السكر التي تقوم بتصنيع شوندر سكري جيد النوعية نظام الطبخات الثلاث (ثلاث مراحل تبلور) ، أما في المصانع التي تقوم بتصنيع شوندر متدني النوعية فيستخدم نظام الطبختين (مرحلتين تبلور) .

- انحلال السكروز في الماء:

ينحل السكروز في الماء بشكل جيد ، ويزداد انحلاله بارتفاع درجة الحرارة ، ويعبر عن كمية السكروز (كغ) المنحلة في ١كغ من الماء بدرجة حرارة محددة بثابت الانحلال Z ، ومن الجدول ( ) يتضح أن كمية السكروز المنحلة في الدرجة ١١٠ °C+ تقدر بثلاثة أضعاف الكمية المنحلة في الدرجة 0 °C .

الجدول ( ) ثابت انحلال السكروز في درجات حرارة مختلفة .

درجة الحرارة °C	*ثابت الانحلال* Z – كغ\كغ	درجة الحرارة °C	ثابت الانحلال Z –كغ\كغ
-٤	١,٧٨٨٩	٧٠	٣,٢٥١٥
٠	١,٨١٢٧	٧٥	٣,٤٦١٥
١٠	١,٨٩٢٦	٨٠	٣,٦٨٩٩
٢٠	٢,٠٠٤٧	٨٥	٣,٩٣٦٨
٣٠	٢,١٥٣٥	٩٠	٤,٢٠٠٤
٤٠	٢,٣٤٥٠	٩٥	٤,٤٧٧٥
٥٠	٢,٥٨٦٣	١٠٠	٤,٦٧٣٤
٦٠	٢,٨٨٥٦	١١٠	٥,٦٠٩٤

يعد المحلول في هذه الحالة محلولاً مشبعاً ، لا تنحل فيه أية كمية إضافية من السكروز عند هذه الدرجة من الحرارة ، إلا أن وجود الشوائب في المحاليل الصناعية (عصير ، شراب) يزيد من انحلال السكروز ، أي أن كمية السكروز المنحلة في المحاليل الصناعية أكبر من الكمية المنحلة في الماء الصافي عند درجة حرارة محددة ، ويطلق **ثابت الإشباع** S على نسبة ثابت الانحلال بالمحاليل الصناعية إلى ثابت الانحلال في الماء الصافي بنفس درجة الحرارة أي :

$$(S) = \frac{Z}{Z_0}$$

حيث : Z_0 – ثابت الانحلال في الماء الصافي .

إن ثابت الإشباع يتعلق بدرجة الحرارة، لكن علاقته بنسبة المواد اللاسكرية المنحلة A في الماء ليست لها أية علاقة بدرجة الحرارة .

حيث أن A نسبة المواد اللاسكرية المنحلة إلى الماء أو : $A = \frac{Bx - Po1}{100 - Bx}$

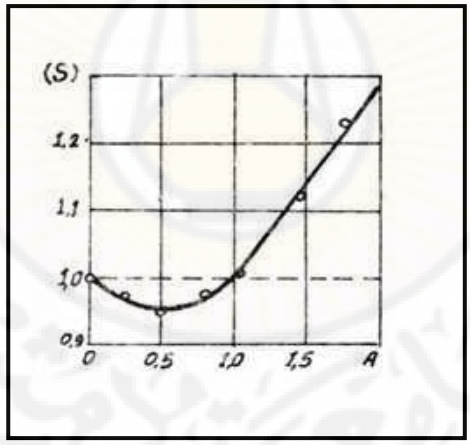
و Bx – المادة الجافة (المواد المنحلة في المحلول بما فيها السكروز و الشوائب) (%) .

و Pol – السكروز المنحل (%).

و Bx–Pol – الشوائب المنحلة (%).

و ١٠٠ – Bx – الماء في المحلول (%) .

والشكل ( ) يوضح العلاقة بين ثابت الإشباع S ، ونسبة المواد اللاسكرية المنحلة A ، حيث يتضح أن شكل الخط منحني عند القيمة$A < 1.5$ ، و خط مستقيم عند $A > 1.5$ ، أما **ثابت فوق الإشباع** SS فيعبر عن كمية السكروز المنحلة التي تتجاوز حد الإشباع ، والتي يمكن تحقيقها عند رفع درجة الحرارة لتنحل كمية أكبر من السكر تتلوها مرحلة تبريد سريع ، فتبقى كمية منحلة تتجاوز حد الإشباع .



الشكل رقم ( ) علاقة (S) بـ A .

أي أن ثابت فوق الإشباع الحقيقي هو :

$$(SS) = \frac{Z_1}{Z} \quad \ldots\ldots (1)$$

حيث : Z_1 – كمية السكروز المنحلة في وحدة الحجم من الماء بحالة فوق الإشباع وإذا بدلنا Z بـ Z_0 ثابت الإشباع للماء الصافي نحصل على :

ثابت فوق الإشباع الظاهري (SS_0):

$$(2)....(SS_0) = \frac{Z`}{Z_0}$$

إذا قسمنا العلاقة (٢) على (١) نحصل على :

$$\frac{(SS_0)}{(SS)} = \frac{Z_1}{Z_0} \cdot \frac{Z}{Z_1} = \frac{Z}{Z_0} = (S)$$

- سرعة تبلور السكروز:

تُصنف المحاليل السكرية تبعاً لدرجة الاستقرار من ناحية نمو البلورات وثابت الإشباع وفق التالي :

محاليل سكرية مستقرة ذات ثابت إشباع S= ١ .

محاليل سكرية شبه مستقرة ذات ثابت إشباع 1.2 > S > ١.

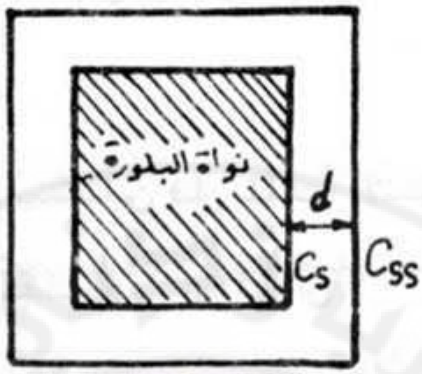
محاليل سكرية غير مستقرة ذات ثابت إشباع S > 1.2 .

في المحاليل السكرية الثابتة أو المستقرة (S = ١) لا تنمو البلورات ، وفي المحاليل شبه المستقرة حيث توجد إضافة إلى جزيئات السكر كمية من الماء الحر تبقى عملية التبلور نادرة الاحتمال ، إلا أن البلورات التي تضاف إلى المحلول تنمو وتكبر ، أما في المحاليل السكرية غير المستقرة (S > ١,٢) فإن البلورات المتشكلة تستمر في النمو، وتتشكل بلورات جديدة .

تتألف عملية التبلور من مرحلتين :

١- تشكل مركز التبلور ونمو البلورات (في صناعة السكر يتم تشكيل مراكز التبلور بشكل اصطناعي) .

٢- نمو البلورات ، وتكون سرعة النمو بحدها الأقصى .



الشكل ( ) مخطط توضيحي لنمو بلورة السكر.

وفي المرحلة الثانية يفضل عدم تشكل بلورات جديدة ، ويتم تحقيق ذلك من خلال المحافظة على ثابت فوق الإشباع بقيمة مناسبة ، وفي حالة رفع قيمة ثابت فوق الإشباع فستظهر بلورات جديدة ، ونحصل على كتلة مطبوخة غير متجانسة بسبب اختلاف حجم البلورات ، أما في حالة انخفاض قيمة ثابت فوق الإشباع ، فستنخفض سرعة التبلور ويطول زمنها ، وبالتالي تنخفض الطاقة التصنيعية لأجهزة البلورة (الطبخ) .

تعتمد نظرية نمو بلورات السكر على أن نواة البلورة الموجودة في الوسط المحيط في حالة فوق الإشباع ، تنمو بتوضّع جزيئات السكروز على سطحها ، فينخفض تركيز السكروز على مسافة d من السطح ويتحول التركيز من حالة فوق الإشباع C_{SS} إلى حالة الإشباع C_S ، الشكل ( ) .

ونظراً لاختلاف التركيز $C_{SS} - C_S$ تبدأ عملية انتشار للسكروز من الوسط المحيط باتجاه البلورة .

يمكن أن نعبر عن سرعة نمو البلورات بالعلاقة التالية :

$$\frac{ds}{dt} = \frac{D.F.(C_{SS} - C_S)}{d}$$

حيث :

ds/dt – كمية السكروز المتبلورة في وحدة الزمن t .

D – ثابت الانتشار.

F – سطح البلورة .

C_S – تركيز السكروز في الطبقة المحيطة للبلورة (حالة الإشباع) .

C_{SS} – تركيز السكروز في الوسط (حالة فوق الإشباع) .

d – ثخانة الطبقة المحيطة بالبلورة .

$$S = \frac{D(C_{SS} - C_S).F.t}{d}$$ أو بالعلاقة :

أي أن كمية السكروز المتبلورة S تتناسب طرداً مع فرق التركيز ($C_{SS} - C_S$) وإجمالي سطوح البلورات F ، وزمن التبلور ، وثابت الانتشار ، وتتناسب عكساً مع مسار الانتشار ، فإذا كانت F = $1\ m^2$ ، والزمن دقيقة واحدة فإن سرعة التبلور K (**مغ/م٢.دقيقة**) يعبر عنها بكمية السكروز المنتشرة عبر سطح قدره متر مربع واحد خلال دقيقة واحدة أي :

$$K = S = \frac{D(C_{SS} - C_S)}{d}$$

وحسب علاقة أينشتاين فإن ثابت الانتشار D يتعلق طرداً بالحرارة المطلقة T ، وعكساً باللزوجة μ أي أن :

$$D = \frac{K_1 . T}{\mu}$$

حيث : K_1 – ثابت

$$K = \frac{K_1(C_{SS} - C_S).T}{\mu.d}$$ أو

أي أن سرعة التبلور تتناسب طرداً مع الحرارة المطلقة ، وفرق التركيز ، وعكساً مع اللزوجة ، وثخانة الطبقة .

مما سبق نستنتج أن العوامل المؤثرة على نمو البلورات هي :

أ- درجة فوق الإشباع :

يوضح الجدول ( ) العلاقة بين سرعة التبلور ودرجة فوق الإشباع في درجات حرارة مختلفة ، حيث يتبين أن سرعة التبلور تزداد مع ارتفاع درجة فوق الإشباع وارتفاع درجة الحرارة .

الجدول ( ) علاقة سرعة النمو بدرجة فوق الإشباع في درجات حرارة مختلفة .

الحرارة	**علاقة سرعة التبلور (مغ/م٢.دقيقة) للمحاليل السكرية ودرجة فوق الإشباع**									
م°	١,٠٢	١,٠٤	١,٠٦	١,٠٨	١,١	١,١٢	١,١٤	١,١٦	١,١٨	١,٢٤
٢٠	٥	١٠٠	١٤٥	١٩٥	٢٤٠	٢٩٠	٣٤٠	٣٩٥	٤٥٠	٦٠٠

٤٠	٧٠	٣٥٠	٥٥٥	٧٦٥	٩٦٥	١١٩٠	١٤٢٠	١٦٥٠	١٨٧٥	-
٦٠	٣٩٠	٧٤٠	١٣٠٠	٢١٢٠	٢٩٧٠	-	-	-	-	-
٧٠	٧٨٠	١٥٧٠	٢٣٧٠	٣٤٣٠	-	-	-	-	-	-

ب- درجة الحرارة واللزوجة :

تنخفض اللزوجة عند ارتفاع درجة الحرارة (إلى حد معين) الجدول ( ) مما يؤدي إلى ارتفاع سرعة التبلور .

الجدول ( ) علاقة اللزوجة بدرجة الحرارة.

درجة الحرارة °م	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠
اللزوجة (°م ملي باسكال.)	٢٢٤	١٦٣	١٢٦	١٠٢	٩٠	٨٢

جـ- النقاوة :

تنخفض سرعة التبلور عند انخفاض النقاوة (ارتفاع في نسبة المواد اللاسكرية في المحلول) ، والجدول ( ) يبين انخفاض سرعة التبلور الحاد عند انخفاض النقاوة في درجة الحرارة ٧٠ °م ، وثابت فوق الإشباع ١,١ ، في حين أن اللزوجة ترتفع بشكل كبير .

الجدول ( ) علاقة سرعة التبلور واللزوجة بالنقاوة.

النقاوة %	١٠٠	٧٩,٥	٦٤,٤	٥٨,١	٥٧,٤
سرعة التبلور مغ/م^{٢}.دقيقة	٩٦٣	٤٢٣	١٠٧	٤١	٢٣
اللزوجة °م .ملي باسكال	١٢٦	٣٥٥	١٥٢٧	١٠٠١٠	١٥٩٦٠

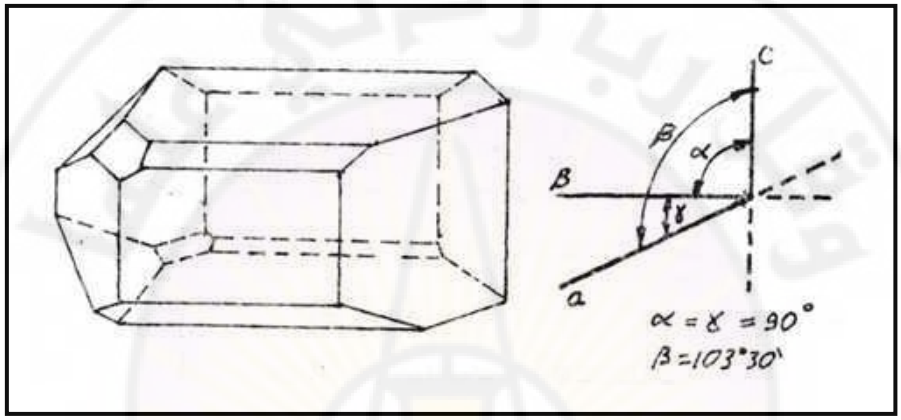
د- عدد البلورات :

إن ارتفاع عدد البلورات يؤدي إلى الإقلال من حركتها في الوسط ، وينعكس ذلك سلباً على سرعة التبلور ، إلا أن عدد البلورات الكبير يؤدي من ناحية أخرى إلى التصاق كمية أكبر من السائل المحيط على سطح البلورة ، وبالتالي ارتفاع سرعة التبلور (وهذان التأثيران متساويان

ومتعاكسان) .

هـ- نوعية الشوائب :

يختلف تأثير الشوائب الموجودة بالمحلول السكري في شكل البلورات باختلاف نوعية الشوائب نفسها ، فعلى سبيل المثال يتم امتزاز الغلوكوز على سطح البلورة في الاتجاه α من شكل البلورة الفراغي الشكل ( )، فيتوقف



الشكل ( ) بلورة السكر.

نمو البلورة في هذا الاتجاه وتأخذ البلورة شكل الصفيحة ، أما الرافينوز فيتم امتزازه في الاتجاه β وتأخذ بلوراته الشكل الإبري ، وتكون زوايا محاور الإحداثيات عادة على النحو التالي :

$$\alpha = \gamma = 90°$$

$$\beta = 103°$$

أما الطول فهو وفق التناسب التالي : $a : b : c = 1.259 : 1.000 : 0.787$

و- أبعاد البلورات:

تتراوح أبعاد بلورات السكر في الطبخة الأولى مابين ٠,٥٥ – ٠,٩٥ مم ، أما أبعاد بلورات السكر الأحمر في الطبخة الأخيرة (الثالثة) فتكون في المجال ٠,٢٥– ٠,٣٥ مم ، ووجد نتيجة للأبحاث التي أُجريت أن سرعة تبلور السكروز لا تتأثر بأبعاد البلورات إذا كانت ضمن المجالات المحددة أعلاه ، ولكن من المعروف أن الطبخة التي تحتوي على بلورات ذات أبعاد أصغر من الأبعاد المحددة تملك سطوح تبلور أكثر من البلورات ذات المقاييس الأكبر وتكون سرعة التبلور فيها أعلى ، لهذا السبب يلجأ بعض الفنيين في مصانع السكر إلى العمل في محطة البلورة ، بحيث تكون أبعاد البلورات في الطبخات المحضرة أصغر من المجالات المذكورة .

- تقانة البلورة:

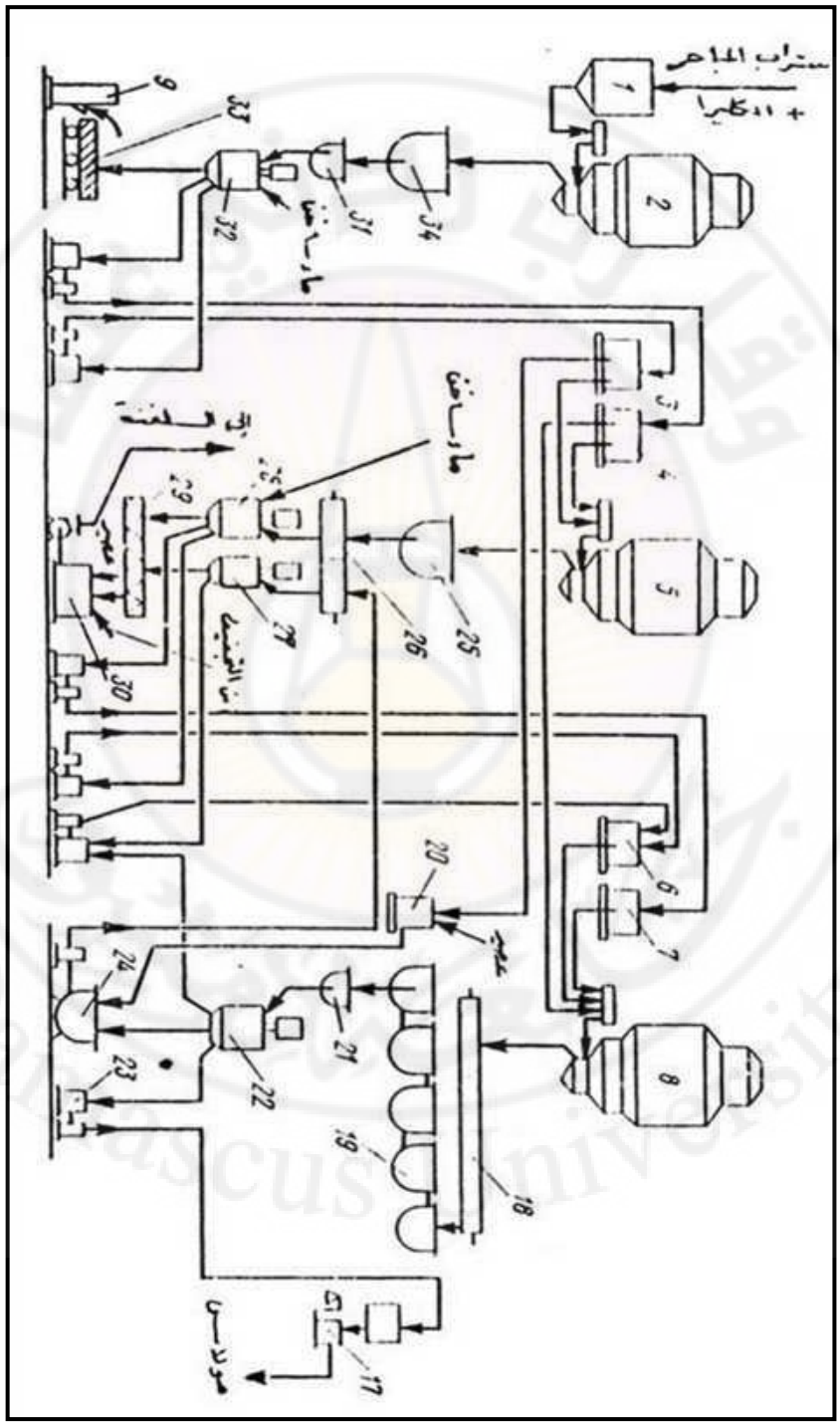
يتبلور السكروز فقط من المحاليل فوق مشبعة ، لهذا يتم تبخير الماء من شراب المباخر للوصول إلى ٩٢ – ٩٣ % مادة جافة ، وتبقى المواد اللاسكرية في الوسط المحيط بالبلورات ،وللحد من تفكك السكروز وتشكل المواد الملونة تتم عملية البلورة تحت الفراغ (التخلية) لخفض درجة الغليان من°C(١١٥–١١٨) إلى (٦٣–٧٠) °م في أجهزة دورية .

وتختلف مراحل البلورة من معمل لآخر ، إلا أنه يمكن إجمالها بمرحلتين أو ثلاث (نظام الطبختين أونظام الثلاث طبخات) ، لأن لزوجة الشراب بعد الطبخة الثالثة ترتفع بشكل حاد وتعيق عملية التبلور وتبطئها .

- نظام الثلاث طبخات :

يُنقل الشراب (شراب المباخر + القطر أو الكليرا) من خزان الانتظار (١) عبر الموزع إلى جهاز البلورة الأولى (٢) أو جهاز الطبخة الأولى الذي يعمل تحت الفراغ لخفض درجة الغليان ، وبعد انتهاء عملية البلورة تنساب الكتلة المطبوخة (مادة جافة ٩٢,٥ – ٩٣ % ، نقاوة ٩٣ – ٩٤ %) إلى البراد (٣٤) حيث ترش بالماء الساخن لتخفيض درجة فوق الإشباع ١,٠٣ – ١,٠٥ ، وتنساب الكتلة الى المبردة عبر الموزع (٣١) إلى الفارزات (أجهزة الطرد المركزي) (٣٢) التي تفصل السائل المحيط عن بلورات السكر الأبيض ، ويجمع هذا السائل (الشراب الفقير) في خزان أرضي ، ويضخ إلى الخزان رقم (٤) لتكوين الطبخة الثانية ، وبعملية غسيل البلورات بالماء الساخن ينتج لدينا الشراب الغني الذي يجمع في الخزان رقم (٣) ، لاستخدامه في الطبخة الثانية (عادة يعاد الشراب الغني إلى الطبخة الأولى نفسها) .

ينقل السكر الأبيض بواسطة السير الناقل (٣٣) إلى الناعورة (٩) التي ترفعه إلى قسم التجفيف ، أما الكتلة المطبوخة الناتجة عن الطبخة الثانية (٥) ، والتي تتألف بشكل رئيسي من الشراب الفقير للطبخة الأولى نقاوة=(٨٠ – ٨٣ %) ، والشراب الغني للطبخة الثانية ، وأحياناً الشراب الغني للطبخة الأولى ، بدرجة بريكس ٩٣% كحد أدنى وبنقاوة ٨٥ – ٨٧ % فتنساب إلى البراد (٢٥) ومن ثم عبر الموزع (٢٦) إلى الفارزات (٢٨) الدورية (مدة الفرز ٧ – ٩ دقائق) ، وتتم عملية غسيل السكر الأحمر الناتج بالماء الساخن (٧٠ °م) باستهلاك ١ % ماء من وزن الطبخة ، ويكون الفرق بين نقاوة الشراب الغني الذي يعاد إلى الخزان رقم (٤) أو إلى (٦) ونقاوة الشراب الفقير الذي يضخ إلى الخزان (٧) بحدود ٤ – ٥ % ، وتكون الشرابات المكونة للطبخة الثالثة ذات تراكيز عالية مما ينعكس سلباً على لزوجة الطبخة ، وبالتالي على سرعة التبلور (زمن التبلور ١١ – ١٢ ساعة في حين أن زمن التبلور في الطبخة الثانية بحدود ٥ ساعات) ، ويزداد كذلك الفاقد في السكر .


مورد

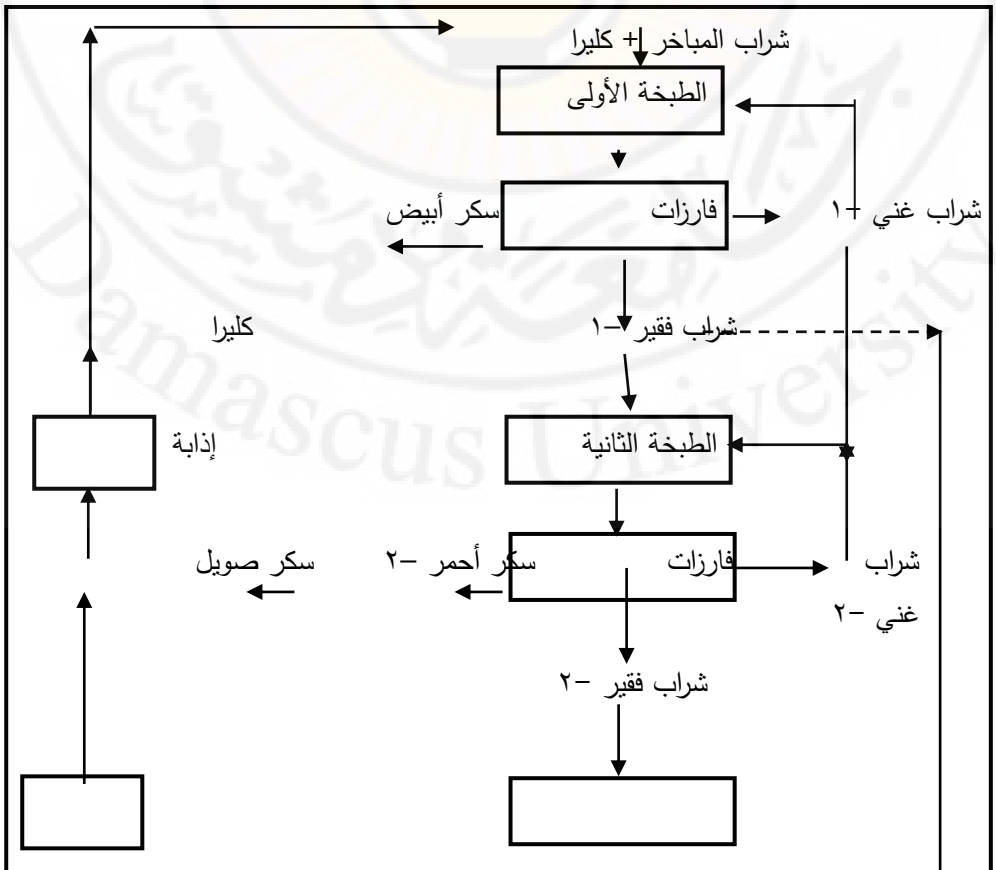
الشكل ( ) مخطط نظام الثلاث طبخات.

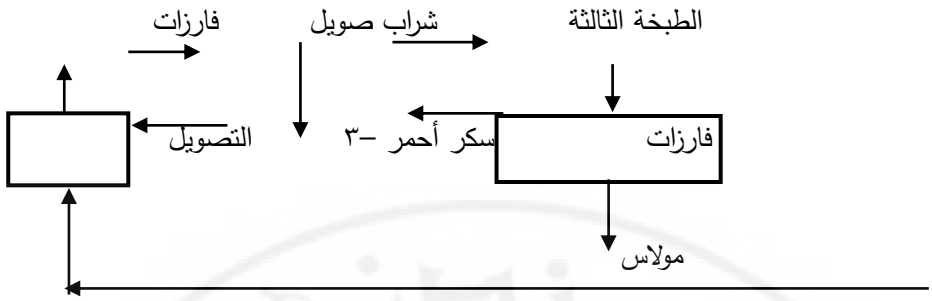
يضاف إلى الطبخة الثالثة g (١٥٠–٢٠٠) من سكر البودرة (ثلاثة أضعاف الكمية التي تضاف إلى الطبخة الثانية) ، وترفع درجة البريكس إلى ٩٣,٥–٩٥ % تبعاً لنقاوة الشرابات .

بعد انتهاء عملية البلورة تنساب الكتلة المطبوخة عبر الخلاط (١٨) إلى المبلورات (١٩) لإعطائها فرصة للتبلور الثانوي ، نتيجة انخفاض درجة الحرارة من (٧٠–٧٥) °م إلى (٣٥–٤٠) °م خلال فترة زمنية تزيد عن ٢٤ ساعة .

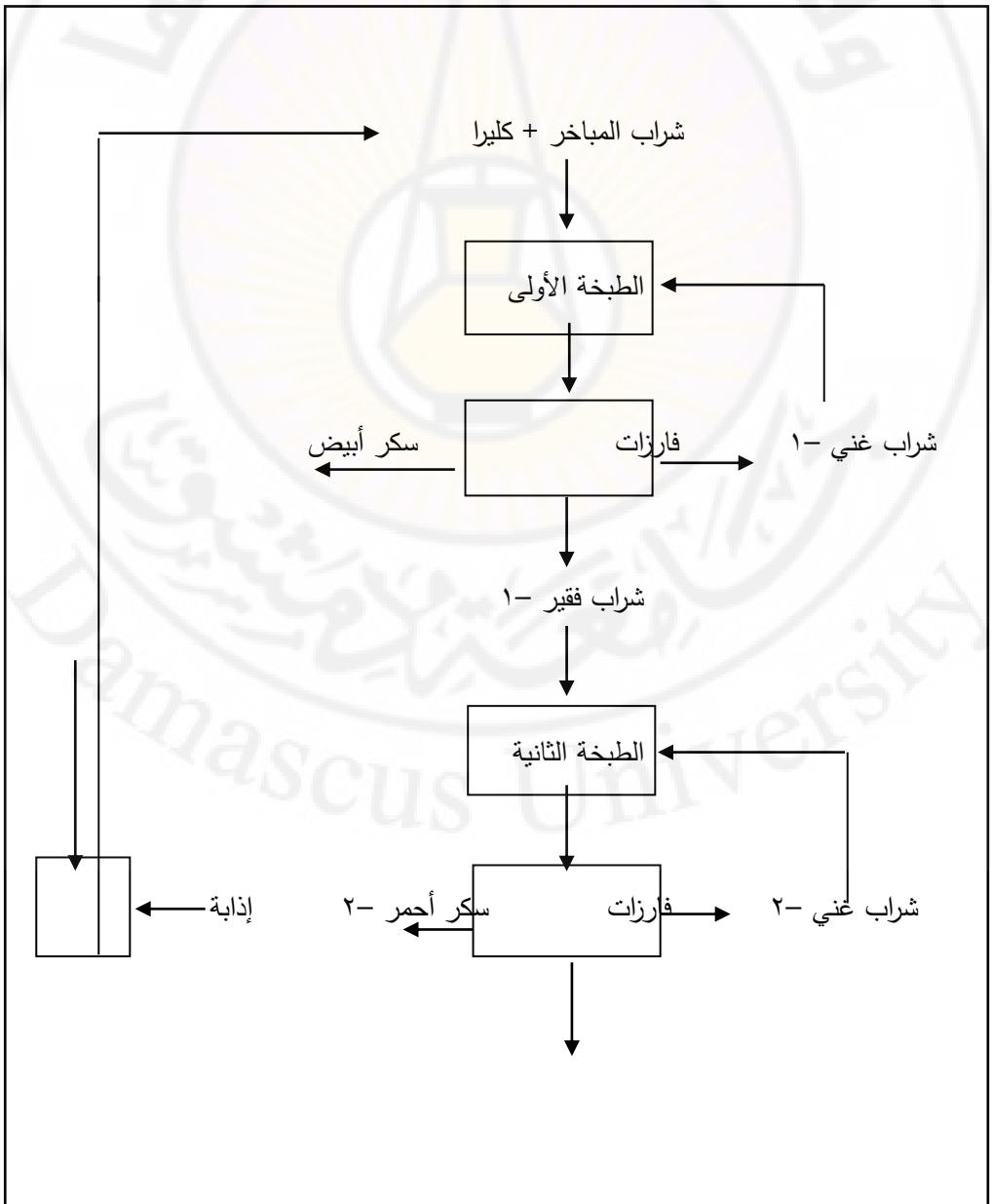
ولتسهيل عملية فرز الكتلة المطبوخة في الفارزات (٢٢) يتم تسخينها إلى الدرجة (٤٥–٥٠) °م ، وتتم عملية الفرز دون غسل البلورات ، إلا أن الشراب الناتج عن عملية غسيل الفارزات (٢٢) يجمع مع الشراب الناتج عن الفارزات (٢٦) ويضخ إلى الخزان رقم (٦) .

تتم في المصوّل (٢٤) عملية غسيل لبلورات السكر الأحمر الناتجة عن الطبخة الثالثة بالشراب الغني – ١ الناتج عن الطبخة الأولى (الخزان ٢٠) ، وتفرز الكتلة الناتجة بالفارزات (٢٧) ، ويذاب السكر الناتج (سكر الصويل) في خلاط الإذابة (٣٠) ، ويعاد الشراب الناتج (الكليرا) إلى الطبخة الأولى ، الشكل (٦–٤) و (٦–٥) .





الشكل( ) مخطط نظام الثلاث طبخات



الشكل ( ) مخطط نظام الطبختين.

- **نظام الطبختين :**

ويقتصر هذا النظام على طبختين فقط (الأولى للسكر والثانية للسكر الأحمر والمولاس) ويتبع عند تصنيع شوندر متدني النوعية .

يتم تحضير الطبخة الأولى من شراب المباخر والكليرا كما هو الحال في نظام الطبخات الثلاث ، والشراب الغني الناتج عن فرز الطبخة الأولى يعاد إلى نفس الطبخة ، أما الشراب الفقير فيستخدم لتحضير الطبخة الثانية .

نتيجة لفرز الطبخة الثانية ينتج السكر الأحمر والمولاس ، وتتم إذابة السكر الأحمر الناتج وذلك باستخدام عصير الكربنة الثانية النقي ، الشكل ( ) .

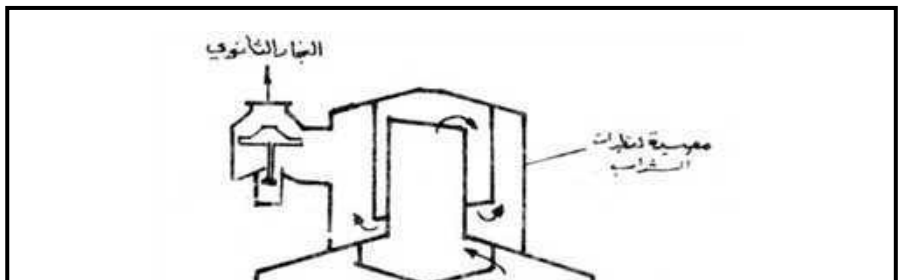
- **تحضير الطبخة الأولى :**

تتم عملية البلورة في جهاز الطبخ الذي يشبه جهاز التبخير من حيث التصميم ، ويعمل تحت الفراغ لتخفيض درجة الغليان ، ولأنابيب التبادل الحراري في حجرة التسخين الشكل ( )ذات أبعاد قياسية شائعة (٢ × ٣,٥) مم، أما قطر أنبوب التدوير المركزي فهو ٩٠سم.

ويزود الجهاز بنوافذ مراقبة زجاجية يتم تنظيفها بالبخار أو الماء الساخن وأجهزة مراقبة وتحكم بالحرارة والضغط والبريكس ، وبمصيدة لالتقاط قطرات الشراب التي يمكن أن يحملها البخار الثانوي ، وبمأخذ للعينات .

- **تكثيف الشراب :**

يتم تشكيل الفراغ (أو التخلخل) في المرحلة الأولى من جهاز الطبخ ، وعند ضخ الشراب (شراب المباخر + الكليرا) يتم تشغيل الفراغ (أو التخلخل) الرئيسي ، وتستمر عملية ضخ الشراب لغاية وصول مستواه إلى ارتفاع ثلث حجرة التسخين ، ويبقى الصمام الذي يتحكم بتدفق الشراب مفتوحاً بحدوده الدنيا ، أي أن تدفق الشراب يبقى مستمراً طيلة فترة عملية التكثيف وصولاً إلى درجة بريكس ٨٢ – ٨٣ % عندما يكون مستوى الشراب قد وصل إلى المستوى المطلوب .



الشكل ( ) جهاز الطبخ.

ويتم التسخين عادة ببخار الجسم الثاني من محطة التبخير (في معملي سكر مسكنه والرقة التسخين يتم ببخار الجسم الأول) ، درجة غليان الكتلة المطبوخة ٦٣ – ٦٧ °م ، وتصل درجة الإشباع في هذه الشروط إلى (١,٢ – ١,٣) .

– تشكل البلورات :

تشكل الكتلة المطبوخة ذات درجة فوق الإشباع ١,٢ – ١,٣ ، محلولاً شبه مستقر تنمو فيه البلورات ، لهذا ترفع درجة الغليان إلى ٧٠ – ٧٥ °م وتنثر في الجهاز عبر صمام أخذ العينات (بطريقة الشفط) كمية من السكر الناعم (البودرة) تقدر بـ ٥٠ – ١٠٠غ لكل ٤٠ طن من الشراب تعمل كنواة تبلور (مركز تبلور) لتشكيل البلورات .

وللحصول على بلورات متجانسة يسعى المشرف على عملية البلورة (الطباخ) للحفاظ على درجة إشباع ثابتة بضخ كميات من الشراب على دفعات إلى داخل الجهاز ، والعمل على وقف تشكل بلورات جديدة والسعي لنمو البلورات المتشكلة .

– إنهاء عملية البلورة :

يستمر الطباخ بتبخير الماء من الوسط المحيط للبلورات وصولاً إلى مادة جافة ٩٢ – ٩٣ % ، ويكون وزن البلورات بحدود ٥٠ – ٥٦ % من الوزن الكلي ، ودرجة الحرارة بحدود ٧٢°م ، وتوقف

عملية تغذية البخار ، وتفتح صمامات الهواء فيصدر صوت نتيجة لدخول الهواء إلى داخل الجهاز ، وبعد ذلك تنساب الكتلة المطبوخة إلى خلاطات التبريد حيث تنخفض درجة الحرارة بمقدار°C ٥– ٧ مما يزيد من درجة فوق الإشباع ، ويؤدي ذلك إلى ظهور بلورات جديدة . ولتجنب ذلك ترش الكتلة المطبوخة بالماء الساخن °C(٧٠–٧٥) فتنخفض درجة الإشباع إلى (١,٠٣ – ١,٠٦) ، وتنحل البلورات الصغيرة وتنخفض اللزوجة ، وتسهل عملية فصل البلورات بأجهزة الطرد المركزي (النابذات أو الفارزات) .

البرنامج الزمني لعملية الطبخ عادة يكون على النحو التالي :

- ضخ الشراب إلى جهاز البلورة – ٥ دقائق.
- تكثيف وتبخير الشراب – ٣٠ دقيقة.
- نفث البودرة – ٣ دقيقة.
- نمو البلورات – ١١٥ دقيقة.
- تكثيف الكتلة المطبوخة – ١٠ دقائق.
- تفريغ الكتلة المطبوخة والتبخير– ١٢ دقيقة .

أي أن الدورة الكاملة لعملية البلورة تستغرق ١٧٥ دقيقة في الحالات العادية (عند نقاوة ٩٠ – ٩٢ %) ، أما في حالات انخفاض النقاوة فإن زمن الدورة يزيد عن ٢٠٠ دقيقة .

وقد تم في السنوات الأخيرة اختبار أجهزة بلورة مستمرة في العديد من البلدان ، وتم التوصل إلى نتائج جيدة ، إلا أن هذا النوع من الأجهزة يحتاج إلى إمكانيات فنية عالية ومراقبة آلية ، إضافة إلى توفر شرط الحصول على شراب ذي مواصفات محددة بعد محطة التبخير .

. أسباب تعدد مراحل التبلور في مصانع السكر :

تختلف أنظمة التبلور عند تصنيع الشوندر السكري في مصانع السكر من مصنع لآخر من حيث عدد مراحل التبلور ، فهناك نظام الطبخات الثلاث ونظام الطبختين ، ولا يزال يُستخدم نظام الطبخات الخمس كما هو الحال في شركات سكر دير الزور والغاب وحمص ، إلا أنه كان من الأسهل أن يكون هناك مرحلة تبلور واحدة ، بحيث يتم الحصول في نهاية هذه المرحلة على أكبر كمية من السكر الأبيض ، وعلى مولاس ذو نقاوة متدنية ، وهذا يتطلب أن يكون محتوى الكتلة المطبوخة من المواد الجافة المنحلة مرتفعاً جداً .

لنفرض أنه تم تحضير الكتلة المطبوخة (١) من الشراب المكثف ذو النقاوة ٩٢ % ، وكان محتوى المواد الصلبة المنحلة في هذه الكتلة مساوياً إلى ٩٥,٨ % ، في الحقيقة إن هذه الكتلة في هذه الحالة تتألف من بلورات السكر الأبيض والشراب المحيط (المولاس) ، فإذا كان للمولاس المؤشرات التالية :

١) المحتوى من المواد الصلبة المنحلة = ٨٢ % .

٢) المحتوى من السكروز = ٤٩,٢% .

٣) النقاوة = ٦٠ % .

يمكن حساب كمية البلورات في هذه الكتلة بالعلاقة التالية :

$$K = \frac{(Sm - Ss)100}{100 - Ss}$$

حيث :

K – كمية البلورات في محتوى الكتلة المطبوخة % .

S_m– كمية السكر في الكتلة المطبوخة % .

S_s – كمية السكر في الشراب الموجود ضمن هذه الكتلة % .

وبما أن كمية السكر في الكتلة المطبوخة (S_m) = ٨٨,١ % ، نحسب النسبة المئوية للبلورات السكرية الموجودة ضمن محتوى هذه الكتلة :

$$K = \frac{(88.1 - 49.2)100}{100 - 49.2} = 76.6\ \%$$

تُعتبر عملية الحصول على هذه الكتلة ذات المحتوى المرتفع من البلورات السكرية غير ممكنة على الإطلاق ، إضافة لذلك فإنها تُشكل في هذه الحالة كتلة جامدة من البلورات السكرية مع كمية قليلة ٤,٢ % من الشراب ومن الصعب جداً تحريك هذه الكتلة وتفريغها من أجهزة الطبخ إلى الخلاطات ، ومن ثم إلى النابذات.

عمليا عندما تحتوي الكتلة المطبوخة على حوالي ٥٥ % من وزنها على بلورات سكرية ، فإن حركتها تُصبح صعبة إلى حدٍ ما ، لهذا السبب يُفضل أن يكون محتوى البلورات في الكتلة (١) مساوياً إلى ٥٥ % كحد أقصى ، وعملياً يتم الحصول على هذه النسبة من البلورات خلال ٢ –٣ ساعة في أجهزة الطبخ .

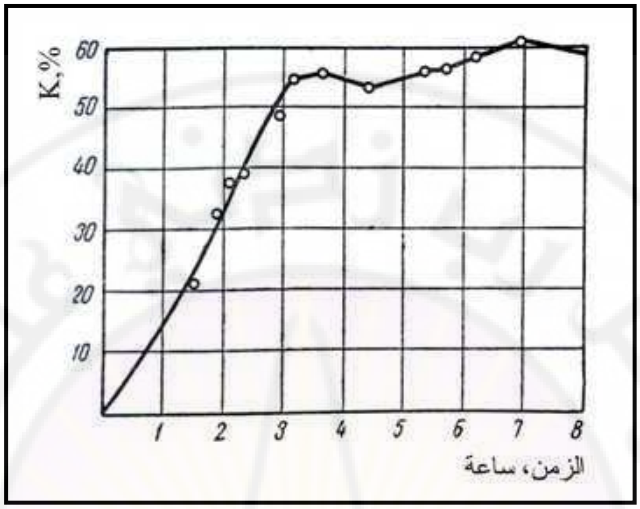
اتُبعت حتى عام ١٩٣٠ طريقة طبخ الكتلة (١) حتى محتوى بلورات ٦٠ % ، وهذا تطلب زمناً أطول لمرحلة الطبخ بالنسبة للكتلة (١) ، وتم التوقف عن إتباع هذه الطريقة ، ويبين الشكل ( ) تطور تركيز البلورات في الكتلة (١) أثناء عملية الطبخ .

يتضح من الشكل ( ) أن النسبة المئوية للبلورات السكرية ترتفع بسرعة خلال الساعات الثلاث الأولى حتى ٥٥ % تقريباً ، ثم تصبح العملية بطيئة جداً.

تكون كمية البلورات السكرية في الكتلة الثانية أقل ، وكذلك الحال في الكتلة الأخيرة ، بسبب ارتفاع لزوجة الوسط المحيط بالبلورات .

حدد العالم ميرل Merl علاقة المحتوى الأعظمي من بلورات السكر في الكتلة المطبوخة بنقاوة

هذه الكتلة ، الجدول ( ) .



الشكل ( ) تطور نسبة البلورات أثناء عملية البلورة .

الجدول ( ) الحد الأقصى لمحتوى البلورات السكرية في الكتلة المطبوخة تبعاً لنقاوة هذه الكتلة .

النقاوة %	المحتوى من البلورات %	
	بالنسبة للمواد الصلبة في الكتلة المطبوخة %	%من الكتلة المطبوخة عند : Bx=92%
٩٤	٦٥	٦٠
٩٢	٦٣	٥٨
٩٠	٦١	٥٦
٨٨	٥٩	٥٤
٨٦	٥٧	٥٢
٨٤	٥٥	٥١
٨٢	٥٣	٤٩
٨٠	٥١	٤٧
٧٨	٤٩	٤٥

٧٦	٤٧	٤٣

أما نقاوة الشراب الناتج عن فرز (نبذ) الكتلة المطبوخة والتي تتعلق بنقاوة هذه الكتلة فيمكن إيجادها حسابياً باستخدام الجدول ( ) .

الجدول ( ) نقاوة الشراب الناتج عن نبذ الكتلة (١) و (٢) تبعاً للنقاوة .

الكتلة (١)		الكتلة (٢)	
نقاوة الكتلة المطبوخة (Q_1)%	نقاوةالشراب % (q_1)	نقاوة الكتلة المطبوخة(Q_2)%	نقاوةالشراب % (q_2)
٨٨	٧٠ .٢	٧٤	٥٢ .٢
٨٩	٧٢ .٦	٧٥	٥٤
٩٠	٧٥ .١	٧٦	٥٥ .٨
٩١	٧٧ .٦	٧٧	٥٧ .٧
٩٢	٨٠ .١	٨٧	٥٩ .٥
٩٣	٨٢ .٦	٧٩	٦١ . ٤
٩٤	٨٥ .١	٨٠	٦٣ .٢
–	–	٨١	٦٥ .٢

يتم استخدام نظام الطبخات الثلاث أو نظام الطبختين في مصانع السكر تبعاً لنوعية الشوندر المصنع ، فإذا تم تصنيع شوندر سكري ذو نوعية جيدة (أي إذا كانت نقاوة الشراب الناتج عن تصنيع هذا الشوندر ٩٣% أو أكثر) ، فإنه يتعذر عند استخدام نظام الطبختين الحصول على مولاس ذو نقاوة منخفضة ، لذلك يُستخدم نظام الطبخات الثلاث ، حيث يتم الحصول عندها على سكر أبيض ذو نوعية جيدة وعلى مولاس ذو نقاوة منخفضة .

في كثير من الأحيان يتم خفض نقاوة الكتلة (٣) تقريباً حتى ٧٠ % ، بهدف الحصول على مولاس ذو نقاوة منخفضة ، ويتم الحصول على كتلة (٣) ذات نقاوة منخفضة بسهولة ، عن طريق إعادة الشراب ذو النقاوة المنخفضة إلى الكتلة (١) ، فتنخفض بهذه الحالة نقاوة الكتل (١) و (٢) و (٣) ، وتتميز الكتلة (٣) الناتجة بلزوجة عالية وبأبعاد صغيرة للبلورات ، لذلك يصعب التعامل معها عند عملية الفرز (النبذ) ، ولتحسين مواصفات هذه الكتلة (خفض لزوجتها مثلاً) يُضاف الماء لها أثناء إجراء عملية النبذ ، ونحصل على مولاس ذو نقاوة عالية .

للحصول على مولاس ذو نقاوة منخفضة ، ولسهولة عمل محطة البلورة ، من الضروري أن تكون نقاوة الكتلة المطبوخة رقم (٣) بحدود ٧٥ – ٧٧ % .

يتم فرز (نبذ) الكتلة (١) والكتلة (٢) مباشرة بعد التفريغ من أجهزة الطبخ في الخلاطات ، أما الكتلة الأخيرة فيتم تبريدها في المبلورات (البرادات) حتى درجة حرارة ٤٠ °C ، ومن ثم يتم تسخينها قبل عملية النبذ حتى درجة حرارة ٤٥ – ٤٦°م .

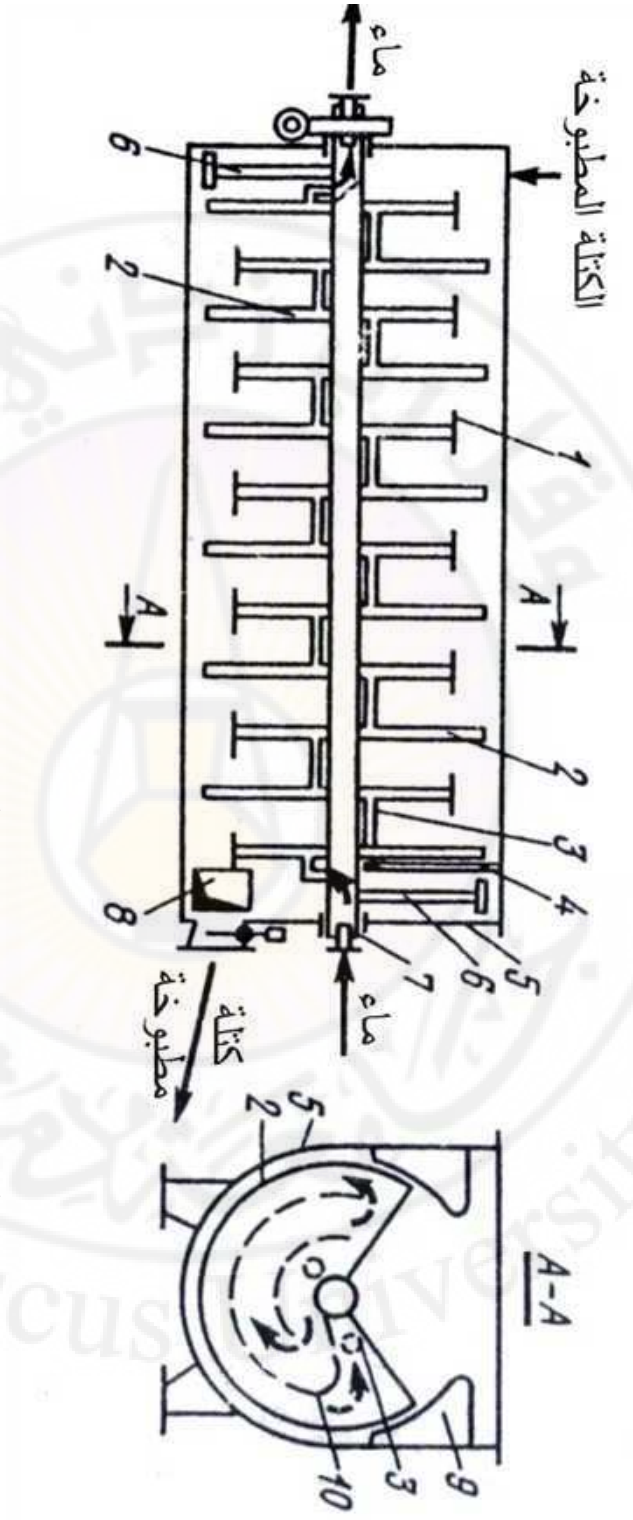
– عملية التبلور الإضافية للكتلة الأخيرة في المبلورات(البرادات) :

تنساب الكتلة الأخيرة من جهاز الطبخ إلى خلاط – موزع ، ومنه إلى البرادات (المبلورات) التي يصل عددها عادة إلى ٦ برادات ، وهي عبارة عن خزان أفقي سعته تساوي سعة جهاز الطبخ ويدور بداخله محور ، يتراوح عدد دوراته من ٠,٥ وحتى ١ دورة / دقيقة ، يتوضع على هذا المحور أذرع تحريك وصواني تبريد يمر بها ماء بارد .

تتصل المبلورات مع بعضها البعض بشكل تسلسلي بأنابيب من أسفل كل مبلور، ويتصل المبلور الثاني والثالث والرابع والخامس مع بعضهم بواسطة مجاري من الأعلى .

تعمل المبلورات بشكل مستمر ، وتحسب السعة الكلية وكذلك سطح التبادل الحراري لمحطة البرادات (المبلورات) ، بحيث تستطيع خفض درجة حرارة الكتلة المطبوخة من ٦٨ °C – ٧٠ حتى ٣٥ – ٤٠ °م خلال فترة زمنية لا تقل عن ٣٦ ساعة ، إضافة لذلك يوجد مُبلور إضافي يُستخدم لتسخين الكتلة المبردة قبل عملية النبذ الشكل ( ) .

تصب الكتلة المطبوخة في المبلور ، وتنتقل بواسطة أذرع التحريك والتبريد



١- أذرع تحريك . ٢- صواني تبريد . ٣- أنابيب . ٤- حاجز . ٥- الجسم الخارجي .
٦- خلاط . ٧- محور مُفرغ . ٨ – فتحة .٩و ١٠- عوارض .

الشكل ( ) المبلور المستخدم لتبريد الكتلة الأخيرة .

(الصواني) حتى تصل إلى الحاجز(٤) ومنه تنتقل إلى المبلور الثاني من خلال الفتحة (٨

) ، أما الماء المُبرِد ومن خلال خزان ذو ارتفاع لا يقل عن ٧ – ٨ م فيدخل إلى المبلور من خلال المحور وتكون حرارته أقل بـ ١٢ – ١٤ درجة من درجة حرارة الكتلة المطبوخة .

عند تبريد الكتلة المطبوخة بهذه الطريقة من الضروري أن تكون سرعة تبلور السكروز متناسبة مع انخفاض درجة حرارتها ، فإذا كانت سرعة التبريد أعلى من سرعة نمو البلورات فسترتفع في هذه الحالة درجة فوق الإشباع للوسط المحيط وستتشكل بلورات صغيرة (بودرة) ، أما إذا كانت سرعة التبريد بطيئة ، فإن عملية التبلور في هذه الحالة ستكون بطيئة ، لهذا من الضروري أن يكون هناك فرق مابين درجة حرارة الكتلة المطبوخة والمياه الداخلة للتبريد ، بحيث تكون قيمة ثابت الإشباع للسائل المحيط بالبلورات عند سطح التبادل الحراري مساوياً إلى ١,٢٥ كحد أعلى ، بحيث لا تتشكل مراكز تبلور جديدة ، وتتعلق درجة حرارة الكتلة ضمن المبلورات بكمية المياه الداخلة للتبريد ودرجة حرارتها ، وقد وجد حسابياً أن فاقد السكر في المولاس عند عدم وصول الكتلة المطبوخة إلى درجة حرارة التبريد المطلوبة أي إلى ٤٠°م يزداد ، فمثلاً تكون الزيادة في فاقد السكر في المولاس عند تبريد الكتلة إلى ٤١ °م بمقدار ٠,٠٢٥ % بالنسبة لوزن الشوندر.

على الرغم من أن جميع مصانع السكر تقريباً مجهزة بهذا النوع من المبلورات (البرادات) إلا أنه لهذا النوع من المبلورات المساوئ التالية:

– تشغل مساحة كبيرة في مصنع السكر .

– ترتفع لزوجة الكتلة نتيجة لتشبعها بالهواء وتشكل الرغوة .

– تآكل سطح الصواني ضمن البراد نتيجة للاحتكاك الشديد لبلورات السكر الموجودة ضمن الكتلة أثناء تحركها وملامستها لهذه الصواني .

لهذه الأسباب مجتمعة استُبدلت هذه المبلورات في بعض مصانع السكر وخاصة المصانع التي تُقام حديثاً بالمبلورات العمودية ، ونبين فيما يلي مواصفات أحد هذه المبلورات :

- الارتفاع : ١٤,٥ م .
- القطر : ٤,٥ م .
- عدد الدورات : ٠,٣– ٠,٩ دورة / دقيقة .
- الطاقة الإنتاجية : ٨,٥ طن /ساعة .

– اللزوجة ومفهوم النقاوة النظامية للمولاس :

تؤثر اللزوجة بشكل كبير في عمل محطة البلورة ، وتعد أحد أهم عاملين مُحددين لفاقد السكر في المولاس ، حيث يعتمد مفهوم النقاوة النظامية للمولاس الذي أدخله البروفسور الروسي سيلين بشكل رئيسي على لزوجة السائل الذي يحيط ببلورات الكتلة الأخيرة قبل عملية النبذ .

تؤثر على قيمة لزوجة السائل الأم أو السائل الذي يحيط بالبلورات السكرية عوامل عديدة من

أهمها :

- درجة الحرارة .
- التركيز .
- نقاوة المحلول .
- نوعية المواد غير السكرية .

تتناقص لزوجة المولاس بشكل ملحوظ بارتفاع درجة الحرارة ، كما ترتفع لزوجة المولاس بزيادة تركيز المواد الصلبة المنحلة الكلية ، وعلى الرغم من أن قيمة لزوجة المولاس المنتج في مصانع السكر مختلفة تكون متباينة عند قيمة متماثلة (واحدة) لتركيز المواد الصلبة ، إلا أن طابع تغير قيمة اللزوجة بتغير تركيز المواد الصلبة المنحلة يبقى متشابهاً .

وللتعبير عن علاقة لزوجة المحاليل السكرية النقية ومحاليل المولاس بمحتوى هذه المحاليل من المواد الصلبة (وذلك في مجال معين – ضيق – لتركيز المواد الصلبة) اقترح العالم كاغانوف العلاقة التالية :

$$\eta = A.10^{\frac{B.b}{100-b}}$$

حيث :

b – تركيز المواد الصلبة المنحلة ، % .

وبأخذ لوغاريتم طرفي العلاقة السابقة يمكن الحصول على العلاقة التالية :

$$\lg \eta = \lg A + \frac{B.b}{100-b}$$

وهذا يعني أن هناك علاقة خطية تربط بين لوغاريتم اللزوجة والنسبة المئوية للمواد الصلبة وذلك بدرجة حرارة ثابتة .

قام العالم سيلين والعالمة سيلينا باستخدام علاقة كاغانوف الأخيرة لرسم المنحني الذي يعبر عن علاقة لزوجة المحاليل السكرية والمولاس بالتركيز .

أما فيما يتعلق بتأثير النقاوة في لزوجة المحلول المحيط بالبلورات (السائل الأم) فيمكن القول بأن الحرارة تلعب دوراً كبيراً ، وحسب معطيات العلماء بينيت ونيس Bennett and Nees إن القيمة الصغرى للزوجة المحاليل السكرية المُشبعة تُلاحظ عند درجات حرارة معينة تبعاً لنقاوة المحلول ، تُلاحظ القيمة الصغرى للزوجة المحاليل السكرية النقية بدرجة حرارة ٧٠ °م ، وللمحاليل ذات النقاوة ٧٥ % بدرجة حرارة ٥٥ °م ، أما للمحاليل ذات النقاوة ٦٠ % فإن القيمة الصغرى للزوجة تُلاحظ عند درجة حرارة ٤٥ °م ، وقد وجد بأن القيمة الصغرى للزوجة جميع المحاليل السكرية المشبعة الناتجة عن تصنيع الشوندر السكري تقع بدرجات حرارة أخفض من درجات الحرارة

للمحاليل السكرية النقية ، وتجدر الإشارة أيضاً أن انزياح القيمة الصغرى للزوجة عند انخفاض نقاوة المحاليل السكرية يتم عند درجات الحرارة المنخفضة،فعندما تكون النقاوة ٦٠ % فإن القيمة الصغرى لهذه اللزوجة تكون عند درجة حرارة ٤٠ °م تقريباً .

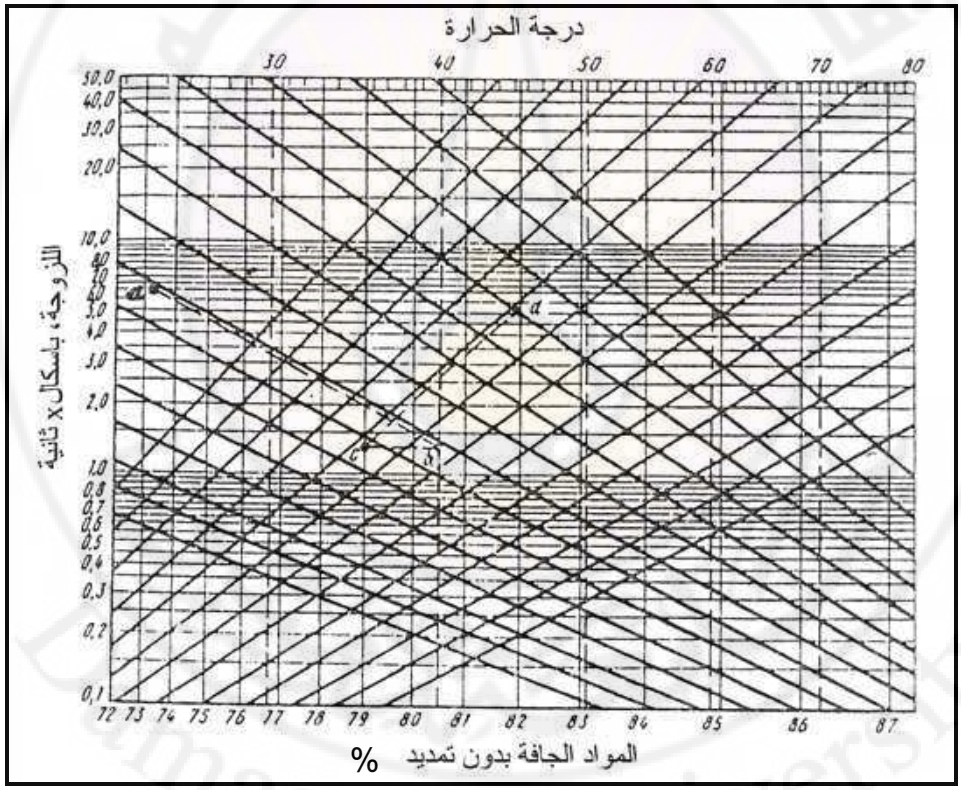
تؤثر بدون شك نوعية المواد غير السكرية في لزوجة المولاس ، وهذا واضح بشكل كبير من عدم تطابق لزوجة المولاس الناتج عن تصنيع نوعيات مختلفة من الشوندر السكري ، ويمكن القول أن المواد غير السكرية تؤثر بشكل أو بآخر على قيمة اللزوجة ، فهناك المواد غير السكرية التي يؤدي وجودها في محتوى المولاس إلى زيادة لزوجته ، بينما هناك المواد التي تخفض اللزوجة ، فمثلاً تختلف لزوجة المولاس الناتج عن تصنيع الشوندر السكري ذو نوعية جيدة عن لزوجة المولاس الناتج عن تصنيع شوندر سكري ذو نوعية سيئة .

وتجدر الإشارة إلى أن مقارنة قيم اللزوجة المقاسة لعينات المولاس المشبعة عند قيم متماثلة لتركيز المواد الصلبة المنحلة للمولاس المشبع الذي أُضيف إليه مواد غير سكرية مختلفة ، أو لعينات المولاس الذي تعرض لعملية تبادل شاردي وتم إحلال أحد الشوارد الموجبة التي تدخل في تركيب المولاس محل شاردة موجبة أُخرى ، حيث تم التوصل إلى نتيجة هي أن لزوجة المولاس تتأثر بشكل ملحوظ بنوعية المواد غير السكرية ، ويجب التنويه على أن معظم المواد غير السكرية التي تنقص من انحلالية السكروز يؤدي عادة وجودها إلى زيادة لزوجة المولاس .

قام العالم الروسي سيلين (Silin) بعد مُعالجة المعطيات التجريبية للعلماء بينيت و نيس (Bennett and Nees) وسبينغلير (Spengler) ولاندت (Landt) بوضع المنحنيات البيانية للزوجة المحاليل السكرية النقية ، حيث استخدم للتعبير عن تركيز السكر على هذه المنحنيات التركيز المولي واللزوجة بالمقياس اللوغاريتمي ، وحصل على خطوط بيانية مستقيمة ، بحيث أصبح من السهل استخدام هذه المنحنيات عملياً ، واستناداً إلى المعطيات التي تم الحصول عليها من قبل كبار العلماء والباحثين لقياس لزوجة المولاس المنتج في مصانع سكر مختلفة ، فقد قام العالم سيلين بوضع المخططات البيانية للزوجة المولاس الناتج عن تصنيع الشوندر السكري ،حيث يمكن باستخدام هذه المنحنيات أو المخططات البيانية الحصول على لزوجة أية عينة من المولاس الناتج عن تصنيع الشوندر السكري بعد معرفة تركيز المواد الصلبة المنحلة ودرجة الحرارة التي سيتم عندها نبذ الكتلة الأخيرة ، وقد وجد العالم سيلين أن لزوجة الأنواع المختلفة من المولاس الناتج عن تصنيع شوندر سكري ذو نوعية جيدة لا تختلف عن بعضها كثيراً بدرجة حرارة ٤٠ °م (في حالة تعيين المواد الصلبة المنحلة مباشرة – بدون تمديد– باستخدام جهاز قياس قرينة الانكسار) وتبلغ قيمة اللزوجة ٤,٤ باسكال . ثانية ، حيث أنه لم يُلاحظ عند قيمة اللزوجة المذكورة أية صعوبات عند نبذ الكتلة الأخيرة باستخدام نابذات عدد دوراتها أقل من

١٠٠٠دورة/دقيقة ، ويشير العالم سيلين إلى أن هذه القيمة ليست ثابتة ، ويمكن أن تتغير عند تغير مستوى التجهيزات التكنولوجية والميكانيكية في أي مصنع للسكر وخاصة بمحطة البلورة ، فمثلا عند استخدام نابذات متطورة (عدد الدورات ١٥٠٠ دورة / دقيقة) ، فإن قيمة اللزوجة الحدية تصبح ٧,١ باسكال . ثانية بدلاً من ٤,٤ باسكال . ثانية .

ويوضح الشكل ( ) المخططات البيانية للزوجة المولاس الناتج عن تصنيع الشوندر السكري التي وضعها العالم سيلين ، حيث سُميت باسمه .



الشكل رقم (٦-١٠) المخططات البيانية للزوجة المولاس الناتج عن تصنيع الشوندر السكري والتي وضعها العالم سيلين

تم قياس لزوجة المحاليل السكرية النقية لأول مرة عام ١٨٧٤ من قبل الباحث بورك غارد (Bork Gard) ومن ثم من قبل العالم كلاسين (Classen) وقام العلماء سبينغلير ولاندت وغيرهم بتنفيذ بعض الأبحاث ، حيث حاولوا تحديد تأثير المواد غير السكرية على لزوجة المحاليل السكرية

غيرالنقية ، فقد قاموا بإجراء بعض الأبحاث لتوضيح تأثير شوارد الكلوريدات والنترات والكربونات من مصانع السكر التي تقوم بتصنيع الشوندر السكري ذو النوعية الجيدة ، ويُعتبر البروفسور سيلين Silin أول من أعطى مفهوم (المولاس النظامي) ، وحسب هذا المفهوم فإن المولاس النظامي هو عبارة عن محلول مشبع بدرجة حرارة النبذ ، اعتبر العالم سيلين أنه عندما تكون درجة حرارة النبذ ٤٠ °C وعند سرعة دوران للنابذات مساوية إلى ٩٨٠ دورة / دقيقة فإن تركيز المواد الصلبة المنحلة في هذا المولاس يجب أن يكون ٨٢ % (يجب أن يتم تحديد المادة الصلبة المنحلة بالطريقة المباشرة ودون تمديد) ،وقيمة اللزوجة لهذا المولاس يجب أن تكون مساوية إلى ٤ ٤ باسكال . ثانية ، تسمى نقاوة هذا المولاس النظامي بالنقاوة النظامية ، تؤثر درجة الإماهة (المقدرة على ضم أو الارتباط مع الماء) على اللزوجة ، ويشرح هؤلاء العلماء سبب زيادة حجم الجزيئات نتيجة لتوجيه جزيئات الماء من قبل الشوارد الموجبة الصغيرة الحجم وذات السطح ذو الكثافة المرتفعة (الليثيوم المغنزيوم) حول هذه الشوارد بشكل كبير ، حتى تصبح أو تتحول هذه الشوارد إلى وحدة ديناميكية ذات حجم كبير ، أما الجزيئات التي لم تتميه وذات الحجم الكبير في حالة الكثافة الصغيرة للسطح كشوارد اليود مثلاً ، حيث يتم الحصول على طبقة متميهة ضعيفة مما يؤدي إلى انخفاض اللزوجة ، أما شوارد البوتاسيوم الكلور والأمونيوم فتشغل مكاناً وسطاً .

وقد عممت الباحثة سابرونوفا ل.آ. (Sapronova L. A.) المعطيات المتوفرة حول لزوجة المحاليل السكرية النقية ومحاليل السكر الأبيض ووجدت بأنها في حالة التمثيل البياني للوغاريتم اللزوجة وللتركيز المولي للمحاليل عندما يكون تركيز المواد الصلبة المنحلة يتراوح من ٤٠ – ٨٦ % يتصف طابع تغير اللزوجة بطابع خطي ، أما على مجال حدود الإشباع فتظهر على الخطوط البيانية انحناءات ،وقد حصلت الباحثة سابرونوفا على معادلتين إحداهما خاصة بالمحاليل غير المشبعة، أما الأخرى فهي خاصة بالمحاليل فوق المشبعة ، بالنسبة لمحاليل السكروز فوق المشبعة فقد حصلت الباحثة المذكورة على المعادلة التالية :

$$\lg \eta = -0.1 + \frac{M}{2.303RT}\left(176318.5 - 1.420663\times10^{8}\times\frac{T-T_0}{T_2}\right)$$

حيث :

η– اللزوجة ، ميلي باسكال . ثانية .

M – التركيز المولي للسكروز .

R – ثابت الغازات العام .

T_0 – درجة الحرارة المطلقة ، K^0 وتساوي كما هو معروف إلى٢٧٣,١٥ كالفن .

T – درجة الحرارة التي يتم عندها قياس اللزوجة ، K^0 وتساوي إلى

(t +٢٧٣,١٥) مقدرة بالكالفن .

تخضع لزوجة الكتلة المطبوخة التي تحتوي على ٥٠ % من وزنها بلورات سكرية كحد أدنى إلى قانون بوزيل ، أي تعد لزوجة عادية وليست بنيوية ، وتتناسب مع لزوجة السائل المحيط بالبلورات ومع وزن هذه البلورات ، فكلما كان محتوى هذه الكتلة أكبر من البلورات ، وكذلك كلما كان تركيز المواد الصلبة المنحلة في السائل المحيط بالبلورات أعلى ، كلما كانت لزوجة هذه الكتلة أكبر . تبلغ قيمة اللزوجة للكتلة المطبوخة المبردة من درجة حرارة ٦٠ °م وحتى ٣٥ – ٤٠ °م والتي تحتوي على حوالي ٤٠ – ٤٦ % من وزنها بلورات

٢٤٠ – ٢٥٠ باسكال. ثانية ، بدرجة حرارة (٤٠°م) ، وتؤدي زيادة عدد البلورات في هذه الكتلة عن الحد المذكور إلى تكسر (تحطم) تجهيزات التخليط في المبلورات (البرادات) .

تتعلق لزجة المولاس الناتج بشكل رئيسي بدرجة الحرارة ومحتواه من المواد الصلبة المنحلة، عند ارتفاع تركيز المواد الصلبة المنحلة وانخفاض درجة الحرارة، تزداد لزوجة المولاس بشكل كبير ، وتؤثر أيضاً المواد غير السكرية كما ذكرنا سابقاً على لزوجة المولاس ولكن هذا التأثير يختلف من مادة غير سكرية لأخرى ، فعلى سبيل المثال تُظهر أملاح الكالسيوم والمغنزيوم تأثيراً كبيراً على اللزوجة ، حيث يكون هذا التأثير أكبر بـ ١,٥ – ٢ مرة من تأثير أملاح البوتاسيوم والصوديوم ، وكذلك فإن الشوارد الموجبة تؤثر بشكل أكبر على قيمة لزوجة المولاس بالمقارنة مع الشوارد السالبة ، ونظراً لارتفاع اللزوجة أثناء عملية تبريد الكتلة الأخيرة ، يجب عند ذلك إيقاف هذه العملية والبدء بعملية النبذ ، لذلك يمكن القول إنه لابد من إبقاء كمية من السكروز في المولاس والتي تُشكل ما يسمى بالفاقد من السكر في هذا المولاس ، ولكن من الضروري معرفة الحد الأدنى لهذه الكمية من السكروز التي تبقى في المولاس ، بهدف مراقبة عملية التبلور للكتلة الأخيرة والحصول على مولاس يحتوي على أقل كمية ممكنة من السكروز .

قام البروفسور سيلين بدراسة وتحليل المولاس الناتج عن كثير من مصانع السكر، فالمولاس النظامي هو كما ذكرنا محلول مشبع بدرجة حرارة النبذ والتي تكون عادة مساوية إلى ٤٠ °م ، فإذا تم تبريد هذا المولاس إلى درجة حرارة أدنى أو تكثيفه (يتم التكثيف عادة بالتبخير) ، فإنه يتم الحصول على كميات إضافية من السكروز، وكذلك على مولاس ذو تركيز أعلى من المادة الصلبة المنحلة ولزوجة مرتفعة ، أما النقاوة فتكون أخفض من النقاوة بدرجة حرارة ٤٠ °م ، ولكن من وجهة النظر الاقتصادية والتكنولوجية فإن هذا الإجراء يعد غير مقبول.

وتجدر الإشارة إلى أنه بعد أن تم تصميم نابذات ذات عدد دورات ١٥٠٠ دورة / دقيقة بدلاً من ٩٨٠ دورة / دقيقة فإن قيمة اللزوجة الحدية للمولاس يمكن أن تكو مساوية إلى ٧,١ باسكال . ثانية ، وعندها يمكن رفع تركيز المواد الصلبة المنحلة المُحددة مباشرة بدون تمديد في المولاس إلى ٨٣,٥

% عند درجة حرارة ٤٠°م ، في هذه الحالة يمكن أن تنخفض كمية السكر بالمولاس بحدود ٠,١– ٠,١٥ % بالنسبة لوزن الشوندر ، ويرتفع المردود بهذا المقدار.

يتم تعيين النقاوة النظامية للمولاس الناتج في مصانع السكر حسب طريقة البروفسور سيلين بشكل تجريبي بدرجة حرارة ٤٠°م وفق التالي :

تؤخذ عينة من المولاس الناتج ويتم تكثيفها (إذا كان المحتوى من المواد الصلبة المنحلة أقل من ٨٦ %) أو تمديدها (إذا كان المحتوى من المواد الصلبة المنحلة أعلى من ٨٦ %) ، يؤخذ بعد ذلك ثلاث عينات من العينة الأصلية ، ولنفرض أنه كان تركيز المواد الصلبة المنحلة في العينة الأصلية ٨٦ % ، عندها يتم تمديد العينة الأولى حتى (Br) = ٨٤ % والعينة الثانية تُمدد حتى (Br) = ٨٢ % ، وتُمدد العينة الثالثة حتى (Br)= ٨٠ % .

يؤخذ من كل عينة ١٠٠ غ وتوضع في عبوة معدنية ويُضاف ٢٠غ من السكر الأبيض الناعم (مقاييس بلوراته تقريباً ٢٥٠ ميكرون) ، تُغلق العبوات المعدنية بشكل مُحكم وتوضع في جهاز يسمح بالحصول على محاليل سكرية في حالة الإشباع أو مُشبعة ، وهو عبارة عن حوض معدني مُغطى ويدور بضمنه محور بسرعة ١ – ١,٥ دورة / دقيقة . تتوضع على هذا المحور العبوات المعدنية التي تم تحضير العينات بضمنها سابقاً ، ومزود بمنظم حراري لتثبيت درجة الحرارة ، تستغرق عملية الحصول على المولاس المشبع بدرجة حرارة ٤٠ °م من ٧٢ – ٩٦ ساعة .

بعد انقضاء الفترة الزمنية المذكورة ، يتم فصل البلورات السكرية عن محلول المولاس المُشبع ، وتُحدد المواد الصلبة المنحلة والسكروز في كل عينة من عينات المولاس الناتج ، ومن ثم تُحسب النقاوة.

الجدول ( ) المعطيات التي تم الحصول عليها بعد عملية الإشباع .

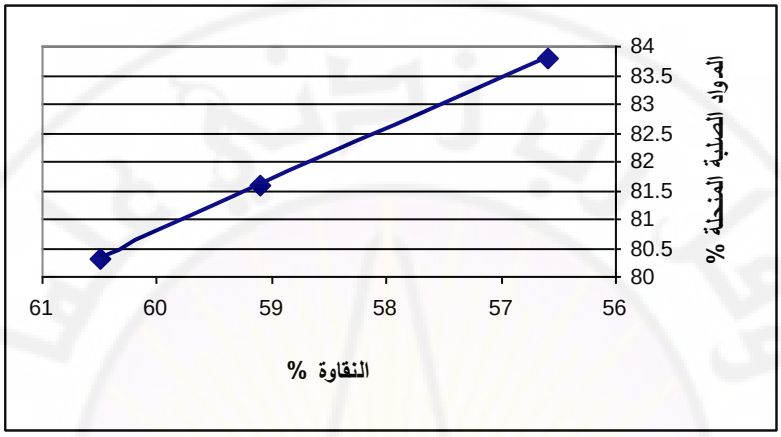
العينة	المواد الصلبة المنحلة %	السكروز %	النقاوة %
١	٨٠ .٣	٤٨ .٦	٦٠ .٥
٢	٨١ .٦	٤٨ .٢	٥٩ .١
٣	٨٣ .٨	٤٧ .٤	٥٦ .٦

نقوم بعد ذلك برسم الخط البياني للتابع Q = f (Br) ، الشكل ( ) نحصل على النقاط ١ ، ٢ ، ٣ للعينات الثلاث المُشبعة (يكون عادة الخط بين هذه النقاط مستقيماً) ولتقييم المولاس الناتج من حيث النقاوة ، هنا يجب التمييز بين حالتين :

١– إذا تم نبذ الكتلة الأخيرة على نابذات عدد دوراتها ٩٨٠ دورة/دقيقة أو أقل ، فإن المحتوى النظامي من المواد الصلبة المنحلة في هذا المولاس يجب أن يكون ٨٢ % عندها تكون لزوجة

المولاس ٤,٤ باسكال . ثانية .

بالعودة إلى الشكل ( ) نجد أن نقاوة المولاس الناتج هي ٥٨,٦% وهذه النقاوة هي النقاوة النظامية لهذا المولاس ، ويمكن القول بهذه الحالة بأنه إذا كانت نقاوة المولاس الناتج في المصنع المذكور أقل من ٥٨,٦% فإن محطة البلورة فيما يخص الكتلة الأخيرة تعمل بشكل جيد .



الشكل ( ) تعيين النقاوة النظامية للمولاس بدرجة حرارة°C ٤٠ .

٢- إذا تم نبذ الكتلة الأخيرة على نابذات عدد دوراتها ١٤٨٠ دورة/دقيقة أو أكثر ، فإن التركيز النظامي للمواد الصلبة المنحلة في المولاس يجب أن يكون كما ذكرنا سابقاً ٨٣,٥ % (عندها تكون لزوجة المولاس مساوية إلى ٧,١ باسكال . ثانية) ، ومن الشكل ( ) نجد أن نقاوة هذا المولاس ستكون ٥٦,٦ % ، وهذه النقاوة هي النقاوة النظامية لهذا المولاس .

ملاحظة : إن قيم تركيز المواد الصلبة المنحلة المذكورة قد تم تحديدها باستخدام جهاز قياس قرينة الانكسار (الريفراكتومتر) بالطريقة المباشرة (بدون تمديد).

- **المؤشرات الرئيسية لعملية تبلور الكتلة الأخيرة :**

تعد عملية تبلور الكتلة الأخيرة بمرحلتيها (الأولى في أجهزة الطبخ ، والثانية في البرادات) هامة جداً ، لأنها تؤثر في فاقد السكر في المولاس والذي يشكل حوالي ٧٠ % من مجموع الفواقد الأخرى (المعلومة والمجهولة) ، لهذا فإن الاهتمام ينصب بشكل رئيسي على المؤشرات التالية :

- محتوى الكتلة المطبوخة من المواد الصلبة المنحلة ، والذي يؤثر بشكل أساسي على لزوجة ونقاوة المولاس الناتج .
- نقاوة الكتلة المطبوخة ، حيث يفترض أن تكون هذه النقاوة في الحدود التي تسمح بالحصول على مولاس ذو نقاوة قريبة من النقاوة النظامية ، كما تؤثر

النقاوة المرتفعة لهذه الكتلة على كمية البلورات السكرية ، حيث تزداد كميتها عند ارتفاع النقاوة مما يؤدي إلى ازدياد اللزوجة ، نتيجة لذلك يُصبح من الضروري إيقاف عملية البلورة لهذه الكتلة بشكل فوري وقبل انتهاء الزمن المخطط لذلك .

تُحدد نقاوة الكتلة (٣) ، اعتماداً على النقاوة الوسطية للشرابات التي حُضرت منها ، وتُقارن مع النقاوة الحدية (المسموح بها) للكتلة الأخيرة الجدول ( ).

الجدول ( ) النقاوة الحدية (المسموح بها) للكتلة المطبوخة رقم (٣) .

نسبة البلورات %	النقاوة الحدية(المسموح بها) للكتلة (٣) % عند قيمة النقاوة النظامية للمولاس %						
	٥٤	٥٦	٥٨	٦٠	٦٢	٦٤	٦٦
٤٠	٧٤,٢	٧٥,٤	٧٦,٥	٧٧,٦	٧٨,٧	٧٩,٧	٨٠,٨
٤٢	٧٥,٢	٧٦,٣	٧٧,٣	٧٨,٤	٧٩,٥	٨٠,٦	٨١,٠
٤٤	٧٦,١	٧٧,٢	٧٨,٢	٧٧,٣	٨٠,٣	٨١,٤	٨٢,٤
٤٦	٧٧,١	٧٨,١	٧٩,١	٨٠,١	٨١	٨٢	٨٣

ملاحظة : تم حساب المعطيات الواردة في الجدول رقم (٦–٨) استناداً إلى نقاوة المولاس النظامي وإلى نسبة للبلورات المثلى في الكتلة المطبوخة رقم (٣) قبل عملية الفرز (النبذ) .

يتم تحديد نسبة البلورات في الكتلة المطبوخة تجريبيا وهي في المجال ٤٠ . ٤٦ % ، وإذا تبين أن نقاوة الكتلة المطبوخة أعلى من قيمة النقاوة المسموح بها والواردة في الجدول (٦–٨) ، عندها يُضاف في نهاية عملية الطبخ المولاس الممدد حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٧٨ – ٨٠ % والمُسخن حتى درجة حرارة °C ٨٥ – ٩٠ لخفض هذه النقاوة ، ومن ثم يتم تفريغ هذه الكتلة في الخلاط وبعد ذلك تُوجه إلى المبلورات (البرادات) .

تُحسب كمية المولاس التي يجب أن تُضاف بالعلاقة التالية :

$$Am = \frac{100Br1(Q1 - Q2)}{Br2(Q1 - Qm)}$$

حيث :

A_m – كمية المولاس الممدد التي يجب أن تُضاف إلى الكتلة (٣) لخفض نقاوتها . % .

Br_1 ، Br_2 – كمية المواد الصلبة المنحلة في الكتلة المطبوخة الأخيرة وفي المولاس على التتالي . % .

Q_1 ،Q_m – نقاوة الكتلة المطبوخة الأخيرة والمولاس المُضاف على التوالي .

Q_2 – النقاوة الحدية (المسموح بها) للكتلة الأخيرة المطبوخة (تؤخذ من الجدول رقم (٦–٨) .

الجدول ( ) تغير نسبة المادة الصلبة المنحلة في الكتلة الأخيرة بنهاية عملية التبلور تبعاً لدرجة حرارة التبريد ولنسبة البلورات .

نسبة البلورات %	نسبة المادة الصلبة المنحلة Br_{m2}% في الكتلة الأخيرة بنهاية عملية التبلور عند التبريد لدرجة الحرارة المحددة م^0						
	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥	٦٠
٤٠	٨٩,٧	٩٠,٣	٩٠,٩	٩١,٥	٩٢,٠	٩٢,٥	٩٣,١
٤٢	٩٠,١	٩٠,٦	٩١,٢	٩١,٧	٩٢,٢	٩٢,٧	٩٣,٣
٤٤	٩٠,٤	٩١,٠	٩١,٥	٩٢,٠	٩٢,٥	٩٣,٠	٩٣,٦

إذا تبين أن نقاوة الكتلة المطبوخة لا تزيد عن تلك الواردة في الجدول ( ) ، يتم طبخ هذه الكتلة حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٩٤ – ٩٥ % ، وتؤخذ في نهاية عملية الطبخ عينة لتحديد المادة الصلبة المنحلة ولتكن Br_{m1} وتُحديد النقاوة Q_{m1} ، وتبعاً لدرجة حرارة التبريد لهذه الكتلة ولمحتواها من البلورات السكرية ، يتم إيجاد المحتوى النهائي للمواد الصلبة المنحلة في هذه الكتلة Br_{m2} قبل تفريغها من جهاز الطبخ .

بعد إيجاد قيمة Br_{m2} في نهاية عملية التبلور وكذلك قيمة Br_{m1} . يتم إيجاد كمية الماء التي يجب أن تُضاف إلى هذه الكتلة وذلك من الجدول ( ) الذي يوضح كمية الماء المتوجب إضافتها تبعاً لقيمةBr_{m1} و Br_{m2} .

تُضاف نصف كمية الماء في جهاز الطبخ . أما الكمية المتبقية فتُضاف إلى البراد (المبلور) الذي تكون فيه درجة حرارة الكتلة المطبوخة ٦٠ – ٦٥ °م . يجب أن تكون درجة حرارة الماء المُضاف أعلى بـ ٥ درجات من درجة حرارة الكتلة المطبوخة .

الجدول ( ) كمية الماء اللازم إضافته إلى الكتلة (٣)تبعاً لقيمةBr_{m1} و Br_{m2}

Br_{m1} %	كمية الماء .(م^3 لكل ١٠طن كتلة مطبوخة) المتوجب إضافتها للحصول في نهاية عملية التبلور على كتلة ذات محتوى من المواد الصلبة المنحلة Br_{m2}%.						
	٩٠,٥	٩١	٩١,٥	٩٢	٩٢,٥	٩٣	٩٣,٥	٩٤
٩٥,٥	٠,٥٥	٠,٤٩	٠,٤٤	٠,٣٨	٠,٣٢	٠,٢٧	٠,٢١	٠,١٦

٩٥	٠,٥٠	٠,٤٤	٠,٣٨	٠,٣٣	٠,٢٧	٠,٢١	٠,١٦	٠,١١
٩٤,٥	٠,٤٤	٠,٣٨	٠,٣٣	٠,٢٧	٠,٢٢	٠,١٦	٠,١١	٠,٠٥
٩٤	٠,٣٩	٠,٣٣	٠,٢٧	٠,٢٢	٠,١٦	٠,١١	٠,٠٥	
٩٣,٥	٠,٣٣	٠,٢٨	٠,٢٢	٠,١٦	٠,١١	٠,٠٥		
٩٣	٠,٢٨	٠,٢٢	٠,١٦	٠,١١	٠,٠٥			

يتم إجراء عملية البلورة للكتلة الأخيرة بحيث تكون لزوجة المولاس الناتج بعد عملية النبذ مساوية إلى ١. ٧ باسكال . ثانية عندما يكون عدد دورات النابذات المخصصة ١٤٨٠ دورة / دقيقة و ٤. ٤ باسكال . ثانية عند عدد دورات

٩٨٠ دورة / دقيقة .وهذا هام جداً . ففي حالة ارتفاع اللزوجة عن الحدود المذكورة تُصادف صعوبات أثناء عملية النبذ . أما عند انخفاض اللزوجة أيضاً عن الحدود المذكورة تزداد كمية الفاقد من السكر في المولاس . نظراً لازدياد كمية الماء في محتوى هذا المولاس .

- **استخدام المركبات الفعالة سطحياً في محطة البلورة :**

تُستخدم المركبات الفعالة سطحياً في محطة البلورة في الوقت الحاضر بشكل واسع . وهي عبارة عن أسيتيل مونوغليسيريدات ذات لون أصفر فاتح . عديمة الطعم وخاملة من الناحية البيولوجية . تتحلل بسرعة في الجسم إلى الغليسيرين وحمض دسم وحمض الخل . وتُستخدم هذه المركبات في صناعات أُخرى مثل صناعة الخبز ، المارغرين ، المُثلجات اللبنية ، والصناعات الدوائية ، وتتمتع هذه المركبات بالمواصفات التالية :

. درجة حرارة الانصهار . °م : ٢٨ – ٣١ .

. قرينة الحموضة . مغ KOH : ٢ كحد أعلى .

. كمية حمض الخل المرتبط . % : ٢٣ كحد أعلى .

. النقاوة % : ٨٠ كحد أدنى .

أظهرت النتائج المعملية أنه عند استخدام هذه المركبات ، أثناء تصنيع الشوندر السكري ذو النوعية المُتدنية ، تنخفض الفترة الزمنية اللازمة لطبخ الكتلة الأخيرة بمقدار ١٥ –٢٠% ، ووجد كذلك أن فعالية هذه المركبات تزداد عند استخدامها على شكل مستحلب ، وسنستعرض فيما يلي أهم الأمور المتعلقة باستخدام هذه المركبات في محطة البلورة .

-عند تحضير (طبخ) الكتلة رقم ١ :

لا يُلاحظ كقاعدة عامة عند تصنيع شوندر ذو نوعية جيدة أية صعوبات أثناء طبخ الكتلة (١) ، لكن يُمكن استخدام هذه المركبات لتسهيل عملية الحصول على بلورات متجانسة وتجنباً لتشكل

بلورات ذات أبعاد صغيرة (البودرة) ، حيث تضاف هذه المركبات بمعدل ٣٠ مغ لكل ١ كغ كتلة مطبوخة أو طبخة (١) ، أما عند انخفاض نقاوة الكتلة المطبوخة (١) إلى أقل من ٩٠ % تنشأ ضرورة تسريع عملية البلورة خصوصا في المرحلة النهائية ، لهذا تضاف هذه المركبات بمعدل يصل إلى ٥٠ ميلي غرام لكل ١كغ من الطبخة (١) ، وتجدر الإشارة إلى أنه يفضل القيام بالإضافة المُجزأة لهذه المركبات (الإضافة على شكل دفعات) أثناء تحضير الكتلة المطبوخة ، حيث تجري عملية الطبخ بشكل أفضل منه عند الإضافة دفعة واحدة .

- **عند تحضير (طبخ) الكتلة المرحلية والأخيرة :**

تتميز هذه الطبخات بارتفاع لزوجتها وبقدرتها الكبيرة على تشكيل الرغوة ، وبانخفاض سرعة تبلورها ، لذلك فإن استخدام المركبات الفعالة سطحياً على شكل دفعات من شأنه أن يؤثر على اللزوجة فيخفضها ، وتتعلق كمية المركبات الفعالة سطحياً المُضافة في هذه الحالة بنقاوة الكتلة المطبوخة وفق التالي :

- عند نقاوة ٧٨ – ٨٢ % تضاف المركبات الفعالة سطحياً بمعدل ٥٠ مغ لكل ١ كغ كتلة مطبوخة .
- عند نقاوة أقل من ٧٨ % – تضاف المركبات الفعالة سطحياً بمعدل ١٠٠ مغ لكل ١ كغ كتلة مطبوخة ، لأن الكتلة المطبوخة في هذه الحالة تتميز بحركة بطيئة ضمن جهاز الطبخ ، وبانخفاض سرعة التبلور .

وتجدر الإشارة إلى أن المركبات الفعالة سطحياً تتراكم في المولاس ، وأظهرت نتائج الأبحاث أن لتركيز هذه المركبات بمعدل ٠,١ % بالنسبة لوزن المولاس أو أقل ، تأثير إيجابي على عمليات التخمر التي تجري لاحقاً في صناعة الكحول أو الخميرة القائمة على استخدام هذا المولاس ، أما إذا ازدادت هذه الكمية عن ٠,١ % بالنسبة لوزن المولاس ، فإن عملية التخمر تصبح بطيئة ، وينعكس ذلك على مردود الخميرة والكحول ، لهذا وبهدف إنتاج مولاس ذو مواصفات جيدة من ناحية التخمر يُنصح أن تُضاف هذه المركبات فقط عند تحضير الكتلة الأخيرة ، حيث تكون جدوى الإضافة في هذه الحالة جيدة من حيث تسريع وتحسين عملية الطبخ ، والحصول على مولاس بمواصفات جيدة .

تتعلق كمية المركبات الفعالة سطحياً Q (طن) اللازمة لمصنع السكر خلال فترة التصنيع بالعوامل التالية :

- الطاقة الإنتاجية السنوية لمصنع السكر m طن .
- كمية ونوعية الشوندر السكري المُصنع .
- مستوى التقنية في المصنع .
- الخبرة الفنية للعاملين في محطة الطبخ .

تُحسب الكمية التقريبية المستهلكة خلال دورة التصنيع من المركبات الفعالة سطحياً بالعلاقة التالية :

$$Q = \frac{dmK}{100}$$

حيث :

m – كمية الشوندر المتوجب تصنيعها مقدرة بالطن .

d – مجموع كمية المركبات العالة سطحياً المُضافة للكتلة (١)– (٢) – (٣) % بالنسبة لوزن الشوندر السكري .

K – عامل يأخذ بعين الاعتبار نوعية الشوندر السكري المصنع وفترة دورة التصنيع وعوامل أخرى ، وتتراوح قيمته في المجال : ٠,٤–٠,٦ .

فرز السكر وتجفيفه وتعبئته

- **أنواع الفارزات**
- **فرز السكر الأبيض :**
- **تجفيف السكر البيض – المواصفة الفنية للسكر البيض :**
- **تخزين السكر البيض :**

تظهر المشكلة الرئيسية في تخزين السكر في خاصية تجبله ، تيركز العمل في حفظ السكر من التجبل بتخزينه في ظروف خاصة تمنع بلورته من امتصاص السكر الرطوبة ومن ثم فقدها . حيث يمتص السكر عندما يتعرض الى رطوبة عالية ولفترة من الوقت الرطوبة متشكلا طبقة شراب دقيقة على سطوح بلوراته ، بحيث تفقد هذه الرطوبة المكتسبة عنما تتعرض فيمابعد الى جو جاف ، مما يعطي البلورات فرصة الالتصاق بنقاط تماسها مما يحدث ظاهرة تجبل السكر ،والتي تتناسب شدتها مع نسبتي الرطوبة الرطبة الممتصة والمفقودة وعلى الكيفية التي تدمص وتفقد بها الرطوبة .تستعمل الان اكياس ذات جدر مضاعفة لتعبئة السكر وحمايته من تاثير تقلبات الرطوبة وبالتالي تقللمن عمليتي امتصاص الرطوبة وفقدانها الى حدودها الدنيا طوال فترة التخزين وتمنع حدوث حالة التجبل .

يوزن السكر الأبيض المنتج ويعبأ في عبوات قماشية قطنية (أكياس الخام البيضاء) زنة كل منها ٥٠ كغ ، وتستخدم في العديد من الدول عبوات ورقية متعددة الطبقات ، وعبوات من البولي إيتيلن والبولي بروبلين ، وتخزن العبوات في مستودعات خاصة مهواة (الرطوبة النسبية ٥٥ – ٧٠ %) تغطى أرضيتها بألواح خشبية وعلى صفوف (٢٤ كيس كحد أدنى) بحيث يتم اختصار العدد على ارتفاع قدره مترين لتشكيل هرم من الأكياس ، ويجب أن لا تقل المسافة بين الأكياس وجدار المستودع عن ٠,٥ – ٠,٧ م ، أما المسافة بين قاعدة هرمين فيجب أن تقع في المجال ٣,٣ – ٣,٥ متر ، وتتم عملية التخزين والنقل والشحن بمساعدة سيور ناقلة ينحصر دور العامل البشري فيها بعملية التنضيد (التستيف) .

وفي أثناء عملية التخزين والنقل والتستيف تتمزق بعض الأكياس ويسقط محتواها من السكر إلى أرض المستودع فيجمع ويعبأ ليعاد إلى خزان الكليرا إذا كان نقياً ، وإلى الكربنة الثانية إذا كانت نسبة الشوائب فيه عالية .

يتعرض السكر السائب سواء اثناء خزنه او تداوله للتجبل لذا عملت الشركات المنتجه والشاحنة الى تخزينه في في صوامع بعد تجفيفه بالهواء الساخن الى الرطوبة المرغوبة لمدة تتروح بين ١٦–٢٠ ساعة قبل شحنه اوتعبئته .وقد وجد ان سكر المخابز اكثر تعرضا للتجبل من السكر النموزجي .كما ان سكر البودرة اكثر حساسية للرطوبة من سابقتها لذا يرش النشاء لتقليل خاصة التجبل الى

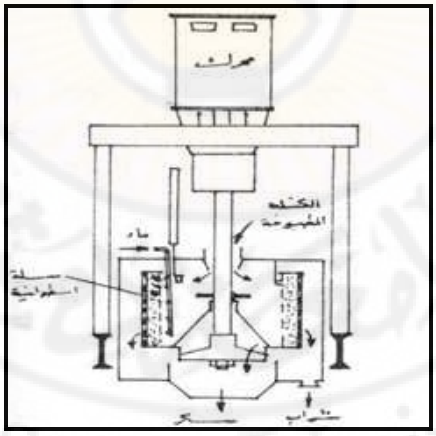
حدودها الدنيا . وعليه يحتوي سكر البودرة على ٣ % من وزنه نشاء، بينما يخلط النشاء مع سكر السكاكر نحو ٤,٥ % .حيث يعمل النشاء على ادمصاص الرطوبة بدلا من بلورات السكر كما تعمل حبيبات النشاء الدقيقة كمانع فيزيائي لتفريق بلورات السكر منفردة دون تماس مع بعضها تقريبا .يجب ان يخزن السكر الخام الاسمر والابيض في مخازين تتراوح رطوبتها النسبية بين ٦٠ ٧٠ %ودرجة حرارة ما بين ٢٠-٢٥ درجة مئوية وان أي تذبذب في كليهما يؤدي الى جفاف الطبقة الخارجية التي تغطي البلورات وترتفع لزوجتها بحيث عندما تجف ثانية تؤدي الى حالة تجبل صلبة

تتكون الكتلة المطبوخة من جملة بلورات السكروز التي يحيط بها وسط سكري عالي التركيز ، وتهدف عملية الفرز إلى فصل البلورات عن الوسط المحيط (السائل) اعتماداً على مبدأ القوة النابذة . (الطرد المركزي) للحصول على السكر الأبيض .

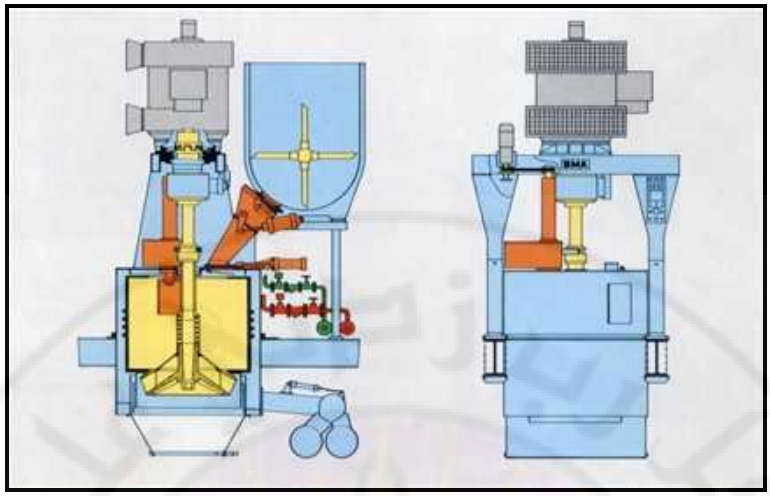
يتم فصل بلورات السكر عن الطور السائل (الوسط المحيط) وفقاً لمبدأ التصفية أو الترشيح ، حيث تحتجز على الجدار الداخلي لسلة الفارزة التي تقوم بدور سطح ترشيح أو تصفية .

- فرز السكر الأبيض :

تتألف الفارزة (النابذة) من سلة أسطوانية الشكل مثقبة (٤ × ٤ مم) تفصلها عن بلورات السكر (الكتلة المطبوخة) شبكة معدنية ذات أبعاد صغيرة (٢,٥ × ٠,٣٤ مم) ، مثبتة على محور ومعلقة بمحرك وتدور بدورانه . أنظر الشكل رقم (A,B-١-٧) .



الشكل (A-١-٧) مخطط عمل فارزات السكر.



الشكل(٧-١-B) مخطط عمل فارزات السكر.



الشكل رقم (٧-٢) فارزات السكر الأبيض من تصميم شركة BMA الألمانية

تصل فيها سرعة الدوران إلى ٧٥٠ – ١٠٠٠ – ١٥٠٠٠ دورة في الدقيقة ، وتقوم الشبكة المعدنية بحجز بلورات السكر ، في حين أن السائل المحيط ينفذ عبر الفتحات ويجمع في خزان خاص (الشراب الفقير) ، ولتخليص بلورات السكر الأبيض من طبقة الشراب المحيط المتوضعة عليها ، يتم غسلها باستخدام تيار من الماء الساخن (٧٥ – ٩٠) °م ، فتنحل الطبقة الخارجية وجزء بسيط من البلورة ، إضافة إلى البلورات الصغيرة وبذلك يتشكل الشراب الغني .

يتراوح استهلاك ماء الغسيل بين ٣ – ٣,٥ % من وزن الكتلة المطبوخة ، وينحل به ١٠ – ١٥ % من البلورات الصغيرة ، وبعد انتهاء عملية الفرز والغسيل يتم تخفيض سرعة الدوران إلى ١١٥ دورة / دقيقة ، ليقوم السكين بقشط طبقة السكر الأبيض عن الشبكة المعدنية التي تغسل بعدها بالماء الساخن والبخار لإذابة ما تبقى من السكر عليها ، وتستغرق دورة الفارزة بحدود ٣ – ٤ دقائق في الحالات العادية .

– أنواع الفارزات :

يمكن تصنيف الفارزات في صناعة السكر وفق ما يلي :

- **بحسب طبيعة عملها:** فارزات دورية (متقطعة) Batch Centrifuge

فارزات مستمرة Continuous Centrifuge أنظر الشكل رقم (٧–٣).

– **بحسب درجة أتمتتها** : آلية (ذات تحكم آلي) ، ونصف آلية ، ويدوية .

– **بحسب عدد سرعات محركها** : ذات سرعة واحدة ، ومتعددة السرعات.

–**بحسب شكل سلتها** : مخروطية الشكل ، أو أسطوانية الشكل .



الشكل رقم (٧–٣–A) فارزة دورية



الشكل رقم (٧–٣–B) فارزة مستمرة

– تجفيف السكر الأبيض :

تمتاز بلورات السكر الأبيض الناتجة عن عملية الفرز بارتفاع نسبة الرطوبة التي تصل إلى ٠,٨ % ، وارتفاع درجة حرارتها (٧٠ – ٨٠) °م ، مما يعرضها إلى إمكانية التكتل وتشكيل الكتل

السكرية ، إضافة إلى أن ارتفاع نسبة الرطوبة يسمح بنمو الميكروبات على سطح البلورات ويعرض البلورات إلى إمكانية التهشم وتكسر الحواف عند عمليات النقل مما يجعل السك غير قابل للتخزين .

وتعتمد عملية التجفيف على مرور تيار هوائي ساخن بين البلورات ينتزع ما تبقى من الرطوبة (لغاية ٠,٠٨ – ٠,١٤ %) ، نظراً لتوضع جزيئات الماء على السطح الخارجي ، ومن ثم تبريد البلورات إلى درجة حرارة الوسط .

– **أنواع المجففات :**

من أهم الأنواع المستخدمة حالياً في تجفيف السكر الأبيض :

آ – **النوع الأسطواني الدوار المائل** والذي يتألف من أسطوانة واحدة أو أسطوانتين .

ب– **النوع الذي يعتمد على مبدأ الوسادة الهوائية.**

– **النوع الأسطواني :**

يتألف هذا النوع من حجرتين ، الحجرة الأولى يمر فيها هواء ساخن يقوم بتخليص الرطوبة من سطح البلورات ، والحجرة الثانية يمر فيها هواء بارد لخفض درجة حرارة البلورات ، وقد تكون هاتان الحجرتان في أسطوانة واحدة أو في أسطوانتين (الأسطوانة الأولى للتجفيف والثانية للتبريد) .

وتتم عملية التجفيف أو التبريد بمساعدة لاقطات معدنية مثبتة على الجدار الداخلي للأسطوانة ، تقوم بغرف بلورات السكر من أسفل الأسطوانة ، وترفعها عالياً بنتيجة عملية الدوران ، وتنثرها من الأعلى حيث يقوم الهواء المسخن بنزع جزيئات الماء من سطحها ،الشكل (٧–٤–A,B)، ونتيجة لميلان الأسطوانة وللحركة الدائمة تنتقل بلورات السكر باتجاه حجرة التبريد .

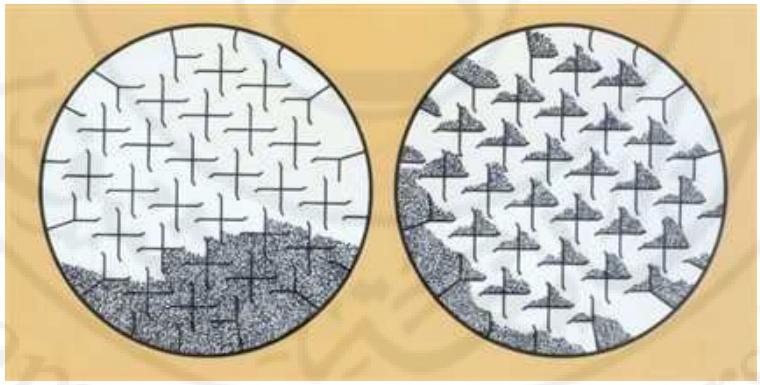
ولهذا النوع من المجففات عدة عيوب يؤثر على جودة المنتج ، ومن أهم هذه العيوب – تآكل حواف البلورات (١٥ – ٢٠ %) وتهشمها مما يفقدها البريق واللمعان بسبب السقوط من أعلى أسطوانة المجفف مرات عديدة نتيجة للدوران المستمر. الشكل () ، وزيادة كمية السكر الناعم (البودرة) التي تنتشر في كافة أرجاء محطة التجفيف مشكلة مع الهواء مزيجاً منفجراً .



الشكل (٧-٤-A) :
مجفف السكر الأسطواني



الشكل (٧-٤- B) :
مجفف السكر الأسطواني



الشكل ( ) . اللاقطات المعدنية داخل المجفف الأسطواني في حالتي الدوران والتوقف

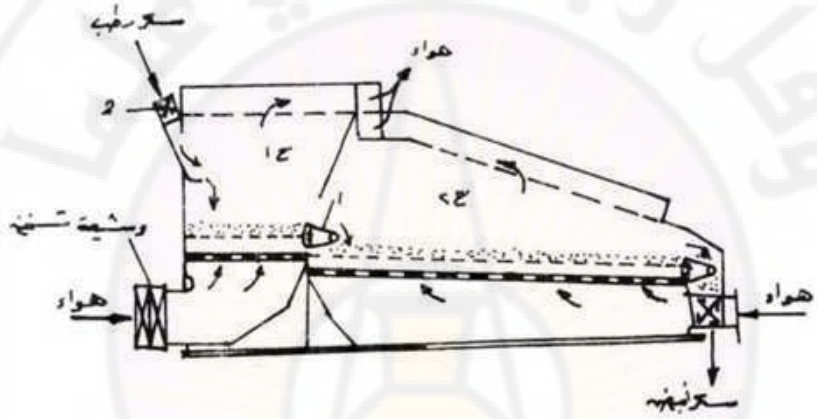
- النوع المسطح (الوسادة الهوائية) :

أثبت هذا النوع الذي يعتمد على مبدأ الوسادة الهوائية جدارته في السنوات الأخيرة بشكل لا يضاهى من حيث سهولة العمل ، وجودة المنتج ، واختفاء سلبيات النوع الأسطواني ، ويتألف هذا المجفف كما يتضح من الشكل ( ) من حجرة تجفيف (ح١) يدخل فيها السكر الرطب عبر منظم التدفق (٢) ليسقط فوق شبكة معدنية يمر عبر ثقوبها من الأسفل إلى الأعلى تيار الهواء الساخن

ويمنع سقوط بلورات السكر .

يحمل تيار الهواء عند اندفاعه من الثقوب جزءاً من بلورات السكر إلى الأعلى (على ارتفاع ٢٠ سم) مشكلاً بذلك ما يشبه النافورة (أو الماء الذي يغلي) ، ويتم التحكم بثخانة طبقة السكر بواسطة الآلية (١) وتصل في حجرة التجفيف إلى ٢٥٠ – ٤٥٠ مم، وفي حجرة التبريد (ح٢) ٨٠ – ١٢٠ مم .

درجة حرارة السكر الأبيض الناتج ٢٢ °م ، والرطوبة ٠,٠٢ – ٠,٠٣ % . والبلورات الناعمة (لا تي أصا بها التآكل) لا تزيد عن ٦–٨ % في أسوأ الحالات .



الشكل ( ) المجفف المسطح

– المواصفات التكنولوجية للسكر الأبيض :

ويجب أن يكون للسكر الأبيض المنتج في سوريا الصفات الفيزيائية والكيميائية التالية الموضحة في الجدول ():

الصفات الفيزيائية والكيميائية	السكر الأبيض (آ)	السكر الأبيض (ب)
الاستقطاب	99.7	99.5
السكاكر المنقلبة (بالنسبة للمادة الجافة) الحد الأقصى بالـــ % ك/ك	0.04	0.1

الرماد الحد الأقصى بالـــ % ك/ك	0.04	0.1
الرطوبـة (بـالتجفيف عنـد الدرجـة 105مْ لمـدة 3 ساعات) الحد الأقصى بالـــ % ك/ك	0.1	0.1
اللون الحد الأقصى مقدراً بوحدات (ICUMSA)	60	150
ثاني أكسيد الكبريت، الحد الأقصى (مع/كغ)	20	70
الملونات المعدنية، الحد الأقصى (مع/كغ)		
– الزرنيخ	1	1
– النحاس	2	2
– الرصاص	2	2

المصدر : م.ق.س (1980/48)

إن المواصفات القياسية العالمية لمادة السكر الأبيض بما فيها المواصفة القياسية السورية رقم ٤٨ لعام ١٩٨٠ متقاربة جداً .

ملاحظة :ICUMSA (**الإيكومزا**) – الاتحاد الدولي للطرق الموحدة لتحاليل السكر .

ICUMSA – international commission for uniform methods of sugar analysis

من الشروط الميكروبيولوجية المحددة بالمواصفة كذلك :

- ألا تظهر في كمية ١٠ غ من السكر أية عصية من Escherichia Coli .
- ألا يزيد عدد عصيات الكوليفورم Coliform عن ١٠ عصيات في ١٠ غ سكر .
- ألا تظهر في كمية ٢٥ غ من السكر أية عصية سالمونيلا Salmonella.
- ألا تظهر في كمية ٥ غ من السكر أية مكورة معوية واحدة Streptococcus fecalis .

– صويل بلورات سكر الطبخة الثالثة (االسكر الأحمر – ٣) :

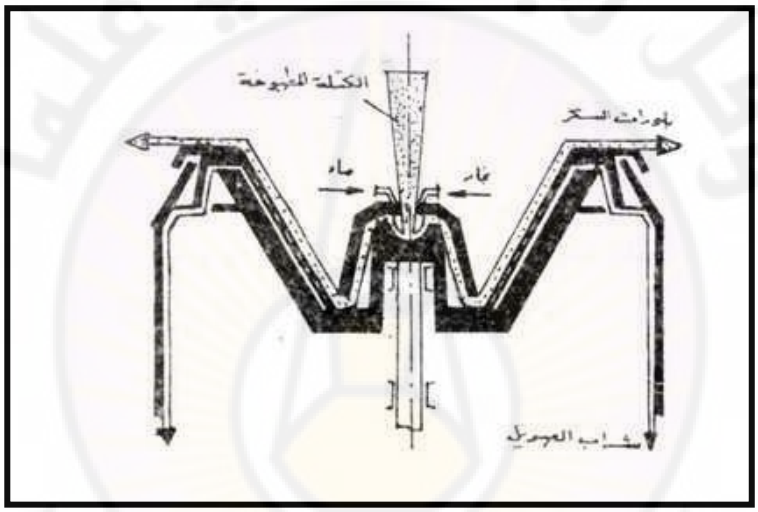
تبقى طبقة من الوسط المحيط الذي لم يتبلور (المولاس) على سطح بلورات السكر الأحمر الناتجة عن الطبخة الأخيرة (الثالثة) فتعطيها اللون الأصفر وتُخفض نقاوتها ، وللتقليل من تركيز هذه المواد اللاسكرية على البلورات تتبع عملية الصويل باستخدام الشراب الفقير للطبخة الأولى بعد تمديده إلى بريكس ٧٢– ٧٦ % (غسيل البلورات) خلال مدة ٢٠ دقيقة بدرجة حرارة ٦٥ °م ، و يستخدم أحياناً شراب الصويل نفسه (كما في معملي سكر الرقة ومسكنة) .

ويبلغ استهلاك الشراب الفقير بحدود ٤,٥ – ٥ % من وزن الشوندر ، والكتلة الناتجة عن عملية

الصويل تسمى الكتلة الاصطناعية بريكس(٨٩ – ٩٠ %)، وترتفع نقاوة السكر نتيجة لعملية الصويل من ٩٥ – ٩٦ % إلى ٩٧ – ٩٨ % وتنخفض درجة التلون بمقدار مرتين أو ثلاث .

تتم عملية فرز الكتلة الاصطناعية باستخدام فارزات مستمرة تعمل على مبدأ القوة النابذة الشكل ( ) .

إن نقاوة الكتلة الاصطناعية الناتجة عن عملية الصويل قريبة جداً من نقاوة الطبخة الثانية ، إلا أن خلطها مع كتلة الطبخة الثانية غير ممكن بسبب اختلاف حجم البلورات ، إذ أن بلورات الكتلة الاصطناعية صغيرة نسبياً ، وتتوضع بين بلورات الطبخة الثانية وتحول دون إتمام عملية الفرز .



الشكل ( ) مخطط توضيحي لمبدأ علم الفارزات المستمرة.

تتآكل البلورات وينحل قسم منها نتيجة لعملية الصويل باستخدام خلاط (مصوَّل) ويتمدد المحلول ونضطر لصرف كمية أكبر من الطاقة ، ولتفادي ذلك اقترح العالم الروسي سابرونوف Sapronovإجراء عملية الصويل في الفارزات مباشرة فينخفض استهلاك الشراب الغني أو شراب الصويل ، وتنخفض درجة التلون .

يحل السكر الأحمر – ٢ وسكر الصويل بواسطة عصير الكربنة الثانية حتى درجة بريكس ٦٥ – ٧٠ % ويسمى الناتج بالكليرا pH =(٧,٥ – ٨) .

المولاس

- **المولاس :**

المولاس باللغة اللاتينية تعني اللون الأسود ، أطلقت على الشراب الفقير للطبخة الأخيرة في صناعة السكر ، نظراً للونه البني الداكن والمائل للسواد ، والذي يحوي السكروز (بنسبة النصف تقريباً) والمواد اللاسكرية .

لمولاس MOLASSES :

هو سائل اسود اللون عالي اللزوجة وهو السائل الرئيسي المفصول من بلورات السكر ويسمى في مصر باسم (الدبس) ونسبته 5 – 3.5 % من وزن القصب ويحتوى على نوعين من السكر هما السكروز وسكريات أحاديه (الجلوكوز – الفركتوز) بالإضافة إلى ٢٠ % من وزنه ماء و ٨٠ % مواد صلبه

أنواع المولاس :

١- المولاس الأول : السائل الناتج من شراب القصب بعد فصل بلورات السكروز لأول مرة

٢- المولاس الثاني : السائل الناتج من شراب القصب بعد فصل بلورات السكروز لثاني مرة

٣- المولاس النهائي : السائل النهائي الناتج من شراب القصب بعد فصل بلورات السكروز لأخر مرة

٤- Black srap molasses : وهو السائل المرتفع اللزوجة المنفصل من شراب القصب

٥- المولاس المحول : شراب لونه بني محمر به مواد صلبه ٧٨ % معظمه جلوكوز وسكر محول وينتج من معاملة شراب القصب بالأحماض المخففة أو الإنزيمات

٦- مولاس المائدة : وهو ناتج عسل بلورات السكر في آلات الطرد المركزي وهو يشبه العسل الأسود ولكنه اخف في القوام ويستعمل كغذاء

ويكون المولاس على نوعين:

١- مولاس الشمندر: وهو الناتج الثانوي من استخلاص السكر من الشمندر أو من تكرير سكر الشمندر الخامي.

٢- مولاس القصب: وهو الناتج الثانوي من استخلاص السكر من القصب أو من تكرير سكر القصب الخامي.

كمياته:

يشكل المولاس الناتج في مصانع إنتاج السكر من الشمندر نسبة تبلغ حوالي ٥ %من وزن الشمندر الداخل للتصنيع ويحوي المولاس حوالي ٥٠% من وزنه سكروز، كما يحوي ٣٠% من وزنه تقريباً أملاحاً ذوابة (عضوية وغير عضوية) وذلك عندما تكون نسبة السكروز في الشمندر ١٦% ونقاوته بحدود ٨٧ %معنى ذلك أن السكروز الموجود في المولاس يشكل حوالي 2.5%من وزن الشمندر أو ١٦/٢,٥ × ١٠٠ % 15.6=من وزن السكروزالكلي في الشمندر، ولما كانت نسبة السكر الأبيض الناتج من الشمندر ذو نسبة السكر ١٦ %هو ١٢,٥ تقريباً، معنى ذلك أيضاً أن نسبة السكر الناتج في المولاس تشكل:

20%= 100 × 2.5/16من وزن السكر الأبيض الناتج وهذه الأرقام تعطينا فكرة عن كميات السكر التي نفقدها في المولاس، وتكون نسبة المولاس في مصانع السكر الخام من القصب ٤ % ، أما المولاس المنتج من مصانع تكرير السكر الخام فتكون نسبته بحدود ٥ % من وزن السكر الخام المستعمل، علماًبأن كمية المولاس ونوعيته تتأثر بعوامل عدة منها: نوع التربة والأسمدة المستخدمة والظروف المناخية التي يزرع فيها القصب أو الشمندر وأصناف القصب والشمندر والعمر لهما وطريقة التصنيع وظروف وكفاءة عمليات المعالجة الكيميائية والفيزيائية لاستخلاص السكر في كل مصنع، كما أن للطريقة المتبعة في إنتاج السكر تأثير كبير على مكونات المولاس.

التركيب الكيميائي للمولاس:

يتكون المولاس من مزيج متجانس من مركبات عضوية ولا عضوية مختلفة وهي تختلف في نسبها باختلاف المصدر الذي تكوّن عنه وظروف نمو النبات وطرق التصنيع حتى للصنف الواحد، وأهم مكوناته:

١ **الماء:**

إن معدل ما يحويه المولاس التجاري (الخاص بالتصدير) من الماء حوالي ٢٠ % من وزنه، بينما المولاس المنتج من المصنع تكون فيه نسبة الماء ١٢-١٧ % وزناً، ويخفف المولاس عند خزنه أو تصديره بحيث يصبح معدل ما يحويه من الماء ٢٠%، وذلك لإذابة بلورات السكر الخام الموجودة مع المولاس أثناء عمليات بلورة عجائنه، لأن البلورات الناعمة لو تركت بدون إذابة فسوف تترسب فيما بعد.

٢- **الكربوهيدرات:**

هي مركبات عضوية تحوي عناصر الكربون والأوكسجين والهيدروجين وتكون فيها نسبة الأوكسجين إلى الهيدروجين كنسبتها في الماء (٢/١) ويكوّن السكروز القسم الأكبر من محتويات المولاس.

ويمتاز مولاس الشمندر باحتوائه على كمية من السكريات الأحادية والسكريات الثلاثية، بينما مولاس القصب فيمتاز باحتوائه على نسبة عالية من السكريات الأحادية المنقلبة وعدم احتوائه على السكريات الثلاثية

٣- **المكونات غير السكرية**

وتشمل هذه المجموعة القسم الثالث من محتويات المولاس وتتكون من : المركبات العضوية غير السكرية : وتضم هذه المجموعة من صنفين:

أ- مركبات عضوية نيتروجينية:

ويشمل هذا الصنف مركبات كيماوية متعددة يدخل عنصر النيتروجين في تركيبها ، وأهمها البروتينات والأحماض الأمينية وغيرها.

ب- المركبات العضوية غير النيتروجينية:

ويشمل هذا الصنف كسالفه مجاميع كبيرة ومتعددة من المركبات الكيميائية منها البكتين وأصناف السيليلوز، كما ويحوي الحوامض العضوية أحادية القاعدة كحامض الخل، وثنائية القاعدة كحامض الأكزاليك والسكسنيك والأدبيك، وكذلك الحوامض الهيدروكسيلية كحامض الجلوتاميك والطرطريك وحامض الستريك .

أضف إلى ذلك فإن المولاس يحوي مواد دهنية مختلفة ولكن بنسب قليلة، علاوة على المواد العضوية غير المتطايرة التي تجري إضافتها أثناء عملية التصنيع والتي تتجمع بصورة اعتيادية في المولاس، كما ويحوي المولاس على بعض الفيتامينات وخاصة فيتامين (ب١- ب٦).

٤-**الأملاح**

يحوي المولاس كميات كبيرة من الأملاح المختلفة أهمها: أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم والحديد، ومصدر هذه الأملاح هي التربة والأسمدة المستعملة في تسميد المزارع إضافة إلى الأملاح المضافة أثناء عملية إنتاج السكر. إن خواص المولاس تتأثر بنوعية المركبات غير

السكرية التي يحويها وهي المركبات العضوية غير السكرية، وكذلك المواد الغروية والعالقة وأيونات كل من الحديد والمغنيزيوم والتوتياء والنحاس على قلتها.

طريقة الصناعة:

١- عصر القصب ويتم في آلات العصر ذات السلندرات الخشبية أو الحديدية حيث تنتج العصارة الخشبية اليدوية حوالى قنطارين والحديدية التى تديرها المواشى حوالى ٨ قناطير والتى تدار آليا حوالى ٤٠-٥٠ قنطارا فى الساعة، ومن عيوب العصارات الخشبية صعوبة تنظيفها أما العصارات الحديدية فإنها تؤدي إلي تلوث العصير الناتج بأيونات الحديد التي تسبب اسوداد لون العسل المنتج النهائي. ويتميز العصير بلونه الأخضر المائل للإصفرار.

٢- ينقل العصير إلى أوانى فخارية سعتها حوالى ٤٠٠ لتر تعرف بالأدنان.

٣- تركيز العصير: يتم تسخين العصير باللهب المباشر في أواني مفتوحة حتي الوصول إلي درجة التركيز المطلوبة بواسطة أفران فى حجرة الطبخ وذلك على درجتين:

ا) يسخن أولا داخل حلل سعة ١٦ قنطارا تعرف بحلل طرق أو قزانات رومى لمدة ٣٠-٩٠ دقيقة لتقليل نسبة ما به من رطوبة وإزالة البروتين والأدران.

٣- تركيز العصير: يتم تسخين العصير باللهب المباشر في أواني مفتوحة حتي الوصول إلي درجة التركيز المطلوبة بواسطة أفران فى حجرة الطبخ وذلك على درجتين:

ا) يسخن أولا داخل حلل سعة ١٦ قنطارا تعرف بحلل طرق أو قزانات رومى لمدة ٣٠-٩٠ دقيقة لتقليل نسبة ما به من رطوبة وإزالة البروتين والأدران.

٢) ثم ينقل إلى حلل صب حيث تكون الحرارة هادئة لزيادة التركيز وإزالة المواد الغريبة، ويستمر فى التركيز حتى يتكون العسل. ومن علامات النضج كثرة الفقاقيع ونقص الحجم وشدة الغليان.

وهذه الطريقة المستخدمة في عملية التركيز تؤدي إلي كرملة نسبة من السكر مما يؤدي إلي زيادة اللون الأسود، لذلك يفضل استخدام أواني مقفلة تحت تفريغ وأن تكون وسيلة التسخين هي البخار.

كما يجب أن يتم الحكم علي انتهاء عملية التركيز باستخدام الأيدرومترات أو الرفراكتوميتر لمعرفة درجة التركيز المطلوب الوصول إليها ونهاية عملية التركيز.

ويلاحظ أيضا أثناء عملية التركيز تجمع طبقة من المواد الرغوية المتجمعة وكذلك المواد البروتينية والبكتين والشمع ويراعي كشط هذه المواد باستمرار أثناء عملية التصنيع وذلك للحصول علي عسل أسود رائق ثم يبرد العسل ويعبأ.

التعبئة: يعبأ العسل فى البلاليص التى تقفل فوهتها بمصاص القصب ويطلى بطبقة من الطين وهذه الطريقة غير صحيحة وذلك لأنها تسبب تلوث للعسل. وتتم التعبأة أيضا في عبوات من الصفيح وعبات زجاجية.

وكل ١٠٠ قنطار قصب تعطى حوالى ٩-١٤ قنطارا من العسل حسب صنف القصب المستعمل وظروف الخدمة والجو.

صفات العسل الأسود الجيد:

١- لونه أحمر فاتح وشفاف وخالى من الشوائب العالقة.
٢- مقبول الطعم حلو المذاق وليس حريفا.
٣- نسبة الماء فيه من ٢٥-٣٠% من وزنه.
٤- نسبة المواد المعدنية لا تزيد عن ٣% كرماد.
٥- لا يحتوى على مواد سكرية متبلورة.
٦- لا يجوز أن يحتوى على مواد ملونة أو مواد غريبة عدا الروائح الطبيعية.
٧- يجب أن يوضع على عبواته اسم الصنف واسم صاحب المصنع وجهة الصناعة.
٨- نظرا لأهمية هذا النوع من الغذاء فقد إهتمت الجهات الحكومية ووضعت له مواصفات خاصة، ويجب ألا يغطى بإستعمال مخلفات القصب أو القش أو الطين أو ما شابه ذلك.

عيوب طريقة الصناعة وكيفية تحسينها:

تسبب هذه الطريقة تلوث العسل الناتج مع دكانة لونه وتغير طعمه وذلك للأسباب الأتية:

١- تفاعل العصير مع حديد العصارات لذا فيستحسن إستخدام العصارات الخشبية أو من معدن غير قابل للصدأ.
٢- التركيز تحت الضغط الجوى العادى، لذا يستحسن التركيز تحت تفريغ.
٣- عدم تقشير العيدان جيدا يساعد على دكانة لون العسل الأسود.
٤- وجود بعض المواد الغروية والشوائب لذا يجب الترشيح الجيد لإزالتها.

استخلاص السكر من المولاس:

نظراً لما يحويه المولاس من نسبة عالية من السكروز (٥٠ % من وزنه) لذلك اتجهت أنظار العلماء لاستخلاص السكر من المولاس، وبطبيعة الحال، فإن الحصول على سكريات المولاس لا يكون عن طريق االبلورة حيث أنه هو محلول مشبع سبق فصل ما يمكن فصله من السكر بالبلورة في آخر مرحلة من مراحل تصنيع السكر، وبناء على مانعرفه من أن مكونات المولاس من الأملاح هي التي تحول دون فصل مزيد من البلورات، بمعنى أنها تبقي على محتويات المولاس من السكريات في حالة ذائبة ومشبعة، فإن التطبيقات الصناعية لاستخلاص السكريات من المولاس تعتمد إما على ترسيب السكروز في هيئة أملاح الكالسيوم أو الباريوم ومن ثم عزلها بالترشيح ثم بالمعالجة بغاز ثاني أوكسيد الكربون ثم بالترشيح لحجز أملاح الكالسيوم والباريوم ثم يمر محلول السكر الرائق للتركيز والبلورة وتعامل أملاح الباريوم في أفران خاصة لتحويلها إلى أوكسيد الباريوم لإعادة استخدامه في تركيز السكروزوهكذا.

وإنه بتحقيق ذلك يمكن القول أن سكريات المولاس تعتبر إنتاجاً إضافيا ولم تعد تعتبر سكراً مفقوداً، بمعنى أن عائد الفدان من السكر في صورته الصلبة أو الذائبة سوف يرتفع أكثر من ١٢ % والطرق التالية هي أهم طرق استخلاص السكر من المولاس:

١- الطريقة الأولى: استخلاص السكر بطريقة ستيفن

تستعمل عادة لاستخلاص السكر من مولاس الشمندر وهي كثيرة الانتشار في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفييتي، حيث يقدر أن نصف معامل السكر في الاتحاد السوفييتي على الأقل تحتوي وحدات من هذا النوع علاوة على انتشارها في بلجيكا حيث تم هناك بنجاح اكتشاف طريقة مستمرة للعمل بدلاً من الأسلوب الحالي في العمل على شكل دفعات، وتتلخص عملية الاستخلاص التقليدية بإضافة مسحوق الكلس الحي النقي جداً إلى محلول مولاس

مخفف (٦ %سكروز و٩ بركس) قد تم تبريده إلى ما تحت درجة ١٨ م °والتي لا يجب تجاوزها خلال فترة التفاعل .

وتتم إضافة مسحوق الجير الحي بنعومة ٧٤ ميكرون تدريجياً مع التحريك المستمر والتبريد، وعند إتمام الإضافة (١٢٠ غ كلس حي إلى كل ١٠٠ غ سكروز في المحلول) تترسب بعد ١٢ دقيقة تقريباً من التفاعل سكرات الكالسيوم الثلاثية التي يجري ترشيحها بمرشحات تعمل تحت ضغط مخلخل وتغسل جيداً.ويتكون طين سكرات الكالسيوم الثلاثية في المرشحة من المكونات التالية:

سكر % 14.2،كلس حي 15.6%،ماء 64.05%،النقاوة الظاهرة 95.5%

الرافينوز 6.65%،النقاوة الحقيقية % 84.5،ويحتوي الراشح على بقية من السكر ولذلك يسخن في خزان مفتوح باستعمال التسخين المباشر للبخار حتى تصل درجة الحرارة إلى ٩٠ م °فتترسب سكرات الكالسيوم الثنائية (السكريات الحارة)، بعد الترشيح والغسل تعزل السكرات الساخنة وتضاف إلى السكرات الباردة المحضرة سابقاً. أما الراشح(٣,٦ بركس % 0.17أوكسيد الكالسيوم) فهو مصدر لصناعة أخرى سنأتي على ذكرها .وتتركب سكرات الكلسيوم الثنائية من:

% 76.8ماء، % 9.6 أوكسيد الكالسيوم ذائب ، % 11.0سكر، 95.4%النقاوة الظاهرة ،يضخ مزيج السكرات بالماء وهو على شكل اللبن إلى خزانات تكليس الشراب الخام ومنه إلى الجزء الأول للمعالجة بغاز الكربون وذلك خلال موسم الشوندر كما يمكن استمرار وحدة الاستخلاص من المولاس بالاستمرار في العمل خلال موسم التكرير. ففي موسم تكرير السكر الخام تجري عملية استخلاص السكر من مولاس الشمندر المخزون من إنتاج الفترة السابقة بإضافة أوكسيد الكالسيوم للمرحلتين الساخنة والباردة (كما مر ذكرها) ومنها إلى أجهزة الإشباع حيث يمرر غاز غاز ثاني أوكسيد الكربون في معلق سكرات الكالسيوم فتتكون كاربونات الكالسيوم الراسبة ومحلول السكر المخفف عندما تكون (PH = 8.3) حيث يرشح المحلول ويركز الراشح للحصول على محلول السكر المركز وبنقاوة تقارب ٩٠ % ، ثم يفصل السكر عن محاليله بطريقة البلورة الجزئية على مرحلتين "كماهو مبين في المخطط التفصيلي في الصفحة التالية) ونحصل في المرحلة الأخيرة على مولاس خاص يخزن في خزانات خاصة لاستعماله في العلف الحيواني أو غيره.

وبهذه الطريقة يمكننا استخلاص ما يقرب من ٧٥ % من السكر الموجود في مولاس الشمندر أي ما يعادل حوالي ١٥ % من وزن السكر الأبيض المنتج من الشمندر فيما إذا صنّع المولاس الناتج عن الشمندر كله بهذه الطريقة

٢-الطريقة الثانية: طريقة (ديكويد) لاستخلاص السكر من مولاس القصب

بالنظر لأن مولاس القصب يحتوي على نسبة كبيرة من السكر المختزل ، تعذر استخدام طريقة ستيفن لعزل السكروز منه بكفاءة جيدة ، لذلك استعملت هذه الطريقة التي تعتمد على استعمال

الباريتا لترسيب السكر المختزل أولاً وفصلها عن المحلول ثم استخلاص السكر من الراشح المتبقي، وتتلخص الطريقة بما يلي:

١- يخفف المولاس إلى أربعة أضعاف حجمه بالماء ويغلى لمدة دقيقة أو اثنتين مع محلول يحتوي على بلورات الباريتا بما يعادل ضعف كميــة الســكر
المنوي استبعاده.

٢-يرشح المحلول ويكون الراشح خالياً من السكر المختزل فيغلى حتى يصل إلى كثافة تعادل ٤٠ بوميه في درجة حرارة ٦٣ م.°

٣-عند هذه الدرجة يضاف وفر من محلول الباريتا حتى تصل كمية الباريتا المضافة إلى ١,٢ مرة من كمية السكروزالموجودة في المولاس، تترسب سكرات الباريوم على شكل مادة مسامية وترشح.

٤- تغسل العجينة المتولدة بمحلول باريتا ساخن بتركيز ٢ % حتى يتم التخلص من جميع السائل الذي تكونت فيه العجينة.

٥- يجري مزج الراسب الأصفر الرملي بمثل وزنه بالماء ويشبع بغاز ثاني أوكسيد الكربون حتى تزول القلوية تماماً ويصبح المحلول متعادلاً .

٦-يجري التخلص من كاربونات الباريوم بالترشيح.

٧-يبخر محلول السكر ويبلور بالطريقة الاعتيادية.

ولاستعادة الباريتا يجري مزج ماء الغسل والسائل الأم وإشباعهما بغاز ثاني أوكسيد الكربون لترسيب كاربونات الباريوم التي تعزل بالترشيح، ويستعمل الراشح بعد تبخيره ومفاعلته مع محلول الجير كمصدر لأملاح البوتاسيوم.

إن مساويءهذه الطريقة تتلخص في غلاء الباريتا وكثرة الكميات التي تستخدم منها للتخلص من السكر المختزل.

٣- الطريقة الثالثة: استخلاص السكر بالكحول يخفف المولاس ويخلط بالكحول الإيثيلي أوالميثيلي للتخلص بالترسيب من نسبة كبيرة من المواد العضوية غير السكرية والأملاح المعدنية وأهمها كبريتات البوتاسيوم – والكالسيوم، تفصل الرواسب بالترشيح ويمر الرشيح إلى معدات التبخير لاسترجاع الكحول لإعادة استخدامه في عملية جديدة وهكذا، وبعد تخفيف المحلول السكري يدفع خلال مرشحات التبادل الأيوني لإزالة الجزء الأكبر من الأملاح المتبقية وكذا لقصر اللون بنسبة كبيرة، ويتم إزالة اللون بمتابعة دفع المحلول على مرشحات للفحم المنشط، يعقب ذلك تركيز المحلول الشفاف تحت ضغط مخلخل إلى تركيز (٧٠-٨٠ %) ويسمى الشراب الذهبي ويستعمل كما هو في الصناعات الغذائية بدلاً من إذابة السكر الصلب المتبلور، أو يجفف بالتذرير ضمن هواء ساخن حيث ينتج من السكريات قوامها نحو ٧٠ % سكروز و ٣٠ % سكريات أحادية، وإن استخدام هذه

الطريقة محدد لارتفاع تكاليفها.

٤-الطريقة الرابعة: استخلاص السكر بالتحليل الكهربائي لاتعتبر هذه الطريقة اقتصادية إلا إذا اعتمدت على مصدر كهربائي اقتصادي (مشروع هيدرو كهربائي) حيث يتم بالتحليل الكهربائي عزل نحو ٨٠ % من الأملاح في خلايا مسامية تسمح بمرور جزيئات البوتاسيوم والكالسيوم ولا تسمح بمرور الجزيئات الأكبر حجماً كالسكريات والمواد العضوية، وتتم معالجة المحلول السكري بعد ذلك بنفس الخطوات الواردة في الطريقة الثالثة وتمتاز هذه الطريقة بإمكان إنتاج محلول مركز من البوتاس الكاوي للأغراض التجارية.

٥-الطريقة الخامسة:استخلاص السكر بالمبادلات الأيونية لقد تم بنجاح تخليص المولاس من الشوائب التي تخفّض نقاوته باستعمال المبادلات الأيونية (لإزالة الأحماض والبيتين والأملاح المعدنية).وفي وحدة تم إنشاؤها في إيطاليا عام ١٩٥٦ م تم رفع نقاوة المولاس من ٦٤ %إلى ٩٢ % مما يجعل إمكانية استعماله في معامل السكر أمراً ميسوراً.

استخدامات المولاس :

يستخدم المولاس لإنتاج مجموعة كبيرة من المنتجات الثانوية الكحول الايثيلى – ثانى اكسيد الكربون – الخميرة الجافة – الخميرة الطازجة – حامض الخليك – خميرة العلف – المذيبات العضوية والمواد اللاصقة وغيرها ومن أهم استخدامات المولاس

١- البيع للسوق المحلى و التصدير ٢٠ % سوق محلى – ٨٠ % للتصدير

حيث يستخدم في منتجات المخابز لإكساب نكهة الشيكولاته ويحافظ على طزاجة المكونات كما يستخدم في صناعة التوفى و الكرمله و المشروبات الروحية مثل الروم

٢- إنتاج الكحول الايثيلى

طن المولاس يعطى ٢٢٥ لتر كحل +٨٥ كجم ثانى اكسيد الكربون ويتم ذلك عن طريق التخمير للسكر الموجود بالمولاس

٣- إنتاج الأحماض العضوية

أ – إنتاج حمض الخليك – إنتاج الخل

وهو ناتج عملية التخمر للمحاليل الكحولية المستخرجة من المولاس حيث إن طن المولاس يعطى 5.3 طن خل تركيز 6.25 %

ب – إنتاج حامض اللاكتيك

له استخدامات عديدة في الأغذية ودباغة الجلود حيث يكسبها الليونة والجودة كما يدخل في صناعة الورنيش والمنسوجات والصناعات الغذائية وتستخدم مشتقاته في الأدوية مثل لكتات

الكالسيوم في علاج إمراض لين العظام والكسور كما أنها تضاف لأعلاف الدواجن لتزيد من إنتاج البيض ويتم إنتاجه عن طريق عملية التخمر البيكتريولوجى للمخلفات الزراعية مثل شرش اللبن و المولاس

ج –حامض الستريك

يستخدم كمكسبات طعم في الحلويات كم يستخدم في صناعة الحبر والإصباغ وبعض النواحي الطبية وينتج حامض الستريك من تخمر السكريات بواسطة الفطريات

٤- إنتاج الأحماض الامينية

أ – حامض الليثين

وهو من الأحماض الامينية الاساسيه في التغذية حيث يضاف للخيز وبعض المواد الغذائية ويتم إنتاجه عن طريق توفير تهوية وحرارة و pH لمدة ثلاث أيام لتنمية بكتريا Ecoli ثم يضاف إنزيم DAP decar boxylase للمولاس وذلك لتحويل حامض dap إلى ليسين

ب – حامض الجلوتاميك L.Glutamic

وهو من الأحماض الامينية الهامة في الصناعات الغذائية حيث يستخدم كمكسب طعم ورائحة ويضاف للأغذية في صورة جلوتامات أحادى الصوديوم

٥- إنتاج الخميرة من المولاس

ويوجد نوعان من الخميرة

أ – خميرة الخباز وخميرة العلف : ١ طن من المولاس ينتج ٦٥٠ كجم خميرة طازجة و ٢٥٠ كجم خميرة جافه للعلف

ب – إنتاج الخميرة الجافة النشطة : ١ طن من المولاس يعطى ٢٠٠ كجم خميرة جافه نشطة

٦- إنتاج الأسيتون و البيوتانول

يستخدم الأسيتون كمذيب عضوي للدهون والزيوت ويدخل في صناعة الورنيش والمطاط و البويات البلاستيك كما يدخل في صناعة المفرقعات

طن المولاس يعطى ٣٣ كجم أسيتون + ٦٧ كجم بيوتانول

٧- إنتاج السكر من المولاس

المولاس به نسبة من السكر ويتم استخراجها ببعض العمليات والطرق التكنولوجية وتتم بطريقتين

- فصل المولاس إلى جزئيين (مواد سكرية – مواد غير سكرية)

- يحول المولاس أولا ثم يفصل إلى جزئيين (مواد غير سكرية – مواد مختزلة) عادة ماتستخدم الطريقة الثانية

عموما بعد عملية الفصل ينتج ثلاث منتجات (السكروز – الفيناس – العسل المحول)

- يوجه السكروز إلى تنكات تخزين ثم مصانع التكرير لاستخراج السكر المكررمنه
- الفيناس يضاف إلى بعض المواد المالئة مثل مصاص القصب أو عيدان القمح كعلف للماشية
- يستخدم العسل المحول في صناعة الدخان والسجائر والمعسل

٨- الفيناس

يتخلف الفيناس من صناعة الكحول والصناعات التخميرية من المولاس وأيضا عند استخلاص السكر من المولاس وعادة ما يستخدم الفيناس كمخصب للتربة ويدخل في صناعة الأعلاف والتسميد واستصلاح الاراضى وإنتاج غاز الميثان وكذلك كوقود لانتا البخار

٩ – إنتاج مواد هرمونية ستيرويدية

تستخدم لعلاج الحمى الروماتيزمية وإمراض الحساسية والإمراض الجلدية وكثير من حالات السرطان ويتم إنتاجها عن طريق التحول الحيوي للبروجسترون بواسطة فطر aspergillus parasiticus باستخدام المولاس كوسط غذائي

١٠ – إنتاج سكريات عديدة

تتبع السكريات العديدة مجموعة الصموغ وتستخدم بهدف تحسين القوام أو تكون الجل أو التثبيت ويمكن الحصول عليها من مصادر مختلفة نباتية مثل صمغ الجوار أو من مصادر ميكروبية مثل الزنثان وعادة ما يتم استخدام بكتريا rhizobium meliloti مع بيئة المولاس

وقد بدأت التحليلات للسكريات العديدة المنتجة بواسطة هذه البكتريا في البيئة القياسية وبيئة المولاس على أنها تحتوى على جلوكوز وجلاكتوز وسكريات ثنائية ولكن بنسب مختلفة

القيمة الغذائية للمولاس في حال تغذية الإنسان:

يتعلق التركيب الكيميائي لمادة المولاس بعدة عوامل أهمها :

- العوامل المناخية للنمو .
- درجة نضوج الشوندر السكري ومواعيد قلعه (جني المحصول).
- شروط تخزين الشوندر السكري قبل البدء بتصنيعه.
- التكنولوجيا المتبعة والشروط الميكروبيولوجية في مصنع السكر.
- شروط تخزين ونقل المولاس.

ينحدر مصدر المواد اللاسكرية في المولاس من الشوندر السكري المصنع ومن المواد المتشكلة أثناء عملية التصنيع ، وتتألف المادة الجافة للمولاس من مركب أساسي هو السكروز ومواد لا سكرية تندرج ضمنها كافة المواد العضوية (باستثناء السكروز) واللاعضوية المنحلة في المولاس مع السكروز ، وتجدر الإشارة هنا إلى أن المواد السكرية الأخرى مثل سكر الإنفرت والرافينوز تندرج ضمن المواد العضوية اللاسكرية .

ويوضح الجدول ( ) تركيب المولاس الوسطي :

الجدول ( ) تركيب المولاس الوسطي .

<table>
<tr><td colspan="5">المولاس %</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ماء ٢٠ %</td><td colspan="4">مادة جافة ٨٠ %</td></tr>
<tr><td rowspan="3">مواد سكرية ٤٨ %</td><td colspan="3">مواد لاسكرية ٣٢ %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">مواد لاعضوية 9.75 %</td><td colspan="2">مواد عضوية % 22.25</td></tr>
<tr><td>مركبات أزوتية 15.47 %</td><td>مركبات لا أزوتية 6.78 %</td></tr>
</table>

ملاحظة :

- مردود المولاس : هو وزن المولاس الناتج عن تصنيع 100 كغ من الشوندر السكري كنسبة مئوية .
- مردود السكر في المولاس : وزن السكر الموجود في المولاس الناتج عن تصنيع 100كغ من الشوندر السكري كنسبة مئوية .
- العامل المولاسي : كمية السكروز التي تنحل في المولاس والتي لا يمكن فصلها نتيجة لوجود ١كغ من المواد اللاسكرية فيه ، حيث أن معظم المواد اللاسكرية التي تدخل في تركيب المولاس تزيد من انحلال السكروز فيه .

- التركيب العام للمولاس :

1- السكروز :

يحتوي المولاس عند تصنيع شوندر سكري ناضج وبشروط تكنولوجية صحيحة على ٤٤,٥ %

سكروز وسطيا وارتفاع نسبة السكروز في المولاس دليل على خلل في الشروط التكنولوجية للتصنيع

2- المواد اللاسكرية :

- المركبات العضوية اللاأزوتية:

- السكر المنقلب (المرجع):

ينحدر السكر المرجع المتركز في المولاس من الشوندر السكري حيث تتراوح نسبته في الظروف الطبيعية ٠,١ % ، أو من نواتج تفكك السكروز في الخط الإنتاجي ، وحسب آراء العديد من الباحثين فإن سكرالمنقلب لا يعتبر مكافئاً لتركيب متساوٍ من الغلوكوز والفركتوز في شروط عالية القلوية ومرتفعة الحرارة ، لذلك فإن نسبة الغلوكوز إلى الفركتوز يمكن أن تكون أكبر من الواحد .

تلقى عملية تفكك السكروز والسكاكر الأحادية اهتماما من الباحثين كون نواتج تفكك هذه المواد بتفاعلها مع الحموض الأمينية والمركبات الببتيدية تشكل المواد الملونة ذات الأثر السلبي على صناعة السكر والصناعات القائمة على المولاس .

تتراوح نسبة السكر المرجع في حال تصنيع شوندر ناضج وبشروط تكنولوجية مثالية بين0.2- 0.5 % تزداد هذه النسبة أثناء عملية تخزين الشوندر.

- سكر الرافينوز :

يتركب الرافينوز (سكر ثلاثي) من الغلوكوز والفركتوز والغالاكتوز ، ويعتبر الرافينوز من المواد المعيقة للتخمر إذا زادت نسبته عن ١% من وزن المولاس، ونسبة الرافينوز غير ثابتة ومرتبطة بعدة عوامل من أهمها :

- نوعية الشوندر السكري .
- الفترة الزمنية لتخزين االشوندر السكري و طريقة التخزين.

تتراوح نسبته في المولاس بحدود ٠,٢ % وقد ترتفع إلى ٢,٥ -٢ % وزنًا .

- الكسيتوز :

سكر ثلاثي – يتواجد في المولاس بنسبة 0.4 – 0.1 %.

- الحموض العضوية :

تدخل الحموض العضوية في تركيب المولاس بنسب مختلفة ومن هذه الحموض:

- وحيدة الوظيفة : حمض النمل ، حمض الخل ، حمض الزبدة .
- ثنائية الوظيفة : حمض الماليك.

– متعددة الوظيفة : حمض الليمون.

أما نسب الحموض الطيارة فمبينة في الجدول ( ) :

الجدول ( ) الحموض العضوية الطيارة في المولاس .

الحمض	النسبة الوسطية %
حمض الخل CH3COOH	0.74 – 1.38
حمض البروبيونيك CH3CH2COOH	0.01 – 0.37
حمض الزبدة CH3(CH2)2COOH	0.04 – 0.24
حمض الفالريك CH3(CH2)3COOH	0.02 – 0.05
حمض النمل HCOOH	0.11 – 1.23

وتعمل هذه الحموض على وقف نمو الخلايا الحية لخميرة الخبز في حدود نسبها الدنيا (خصوصاً حمض الخل – الزبدة – النمل) إذا وجدت بالشكل الحر ، إلا أن وجود هذه الحموض في المولاس يصادف بالشكل المتحد وليس الحر ، أي أنها تشكل أملاحاً ذات تأثير أخف على نمو الخلايا .

– **المركبات الأزوتية :**

تختلف طبيعة المركبات الأزوتية في المولاس تبعاً لعدة عوامل ، وتتراوح نسبة الأزوت الكلي في المولاس بين ٢,٥– ١,٢%، على شكل حموض *أمينية* وبروتينات وأميدات وأملاح الأمونيوم ونترات ، إضافة إلى دخوله في مواد عضوية أخرى .

– **المركبات العضوية الأزوتية :**

يدخل في تركيب المواد العضوية الأزوتية للمولاس : البيتائين ، الكولين ، والكسانتين ، ويشكل البيتائين $(CH_2)_3N(OH)CH_3COOH$ (والذي تصل نسبته إلى ٧ % من وزن المولاس) إلا أن وجوده يعيق عملية تبلور السكر ويشترك في تشكيل المواد الملونة .

من المواد الأخرى الموجودة في المولاس الأدنين والذي تصل نسبته إلى4.63مغ \ ١٠٠ غوالغوانين ١,٠٢(مغ\١٠٠غ) والهيدروكسانتين ٠,٢٢(مغ\١٠٠غ) .

– **الحموض الأمينية :**

تعد الحموض الأمينية مركبات ثابتة في الشروط التصنيعية لإنتاج السكر حيث ينحدر القسم الأعظم منها من الشوندر السكري أما الكمية الباقية فتتشكل في خطوط

الجدول ( ) محتوى المولاس من الحموض الأمينية.

الحمض الأميني	بالنسبة لوزن المولاس %	غ/كغ من المادة الجافة للمولاس
الغليسينGLYCINE	0.065 – 0.015	0 . 88 – 0.2
الألانينALANINE	0.069 – 0.029	0.92 – 0.39
الفالينVALINE	0.070 – 0.013	0.93 – 0.17
ليسين LEUCINE	0.044 – 0.011	0.59 – 0.15
إيزوليسين ISOLEUCINE	0.055 – 0.011	0.74 – 0.27
حمض الأسبارتيك ASPARTIC ACID	0.95 – 0.8	12.6 – 1.07
حمض الغلوتاميك GLOTAMIk ACID	0.254 – 0.031	3.39 – 0.41
تيروزين TYROSINE	آثار – ٠,٢٥٤	آثار – 0.49
برولين PROLINE	آثار – 0.11	آثار – 0.15
سيرين SERINE	0.21 – 0.032	2.8 – 0.42

التصنيع نتيجة لحلمهة البروتين في عصير الديفزيون ، وقد أثبت العديد من العلماء وجود / ١٧ / حمض أميني في تركيب المولاس تتراوح نسب بعضها وفق ما هو مبين في الجدول التالي على أساس نسبة الأزوت الكلي ٢,١-٠,٥٢ % والجدول ( ) يبين نسبة بعض الحموض الأمينية في تركيب المولاس .

أما الحموض الأمينية الأخرى كالتريونين *Threonine* والليزين *Lysine* والسيستيئين *Cysteine* والميثيونين *Methionine* والفينيل آلانين *Phenylalanine* والهيستيدين *Histidine* فهي بنسب ضئيلة.

- **البروتين :**

تتراوح نسبة البروتين في المولاس بين 0.03-0.08 % كمركبات بروتينية بالنسبة لوزن الشوندر المصنع .

- **الأميدات :**

تتراوح نسبة الأميدات في الشوندر السكري بحدود ٠,٠٢ % ، وفي سنوات الجفاف ترتفع نسبة الأميدات ، وفي أثناء عملية التكليس تتفكك الأميدات إلى حموض أمينية تتحد مع جزيئات الكلس

لتشكل أملاح منحلة تنتقل إلى المولاس ، لهذا فإن جزء من الأزوت الأميني الأميدي في الشوندر يتحول إلى أزوت أميني ، أما أملاح الأمونيوم فهي ضئيلة في الشوندر وجزء بسيط منها ينتقل إلى المولاس .

- المركبات المعدنية في المولاس :

تنتقل المركبات المعدنية للشوندر السكري بشكل جزئي إلى المولاس ، وخلال عملية التصنيع يضاف إليها انتقال المركبات المعدنية للمواد الكيميائية المضافة

الجدول ( ) يوضح درجة انتقال المواد المشكلة للرماد من الشوندر إلى المولاس.

المركب	درجة الانتقال من الشوندر %
أكسيد البوتاسيوم K_2O	60-65
أكسيد الصوديومNa_2O	100
أكسيد الكالسيوم CaO	20
أكسيد المغنزيوم MgO	10
أكسيد الفوسفور P_2O_5	3
أكسيد الكبريت SO_3	70-75

وخصوصاً أكسيد الكالسيوم المنحل بعد عملية التكليس والكربنة ، وتقدر درجة الانتقال جدول ( ).

ويمكن أن نجمل تركيب المولاس الناتج عن تصنيع الشوندر السكري على النحو التالي :

- المادة الجافة (البريكس) Bx : ٧٥ – ٨٥ %.
- السكروز pol ٤٥ – ٥٤ %.
- السكر المرجع (الإنفرت) ٠,١ – ٠,٥ %.
- الرافينوز ٠ – ١,٦ %.
- الأزوت الكلي ٠,٥ – ٢,١ %.
- الرماد ٨ – ١٣ %.
- الحموض العضوية ٠,٥ – ١,٨ %.
- K_2O ٢ – ٥ %.
- البيوتين ٣٠ – ١٢٠ مغ/طن.
- pH ٥ – ٩.

هذا وقد حددت المواصفة القياسية السورية رقم 830 لعام 1999 مواصفات المولاس الجدول ( )

:

جدول () المواصفة القياسية السورية ٨٣١ الخاصة بالمولاس لعام ١٩٩٩

البيان	مولاس الشوندر
المادة الجافة BX كحد أدنى %	77
الاستقطاب كحد أدنى %	40
السكر المرجع كحد أقصى %	1
الرافينور كحد أقصى %	1
الرماد كحد أدنى %	12
الأزوت الكلي كحد أدنى %	1.3
pH	6.5

إن معظم المواد اللاسكرية التي تدخل في تركيب المولاس تزيد من انحلال السكروز فيه ، ويمكن التعبير عن دور أو نشاط كل مادة من خلال كمية السكروز المنحلة في وحدة الحجم من الماء النقي بوجود وحدة الوزن من المادة اللاسكرية ، أوما يسمى بالعامل المولاسي زيادة (أو نقصاناً) عن كمية السكروز التي تنحل في وحدة الحجم من الماء النقي . والجدول ( ) يبين العامل المولاسي لبعض المواد اللاسكرية .

الجدول ( ) العامل المولاسي لبعض المواد اللاسكرية.

المادة	العامل المولاسي	المادة	العامل المولاسي
KOH	5.51	$Ca(NO_3)_2$	٠,٦٠ –
NaOH	٤,٤٤	$Mg(NO_3)_2$	٠,١٠ –
K_2CO_3	٣,٤٥	CH_3COOK	٢,٢
Na_2CO_3	٣,٤٤	CH_3COONa	٢,٤٠
KCl	١,٧٠	$Ca(CH_3COO)_2$	٠,٨٠
NaCl	٢,٣٠	بيتائين	١,٠٠
$CaCl_2$	٠,٨٠	السكر المرجع	٠,٠٤ –
$MgCl_2$	٠,٥	الماء	٢,٣٧ – ٢,٨٨
K_2SO_3	٠,٢٠	أملاح الكالسيوم الناتجة عن تفاعل	٠,٢٠
Na_2SO_3	١,٩١		

Na_3PO_4	١,٩٤	الكالسيوم مع نواتج تفكك السكاكر الأحادية	
KNO_3	٠,٤٠		
$NaNO_3$	٠,٤٠		

من الجدول ( ) يتضح أن وجود كربونات الصوديوم والبوتاسيوم ، كلور الصوديوم ، كبريتيت الصوديوم والبوتاسيوم . فوسفات ثلاثية الصوديوم ، خلات البوتاسيوم والصوديوم ، والماء يزيد من قابلية انحلال السكروز في المولاس.

ويلاحظ أن نترات الكالسيوم والمغنزيوم (والسكر المرجع) ذات عامل مولاسي سالب ، أي أن وجودها يخفض من انحلال السكروز في المولاس ، وهناك دراسات عديدة تتم على إضافة هذه الأملاح المعدنية إلى الطبخة الثالثة لتخفيض فاقد السكر في المولاس ، شريطة أن لا تؤثر هذه المواد على الشروط التكنولوجية والصفة الغذائية للمنتج .

ويمكن حساب العامل المولاسي العام (وهو المجموع الجبري للعوامل المولاسية للمواد التي تدخل في تركيب المولاس) بالعلاقة التالية :

$$m = \frac{Q}{100 - Q}$$

حيث : m – العامل المولاسي العام

Q – نقاوة المولاس

فإذا كانت نقاوة المولاس ٥٦,٦ % فإن :

$$m = \frac{56.6}{100 - 56.6} = 1.25$$

أي أن وجود ١ كغ من المواد اللاسكرية يؤدي إلى انحلال ١,٢٥ كغ من السكروز في المولاس ويصبح فصله غير ممكن .

– كمية المولاس الناتج وحساب الفاقد من السكر :

يحتوي المولاس على حوالي ٥٠ % سكروز ، وتتعلق نسبة فاقد السكر في المولاس بالعوامل التالية :

- نوعية الشوندر السكري المصنع ، وبعبارة أُخرى كمية ونوعية المواد اللاسكرية الموجودة في محتوى هذا الشوندر .
- مردود التنقية أثناء عمليات التكليس والكربنة والتصفية أي بكمية المواد التي تم التخلص منها أثناء عمليات التنقية .
- تراكم المواد غير السكرية أثناء العمليات التصنيعية نتيجة لتفكك وتحلل السكروز

وبعض المواد غير السكرية الأُخرى .

- العامل المولاسي للمواد غير السكرية التي لم يتم التخلص منها والمتراكمة في المولاس ، والذي ينحصر تأثيره على انحلالية السكروز واللزوجة بوجود هذه المواد .
- أساليب وطرق العمل المتبعة في محطة البلورة ، والتي تضمن الحصول على سكر أحمر ذو نوعية مناسبة وعلى مولاس ذو نقاوة نظامية .

تؤثر كمية المواد غير السكرية المتبقية في العصير بعد عمليات التنقية على نقاوة عصير الكربنة الثانية أو العصير المُكثف ، فكلما كانت النقاوة عالية ، كلما كانت نقاوة المولاس الناتج أقل ، وبالتالي انخفضت نسبة فاقد السكر فيه ، وكذلك كلما انخفضت قيمة العامل المولاسي كلما انخفضت نقاوة المولاس الناتج .

أسباب تشكل المولاس :

يعد فاقد السكر في المولاس من أعلى الفواقد في جميع محطات مصنع السكر ويشكل تقريباً حوالي ٧٠ % من مجموع الفواقد الأخرى المعلومة والمجهولة، لهذا السبب انصبت الأبحاث والدراسات بحثاً عن أسباب تشكل المولاس ، وحل هذه المسألة ظل وسيظل من الأمور الملحّة والهامة جداً ، ويجري بحثها والحديث عنها في جميع المؤتمرات والندوات العلمية التي تعقد .

ظهرت عدة نظريات وآراء حول أسباب تشكل المولاس ، وفيما يلي نورد بعضاً منها :

- هناك نظرية قديمة جداً يعزو مؤيدوها أسباب تشكل المولاس إلى توقف عملية التبلور نظراً للزوجة العالية للمحلول والتي تعرقل حركة جزيئات السكروز لتتوضع على بلورات السكر ، ولكن كما بينت الدراسات والأبحاث المختلفة التي أجريت من قبل العالمين كلاسين (**Classen**) وهيرزفيلد (**Herzfeld**) على أن عملية التبلور لا تتوقف بارتفاع اللزوجة بل تصبح بطيئة جداً ، لذلك فإن هذه النظرية لم تلقَ الانتشار والتأييد الواسعين .
- قام العديد من الباحثين Brayn , Classen , Jokov ..... وآخرون ، بدراسة تأثير المركبات الكيميائية المختلفة وكذلك المواد غير السكرية الموجودة في المولاس على انحلالية السكروز ، أي على ثابت الإشباع وذلك محاولة منهم لشرح أسباب تشكل المولاس من وجهة نظر فيزكيميائية بحتة ، وأطلقوا على المركبات أو المواد التي تزيد من انحلالية السكروز بالمواد ذات التأثير الإيجابي ، وعلى المواد التي تنقص من انحلالية السكروز بالمواد ذات التأثير السلبي على تشكيل المولاس ، فأملاح الصوديوم والبوتاسيوم تزيد أو ترفع من انحلالية السكروز ، لذلك تعتبر من المكونات ذات التأثير الإيجابي ، أما أملاح الكالسيوم فتخفض من انحلاليتة فهي ذات تأثير سلبي على تشكيل المولاس ، كما تبين أيضاً أن الكمية القليلة من المواد غير السكرية مهما كان منشؤها تخفض من انحلالية السكروز بدرجات حرارة(٣٠-٥٠)°م، ذلك

لأنها ترتبط مع الماء الموجود في المحلول ، مما يؤدي إلى تبلور كميات أكبر من السكر ، وعلى العكس تؤدي زيادة تركيز المواد غير السكرية وارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة انحلالية السكروز.

إن الأفكار المطروحة تفتقر إلى الأساس العلمي الذي يقول بأن زيادة انحلالية السكروز بتأثير المواد غير السكرية لا تؤدي بأية حال من الأحوال إلى وقف عملية التبلور ، إضافة لذلك فوجود المركبات أو المكونات ذات التأثير السلبي على تشكل المولاس كالسكر المرجع مثلاً الذي يوجد بكميات كبيرة في المولاس الناتج عن تصنيع قصب السكر (السكر المرجع يخفض من انحلالية السكروز) ، مع ذلك فإنه ينتج أو يتشكل المولاس عند تصنيع قصب السكر وكذلك لا تجيب الأفكار المطروحة على السؤال المطروح والهام ألا وهو : ما هي كمية السكر التي يحتجزها كل ١ كغ من المواد غير السكرية المختلفة التي تدخل في تركيب المولاس.

- يجيب مؤيدو النظرية الكيميائية لتشكل المولاس عن هذا السؤال بشكل متباين، فقد حاول هؤلاء من خلال الدراسات والتحاليل المستفيضة لتركيب المولاس المنتج في مصانع السكر مختلفة وبلدان مختلفة إيجاد أي من المواد غير السكرية تسبب الفاقد أو الضياع في السكر في المولاس ، فمثلاً اعتبر البروفسور اندرليك (Andrelik) أن الأزوت الضار هو المسبب الوحيد لتشكل المولاس ، وحاول حساب الفاقد من السكر في المولاس بضرب كمية الأزوت الضار الموجود في محتوى أي مولاس بالعدد (٢٥) ، ونتيجة للأبحاث التي أجريت فيما بعد تبين أن لكل جزء أزوت ضار موجود في المولاس يقابله كميات متباينة من السكر تتراوح من (٢٠-٤٠) جزء .

من المعروف أيضاً أنه يمكن أن تتفاعل جزيئة السكروز مع المعادن مشكّلة السكرات ، واستناداً لهذا فإنه يوجد اعتقاد أو رأي قديم أن السبب الرئيسي لتشكل المولاس هو المحتوى المعدني الغير سكري للشوندر السكري ، أي الرماد المتبقي ، واعتقد أيضاً أن كل جزء معدني يحتجز خمسة أجزاء سكر ، وتبين نتيجة للتجارب والأبحاث أن كمية السكر والرماد في المولاس تتأرجح وفق نسب متباينة وليست هذه النسب ثابتة ، فمن المعروف أن المولاس الذي يحتوي على كمية كبيرة من أملاح الكالسيوم ذو نقاوة منخفضة ، وهذا ما جعل العالم (ديديك) يعتقد بأن الكالسيوم كمعدن لا يحتجز السكروز وإنما الصوديوم والبوتاسيوم هما اللذان يحتجزان السكروز ويمنعانه من التبلور ،حيث أن كل ذرة من هذين المعدنين تحتجز جزيء سكروز ، وقد ظل هذا الاعتقاد سائداً لفترة من الزمن ، ولكنه وجد فيما بعد أن هناك تناقضاً كبيراً في هذا الرأي أو الاعتقاد ، فهناك حقيقة معروفة ألا وهي ارتفاع الفاقد من السكر في المولاس في نهاية

موسم تصنيع الشوندر السكري على الرغم من بقاء كميات الصوديوم والبوتاسيوم على حالها دون تغيير ، وإضافة لذلك فقد وجد أنه في بعض أنواع المولاس المنتج في مصانع السكر (المولاس الناتج عن تكرير السكر الأحمر) يلاحظ أن كل ذرّة صوديوم وبوتاسيوم تحتجز أربع جزيئات سكروز ، واستناداً لذلك فهناك حقيقة تم إثباتها علمياً ألا وهي أن تشكّل المولاس لا يمكن أن يكون بسبب ارتباط السكر مع الصوديوم والبوتاسيوم فقط ،

يمكن القول بأن النظرية الكيميائية لتفسير تشكل المولاس لا تعطي جواباً مقنعاً وذلك لأن جميع المولاس الذي تمت دراسته هو مولاس تشكل ليس فقط نتيجة للمحتوى المعدني ، إنما هناك عوامل أخرى أثّرت وساعدت على تشكيله مثلاً : الخط التكنولوجي الموجود في المصنع وطبيعة العمل في هذا المصنع أو ذاك .

إضافة لذلك فهي نظرية أحادية الجانب وتهمل دور المواد غير السكرية الأخرى والموجودة في محتوى المولاس في تشكيل المولاس وبالتالي الفاقد من السكر فيه .

من كل ما تقدم واستناداً إلى الدراسات والأبحاث التي أُجريت على عمليات تبلور الكتلة الأخيرة في صناعة السكر والعوامل المؤثرة عليها ، يمكن هنا أن يتكون اعتقاد ، اعتماداً عليه شرح سبب تشكل المولاس وهو ما يعرف في الوقت الحاضر بالدور الميكانيكي والفيزكيميائي لهذه المادة غير السكرية أو تلك حيث **أن** هذا الدور ينحصر في :

١. تأثير لزوجة المولاس : يؤدي ارتفاع اللزوجة إلى صعوبات كبيرة في عملية النبذ اللاحقة .
٢. تأثير المواد غير السكرية على انحلالية السكروز أي عامل الإشباع .

- قام العالم الروسي سيلين (Silin) بوضع الأسس العلمية الصحيحة لتفسير سبب تشكل المولاس ، حيث استنتج من كل ما تقدم ومن دراسة عملية التبلور بشكل عام وتبلور الكتلة الأخيرة بشكل خاص والعوامل المؤثرة عليها أثر المواد غير السكرية على اللزوجة وكذلك على انحلالية السكروز (عامل الإشباع) ، ويعتبر من مؤسسي النظرية الميكانيكية والفيزكيميائية لشرح أسباب تشكل المولاس والتي أثبتت صحتها ودقتها ، فهو أول من أوجد مفهوم المولاس النظامي ، حيث بيّن أنه لا يمكن لتقييم دور أو تأثير المواد غير السكرية في تشكيل المولاس ، إلا إذا كان هذا المولاس نظامياً والذي عرفه بالتالي :

المولاس النظامي : هو المولاس الذي يكون عند درجة حرارة النبذ محلولاً مُشبعاً ويتمتع بلزوجة معينة ، وهذا المولاس لا يمكن تسميته مولاس مثالي (أي يحتوي على أقل كمية من السكروز) ، بل هو مولاس نظامي يتناسب تركيزه ونقاوته ومستوى التقنية والتكنولوجيا المستخدمة في هذا المصنع أو ذاك ، فارتفاع اللزوجة كما هو معروف يؤدي إلى صعوبات في عملية النبذ اللاحقة أما تأثير المواد غير السكرية على انحلالية السكروز فيحدده كما هو معروف ثابت الإشباع وهو عبارة

عن نسبة عامل الانحلالية للمحلول السكري غير النقي على عامل الانحلالية للمحلول النقي مقاساً بنفس درجة الحرارة .

إن تأثير ثابت الإشباع على الفاقد من السكر في المولاس واضح من العلاقة التالية :

$$q = \frac{(100 - Br).S.a'.100}{Br}$$

حيث :

q : نقاوة المولاس .

S : انحلالية السكروز في المحاليل النقية (الماء) عند درجة حرارة النبذ مقدّرة بـ (gr.sucrose /gr.water) .

a' : ثابت الإشباع .

Br : النسبة المئوية للمواد الصلبة أو الجافة للمولاس أثناء عملية النبذ .

تتأرجح قيمة ثابت الإشباع للمولاس المنتج في مصانع سكر مختلفة في مجالات واسعة وتتعلق بنوعية المواد غير السكرية الموجودة أصلاً في الشوندر السكري والتي تتأثر بالظروف المناخية السائدة أثناء فترة نمو الشوندر السكري وبالتربة وبالأسمدة المضافة ، وكذلك بمستوى الخدمات المقدمة للمحصول ، ولذلك نستطيع القول أن نقاوة المولاس النظامي أيضاً تتأرجح في مجالات واسعة جداً .

فلنفرض أنه يوجد في محتوى الكتلة الأخيرة مواد غير سكرية لا تؤثر على انحلالية السكروز أي أن $(a' = 1)$ فحسب رأي العالم هيرزفيلد (**Herzfeld**) هذه المواد لا تتسبب في تشكل المولاس ولذلك يجب أن لا ينتج مولاس نهائياً ، ولكنه في الحقيقة سيتشكل مولاس على الرغم من أن وجود هذه المواد لا يؤدي إلى رفع انحلالية السكروز في المحلول وذلك لأن المولاس كما ذكرنا هو عبارة عن محلول مشبع بدرجة حرارة النبذ (عادة تساوي درجة حرارة النبذ للكتلة الأخيرة في مصانع السكر ٤٠ °C) ، ويتألف من سكروز ومواد غير سكرية وبتركيز (٨٢ %) .

يحتوي هذا المحلول على الماء بكمية (١٨ %) ، وبما أن انحلالية السكروز بدرجة حرارة ٤٠°م تساوي ٢،٣٧ **غ** سكروز/ غ ماء ، وبذلك ستكون كمية السكروز المنحلة في كمية الماء المذكورة هي :

$$18 \cdot 2.37 = 42.66$$

وتكون نقاوة المولاس الناتج مساوية إلى :

$$q = \frac{42,66.100}{82} = 52,0$$

نستنتج من هذا المثال البسيط أنه حتى إذا وجدت المواد غير السكرية التي لا تؤثر على انحلالية السكروز فإنه سينتج مولاس ذو نقاوة معينة ، أما في حالة وجود مواد غير سكرية ذات تأثير سلبي على تشكل المولاس فإنه أيضاً سيتشكل المولاس ولكن نقاوته في هذه الحالة ستكون منخفضة .

وخلاصة القول إن جميع المواد غير السكرية مهما كان منشؤها فهي عبارة عن مواد مشكّلة للمولاس ، ذلك لأن وجودها يؤدي إلى زيادة كمية المواد الصلبة المنحلّة ، وعندها نحصل على محلول ذو لزوجة عالية تجعل عملية التبلور غير ممكنة ، إضافة لذلك فإن النابذات الموجودة في مصانع السكر تستطيع أن تقوم بفصل البلورات عن الشراب الأم عند قيمة للزوجة معينة ومحددة ، وعند ارتفاع قيمة هذه اللزوجة تُنشأ صعوبات في محطة النابذات ، مما يؤثر على عمل المحطة وطاقتها الإنتاجية وعلى حسن سير العملية التصنيعية ونوعية السكر الناتج ، لذلك من الضروري ترك كمية من الماء في محتوى المولاس لخفض اللزوجة .

- المواد الملونة في صناعة السكر وأثرها على نوعية المنتج النهائي :

تحت تأثير الحرارة العالية في الأوساط عالية الكثافة خلال مختلف المراحل التكنولوجية تتشكل مركبات الميلانين وتفاعلات تفكك الإنفرت ذات الطبيعة القلوية وكرملة السكروز ، التي تؤدي إلى تشكيل المواد الملونة التي تنتقل بدورها إلى المولاس .

وتتراوح نسب هذه المواد بالنسبة لوزن المولاس بشكلٍ عام عند تصنيع الشوندر السكري وقصب السكر الجدول ( ) :

جدول ( ) نسب المواد الملونة في المولاس بالنسبة للوزن الكلي للمواد الملونة.

المواد الملونة	مولاس الشوندر%	مولاس القصب%
نواتج تفاعلات السكر المرجع	63.1-81.3	63.3-68.0
مركبات الميلانين	4.0-18.3	13.8-18.0
الكراميل	9.5-17.8	18.2-18.7

إن جميع المواد الملونة هي من المواد الغروية المنحلة وذات شحنة كهربائية نقطة ثباتها في المجال pH = ١,٥- ٣,٠٩ عدا بعض مركبات الكراميل التي تملك نقطة الثبات عندpH = ٧ .

تحمل مركبات الميلانين والكراميل في الماء العادي الشحنات الموجبة ، يسهل ادمصاصها على سطح خلايا الخميرة ذات الشحنة السالبة ، فتكتسب خلايا الخميرة اللون المائل للصفرة (الأسمر) ، أما مركبات تفكك السكر المرجع فتحمل الشحنات السالبة .

الصيغة العامة للمواد الملونة الناتجة عن تصنيع الشوندر هي $(C_6H_{22}O_8N_2)_x$ أما الصيغة العامة للمواد الملونة الناتجة عن تصنيع قصب السكر فهي $(C_{31}H_5O_{22}N_2)_y$.

تصنيف المواد الملونة : تُصنف المواد الملونة ضمن المجموعات التالية :

- نواتج عملية الكرملة : وهي عبارة عن مركبات لا أزوتية ، وتتشكل عند تعريض السكريات لدرجات حرارة عالية .
- الميلانويدينات : المركبات المتشكلة نتيجة لتفاعل السكريات المرجعة مع المركبات الأمينية .
- المُعقدات الملونة : المركبات المتشكلة نتيجة لتفاعل المركبات الفينولية مع شوارد الحديد .

وأُضيفت إليهم مجموعة جديدة من المركبات ناتجة عن الأكسدة الأنزيمية للتيرازين ، كما اقترح العالم Pieck.R في عام ١٩٦٣ إدراج نواتج تفكك السكريات المرجعة في الوسط القلوي ضمن مجموعة منفصلة .

أولاً – نواتج عملية كرملة السكروز :

تتشكل هذه المركبات نتيجة لتعرض بلورات السكروز لدرجات حرارة عالية (درجة حرارة الانصهار) ، ويمكن أن تتشكل بدرجات حرارة أخفض ، وتحدث عملية كرملة السكروز على سطوح التسخين في محطة المباخر ، وكذلك في المبادلات الحرارية ، نتيجة لارتفاع درجة حرارة البخار الذي يقوم بتسخين العصير في تلك الأجهزة ، ويمكن أن تحصل عملية كرملة السكروز أيضاً في خزانات الشرابات التي يتم تتسخينها مباشرة بواسطة الوشائع (الأنابيب) البخارية المتوضعة ضمنها .

يفقد السكروز عند حدوث عملية كرملة السكروز جزيئة ماء ، وتتشكل نتيجة لذلك نواتج تفكك مختلفة كمشتقات الفورفورال ، الألدهيدات ، الأكرولين ، غاز ثنائي أكسيد الكربون ومركبات أخرى ، وتتعلق كمية وخواص هذه المركبات بقيمة pH الوسط ودرجة الحرارة والزمن .

قام العالم Lepman .E بتدقيق شروط وظروف عملية كرملة السكروز في جميع مراحل هذه

العملية وصنف المركبات الناتجة على الشكل التالي:

- عندما يفقد السكروز جزيئتي ماء (١٠,٥ % من الوزن الجزيئي) يتشكل مركب سماه الكاراميلان ذو الصيغة العامة ($C_{12}H_{18}O_9$) ، وهو عبارة عن مادة ذات لون أصفر فاتح – تذوب في الماء وفي الكحول الإيتيلي والميتيلي ولا تذوب في الكحول الأميلي والإيثير .
- عندما تفقد ثلاث جزيئات سكروز ثماني جزيئات ماء (١٤% من الوزن الجزيئي الكلي) يتشكل مركب أطلق عليه تسمية الكاراميلين ذو الصيغة العامة ($C_{36}H_{50}O_{25}$) ، ذو لون بني فاتح ، يذوب بشكل جيد في الماء البارد والساخن وكذلك في الكحول الإيتيلي والميتيلي .
- عندما يكون الفاقد في جزيئات الماء أكثر (١٨,٤%) يتشكل مركب ذو لون بني غامق ، صيغته العامة ($C_{24}H_{30}0_{15}$) ، وهذا المركب يذوب فقط في الماء الساخن بدرجة حرارة الغليان .
- عند استمرار التأثير الحراري لفترة زمنية طويلة تتشكل مركبات مختلفة ومتنوعة تذوب فقط في الأسس .

يمكن القول أن نواتج كرملة السكروز هي عبارة عن مركبات تختلف عن بعضها بدرجة التبلمر ، مع الإشارة إلى أن تصنيف مركبات نواتج كرملة السكروز التي اقترحها العالم Lepman هو تصنيف شرطي ، فقد وجد أنه عند تعريض السكروز لدرجة حرارة ١٨٥°م ولمدة ٤ ساعات متواصلة ، وعند فاقد في وزن السكروز بمقدار ١٤ % تم الحصول على مركب ذو لون بني غامق ، وحسب التصنيف السابق فإنه يجب أن يكون المركب الناتج الكرميلين ، في حين أن المركب الناتج يحتوي على المركبات الثلاثة السابقة بنسب مختلفة .

عند استخدام طريقة الكروموتوغرافيا الورقية لتحديد تركيب منتجات عملية كرملة السكروز وجد إضافة إلى الكاراميلان والكاراميلين مركبات أخرى كالغلوكوز والفركتوز وبعض الألدهيدات ودي

أوكسي أسيتون وحمض البيروفيك ، ويمكن التعبير عن المركبات الناتجة عن عملية كرملة السكروز بالصيغة العامة التالية : $C_m(H_20)_n$ ، حيث أن النسبة m/n يمكن أن تأخذ قيماً مُختلفة تتراوح ما بين ١,٣ وحتى ٣ .

نظراً لاحتواء نواتج عملية الكرملة على مجموعات فينولية وحمضية ، فإن هذه النواتج يمكن أن تُشكل مُعقدات مع الحديد وبعض المعادن الأخرى ، ومن الناحية الصحية فإن البعض يعتقد أن نواتج عملية كرملة السكروز غير ضارة بالنسبة للإنسان ، ولكن هذا الرأي ليس مؤكداً ويحتاج إلى الدراسات المستفيضة لإثبات صحته ، وهناك نتائج أبحاث في الولايات المتحدة الأمريكية تشير إلى أن نواتج عملية الكرملة تحتوي على مركبات مسرطنة .

ثانياً – الميلانويدينات :

هي مجموعة التفاعلات الكيميائية المعقدة للسكريات الأحادية التي تحتوي على مجموعة كربونايلية حرة والسكريات المرجعة الأُخرى (ثنائية كاللاكتوز ..إلخ) مع المركبات الأمينية المؤدية إلى تشكيل مواد ملونة بنية أو سوداء ، وتُسمى عادة هذه التفاعلات بتفاعلات الاسمرار اللا أنزيمي ، ويُرافق هذه التحولات تغيرات (مرغوب فيها وبعضها غير مرغوب فيه) في رائحة ولون ونكهة وطعم المنتجات الغذائية ، تسمى هذه التفاعلات باسم تفاعلات تشكل الميلانويدينات ، حيث تنتشر بشكل كبير في الصناعات الغذائية بشكل عام وفي صناعة السكر بشكل خاص ، وتترافق هذه التفاعلات بظهور مركبات مرحلية (وسطية) ، وظهور المركبات الأزوتية المُتكاثفة للمواد الملونة وكميات قليلة من NH_3 وCO_2 وماء.

أما المركبات الطيارة المرحلية الناتجة عن هذا التفاعل الذي يجري في وسط حمضي ، وأحيانا في وسط قلوي فهي بشكل عام الألدهيدات التي تُكسب المنتجات الغذائية النكهة المعروفة .

يؤدي تشكل الميلانويدينات في المحاليل إلى انخفاض كمية السكريات والمواد الأزوتية وقيمة pH الوسط .

سميت هذه التفاعلات بإسم العالم الألماني ميلارد Maillard ، الذي قام بدراسة أسباب تشكل

الميلانويدينات بين أعوام ١٩١٢– ١٩١٦ ، واقترح العالمان الروسيان كريتوفيتش وتوكاريفا المخطط المبسط التالي لتفاعل تشكل الميلويدينات :



يُمكن تقسيم تفاعلات الاسمرار اللانزيمي إلى ثلاث مراحل متسلسلة ومتلاحقة، وكل مرحلة من هذه المراحل تضم عدة مسارات :

١) **المرحلة الابتدائية** : تتشكل في هذه المرحلة مركبات عديمة اللون وتشمل :

–التفاعل السكري الأميني .

–إعادة ترتيب أمادوري .

٢) **المرحلة الوسطية** : تتشكل في هذه المرحلة مركبات عديمة اللون أو ذات لون أصفر خفيف ، تمتص الضوء بشكل كبيرفي مجال الطيف فوق البنفسجي ، وتشمل المسارات التالية :

–نزع الماء من السكريات .

– تحطم السكريات .

–تفكك الحموض الأمينية (تحطم أو تفكك ستريكر) .

٣) **المرحلة النهائية** : تتشكل مركبات ذات ألوان غامقة ، وتتضمن المسارات التالية :

– التكاثف الألدوزي (تفاعل تكاثف الألدوزات)

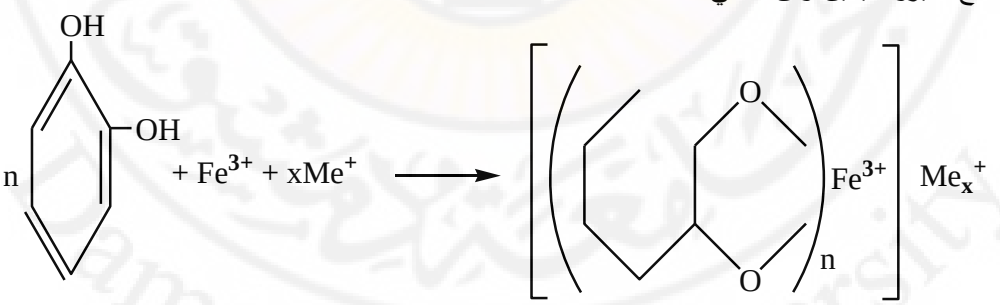
– التبلمر (البلمرة) الأميني الألدهيدي للمواد أزوتية

وتشكل مركبات هيتروسيكلية .

يبدأ تشكل الميلانويدينات في صناعة السكر عند تنقية عصير الديفزيون ، وهذا ما يؤكده احتواء المواد الملونة للعصير الذي تمت تنقيته على ثلث وزنها من الأزوت ، أما عند تبخير العصير وفي محطة الطبخ فتزداد كمية الميلانويدينات ، نظراً لازدياد تركيز المواد الداخلة في هذه التفاعلات ، ولارتفاع درجة الحرارة وللفترة الزمنية .

ثالثاً . المُعقدات الملونة (المُعقدات الفينولية مع شاردة الحديد) :

عندما تتفاعل المركبات الفينولية الموجودة في عصير الشوندر السكري مع شاردة الحديد تتشكل مركبات مُعقدة (شديدة اللون) ، وتبعاً لقيمة pH الوسط يمكن أن يكون هذا اللون إما أصفر مُخضر في الوسط الحمضي الضعيف (عصير الديفزيون) ، وسماوي بنفسجي في الوسط المعتدل والقلوي الضعيف (العصير المُكثف) ، ويلعب الدور الأساسي بتشكيل هذه المركبات الملونة مركب البيروكاتيكين ، تحت تأثير إنزيم بولي فينول أوكسيداز تتأكسد شوارد الحديد وتتفاعل مع البيروكاتيكين وفق التالي :



يتعلق عدد جزيئات البيروكاتيكين التي تشترك في هذا التفاعل بقيمة pH الوسط، وعادة ما تتراوح ما بين ٢–٣ جزيئات لكل شاردة حديد ، كما تتعلق شدة اللون الناتجة عن وجود هذه المُعقدات أيضاً بـ pH الوسط بتناسب طردي ، حيث يُلاحظ في الأوساط المعتدلة والضعيفة القلوية ازدياد شدة تلون المحاليل .

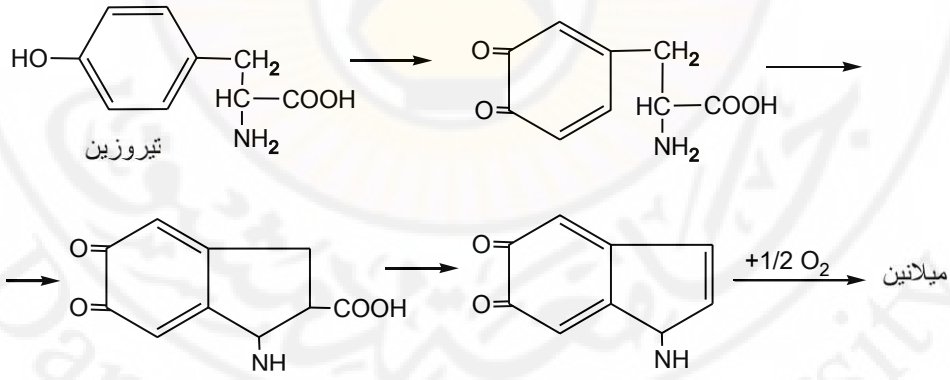
تجدر الإشارة إلى أن لهذه المُعقدات دور إيجابي في منع تفكك السكروز وتشكيل مجموعات ومركبات ملونة أخرى ، نظراً لأن المركبات الفينولية ترتبط مع شوارد المعادن المختلفة وتُشكل

مُعقدات ثابتة ، وبذلك تُضعف وبشكل كبير من تأثيرها كوسيط مُسرع لتشكيل المركبات الملونة .

رابعاً . مركبات الميلانين :

إن عصير الشوندر السكري الموجود ضمن خلايا الشوندر الحية ، التي لم تتعرض إلى الإصابات الميكانيكية والخدوش ، هو عصير غير ملون ، ويبقى كذلك عند حفظه وتخزينه في أوساط الغازات الخاملة ، إلا أنه سرعان ما يتلون تحت تأثير الأنزيمات عند تعرضه للهواء بألوان تتفاوت بين رمادي أخضر وبني أسود ، وتُسمى المركبات الملونة المتشكلة مركبات الميلانين .

إن مصدر مركبات الميلانين هو المركبات الفينولية الموجودة في الشوندر السكري مثل التيرازين والبيروكاتيكين التي تصل كميتها في الشوندر السكري إلى حوالي ٠,٠٠٥% و ٠,٠٠٢% على التتالي ، حيث يتعرض البيروكاتيكين والتيرازين بوجود الهواء إلى الأكسدة الحيوية بواسطة إنزيم تيرازيناز أو بولي فينول أوكسيداز ويتحول إلى مركبات الميلانين .تُعتبر مركبات الميلانين بوليميرات ذات وزن جزيئي مرتفع ، تتألف من حلقات من نوع الكينونات .يجري التحول الرئيسي للتيروزين وفق التفاعلات التالية :



عند التفكك القلوي لمركبات الميلانين يتشكل مركب البيروكاتيكين ، وحمض البيروكاتيكين ، وكذلك مركب ٥ , ٦ دي أوكسي إيندول ، ويُعتبر التيرازين المركب الأساسي الذي ينتج عن أكسدته بواسطة أنزيم التيرازيناز مركب دي أكسي فينيل آلانين ، ويتحول هذا المركب بعد ذلك بواسطة أنزيم بولي فينول أكسيداز إلى أورتو كينون ، ويحصل من خلال المركب ٥ , ٦ دي أكسي إيندول تكاثف للمنتجات ، و يصبح نتيجة لذلك لون العصير رمادي زهري ، وتجدر الإشارة إلى أن الأكسدة الإنزيمية للتيرازين تُعتبر من العمليات المُعقدة التي لم تُدرس حتى تاريخه بشكل كاف .يدخل في

تركيب التيرازين كمكون رئيسي النحاس ، حيث يؤدي وجود المركبات الكيميائية التي ترتبط مع النحاس إلى جعل أنزيم التيرازيناز غير فعال ، لذلك تؤدي إضافة H_2S إلى العصير إلى تثبيط تأثير أنزيم التيرازيناز وتمنع اسمرار العصير .

من الأمور المفيدة أيضاً لمنع ازدياد تلون العصير يمكن أن نذكر :

- التخلص من الهواء (إبعاده) الموجود ضمن العصير .
- إضافة SO_2 على شكل غاز أو سائل .

من الأسباب المؤدية إلى اسمرار لون عصير الديفزيون وعصير الشوندر السكري الطبيعي إضافة إلى الأكسدة الإنزيمية الأكسدة الذاتية لمركب البيروكاتيكين أو لدي أوكسي فينيل آلانين ، عندما تتوفر كمية كافية من الهواء عند قيمة pH العصير مساوية إلى ٦,٥ أو أكثر ، وعلى سبيل المثال فإن مركب البيروكاتيكين يتأكسد في الوسط القلوي وتتشكل نتيجة لذلك مجموعة من المنتجات المرحلية ، ومن ثم تتحول هذه المنتجات إلى مركب ثابت هو أحد مشتقات الكينون، ذو لون أصفر رمادي ، صيغته الكيميائية العامة $C_{12}H_6O_4$ ، ومن الأمور المُسرعة لحصول هذا التفاعل هي : ارتفاع درجة الحرارة ، و pH الوسط ، ووجود شوارد الحديد ، وتجدر الإشارة إلى أن عملية الأكسدة الذاتية تتوقف عند قيمة pH أدنى من ٦ .

لا تُشكل مركبات الميلانين أية خطورة في صناعة السكر ، نظراً لأنه يتم التخلص منها بشكل نهائي تقريباً عند تنقية العصير ، إلا أن قسماً ضئيلاً من هذه المركبات ينتقل إلى العصير المُكثف .

خامساً . نواتج تفكك السكريات المرجعة في وسط قلوي :

يحتوي عصير الشوندر السكري دائماً على كمية من السكريات الأحادية – قسم من هذه السكريات يرد من المادة الأولية (الشوندر السكري) ويسمى السكر المرجع ، والقسم الآخر يتشكل نتيجة لتفكك السكروز ويسمى السكر المنقلب أو الإنفرت ولا يسمى في هذه الحالة سكرا مرجعا رغم امتلاكه لخاصة الإرجاع وتمتعه بنفس الصيغة الكيميائية .

يؤدي تعرض محاليل السكريات الأُحادية في وسط قلوي بوجود أوكسجين الهواء إلى تفككها وتشكل مواد ملونة لا أزوتية وحموض عضوية ونواتج أخرى .

يتعلق التركيب الكيميائي للمواد الملونة وكذلك شدة اللون بدرجة الحرارة وزمن التسخين وبقيمة pH الوسط ، وبتركيز المواد المتفاعلة ، ولا تتشكل مواد ملونة في الوسط الحمضي القوي ، بل تتشكل فقط حموض عضوية مختلفة .

بالنسبة للهيكسوزات : يتم في الوسط القلوي تشكل المواد الملونة من خلال صيغة إينولية لهذه السكريات التي تتحول فيما بعد إلى دي كيتونات ، ومن ثم إلى حموض عضوية ،وتختلف النواتج

تبعاً لقلوية الوسط – تجري هذه التغيرات بشكل مواز للتحولات التالية : فركتوز ـ غليسيرين ألدهيد ـ ميتيل غليوكسال ـ حمض اللبن

كما يمكن أن ينتج عن تحلل الفركتوز كمنتج جانبي مركب أوكسي ميتيل فورفورال ، ويمكن القول أنه نتيجة لتفكك الهيكسوزات تتشكل الحموض المختلفة ، والمركبات المُتعادلة التي يحتوي قسماً منها على مجمعة كربونايلية حرة ولها القدرة على التكاثف مُشكلة المركبات الملونة .

تتشكل في جميع مراحل العملية الإنتاجية في مصنع السكر نواتج تفكك السكريات المرجعة في الوسط القلوي ، وهذه المركبات تنحل في الماء وفي الأسس ولا تذوب تقريباً في الإيثير ، ويكون القسم الأعظم من المواد الملونة لهذه المجموعة هي عبارة عن حموض ضعيفة .

تصنيع قصب السكر وتكرير السكر الخام

- **قصب السكر كمادة أولية – زراعته –انتشاره عالميا وعربيا :**

تعد (جزيرة غينيا الجديدة) الموطن الاصلي لقصب السكر وقد عرف في تلك المنطقة منذ الالف الثامنةقبل الميلاد اذ انتشرت زراعته في دول شرق اسيا (اندونيسيا ،الفيليبين ، ماليزيا،الهند الصينية ،وشرق الهند) وانتشر السكر في حوالي ٤٠٠ قبل الميلاد كمادة غذائية في جميع ارجاء الهند .

وعندما غزى الاسكندر الاكبر الهند (٣٢٧ ق.م) لاحظ اقبال الهنود على مص عيدان قصب السكر فاولى النبات عناية ونقله الى ايران ، ثم عرفه العرب عام ٦٤٠ م . وفي القرن العاشر منالميلاد انتشرت زراعته في سوريا ومصر واثناء الفتوحات العربية انتقلت زراعته الى اسبانيا ، ومن ثم انتشرت زراعة قصب السكر في دول حوض البحر الابيض المتوسط .حمل كريستوفر كولومبوس خلال رحلته الثانية نبات قصب السكر الى مدينة ساتا –دومينغو عام ١٤٩٣ م ،حيث انتشرت زراعته وازدهرت صناعة السكر واحتل السكرالخام ماكانة رئيسية بين صادرات دول امريكا الاتينية (كوبا– البرازيل–فنزويلا– المكسيك وغيرها).

تنمو قصب السكر في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية بين خطي عرض ٣٧ شمالا (حتى جنوب اسبانيا) و٣٥ جنوبا (حتى استراليا) الشكل (خريطة العالم). ويعد من اكثر المحاصيل قدرة على استقبال وتمثيل الطاقة الشمسية وتخزينها في صورة سكر ، تتطلب زراعته اراضي خصبة(اراضي طينية سوداء وغنية بالطمي) وماء وفير ، يتبع نبات قصب السكر العائلة النجيلية ويتميز بقدرة عالية على الاستفادة واستغلال عناصر البيئة من طاقة شمسية الى موارد مائية وغذائية ، تبلغ المساحة المزروعة من القصب في العالم نحو ٧٤ مليون فدان وهي تمثل نحو ٦٤ % منجملة المساحة العالمية التي تزرع بالمحاصيل السكرية (قصب السكر – الشوندر السكري – الذرة السكرية) ويبلغ انتاج السكر في العالم ١٢٥ مليون طن سكر خام منها نحو ٩٠ مليون طن تنتج من قصب السكر وهي تمثل ٧٢ % من مجموع انتاج السكر العالمي .

قصب السكر نبات معمر تدوم زراعته عدة سنوات وهو عبارة عن قصبة اسطوانية الشكل يتراوح طولها من ٣–٦ م وحتى ٩امتار في بعض الحالات، قطرها ٣–٥ سم . تتكون القصبة من عقد ساقية وسلاميات ، يتراوح طول السلامية من٥–٧سم وبعض الاحيان يصل حتى ٣٠ سم . يختلف لون عيدان القصب حسب الصنف ويتراوح من الاخضر الى الاحمر،تتالف البنية التشريحية للساق من قشرة سميكة وبداخلها نسيج هش وهو مجموعة من الشعيرات والقشرة عبارة عن مجموعة من الخلايا الضخمة.

تتوقف طول فترة نمو نبات قصب السكر على خصائص الصنف المزروع والظروف الجوية والزراعية وتتراوح فترة نموه بين ٨-٢٤ شهرا ، ويمكن الحصول من نبات القصب على (٣-٤)محاصيل وموعد زراعته في الربيع (اذار – نيسان)ويحصد في اول الشتاء .

يمر النبات خلال نموه بالمراحل التالية : الانبات – الاشطاء – النمو الكثيف – الازهار – النضج .

يتكاثر قصب السكر بواسطة العقل الساقية او بالساق الكاملة ، تتراوح فترة الانبات بين ١٥-١٨ يوما وتتوقف على درجات الحرارة ورطوبة التربة وخصائص الصنف ، وتعتبر رطوبة ٧٠-٨٠ %هي المثالية للحصول على بادرات طبيعية ، ودرجة الحرارة المثالية ٢٥-٣٣ درجة مئوية .تبدا بعدها فترة الاشطاء التي تستمر ٤-٤,٥ شهرا بدرجة حرارة ٢٥-٣٠ درجة مئوية ورطوبة ٨٠ %بالاضافة الى الاضاءة الجيدة وتامين حاجة النبات من العناصر الغذائية الازمة وفي ظروف الزراعة الحقلية الجيدة فعلى النبات الواحد يتشكل ٢٠-٤٠ اشطاء.

بعد ذلك تبدا مرحلة النمو الكثيف حيث يعطي النبات وزنا اخضرا كبيرا ، وكلما زادت هذه الفترة كانت الغلة من السوق عالية وتستمر حوالي ٥-٨ اشهر . اما مرحلة النضج فتبدا قبل الحصاد ب٢٣ اشهر ، وفيها تتوقف عمليات النمو ويبدا تراكم السكر في السوق الذي يتراوح بين ١٤-١٨ % في المناطق الاستوائية وبين ١٢-١٤ %في المناطق شبه الاستوائية . وفي نهاية فترة النضج التكنولوجي للساق تبدا عملية الازهار لقصب السكر وهذه المرحلة غير مرغوب بها لانها تؤدي التخشب الساق وينخفض محتواها من السكر .

يعتبر قصب السكر ناضجا صناعيا عندما تكون نسبة السكر في جميع السلاميات متساوية . فاذا كانت نسبتها في السلاميات العلوية اعلى منها في السلاميات السفلية فعندها يكون قد مضى على موعد نضجه ،اما اذا كانت نسبتها في السلاميات العلوية اقل من نسبتها في السفلية يكون قصب السكر غير ناضج . مع ملاحظة ان هطول الامطاريؤخر نضج المحصول .تبلغ انتاجية الهكتار الواحد من قصب السكر اذا كان غير مرويا ٣٠-٥٠ طن\هكتار، اما اذا كان مرويا فتصل انتاجيته الى ٩٠ طن\هكتار .

التركيب الكيميائي لقصب السكر:

يتركز وجود السكاروز في نسغ سوق نبات قصب السكر ومما يميز نبات القصب مصدرا للسكاروز ويجعلها افضل من جذور الشوندر السكري هو ان سوق قصب السكر تحتوي السكاروز بنسب مرتفعة وان نسغها ذو درجات نقاوة اعلى منها في افضل نبات الشوندر السكري المزروع حاليا ولذلك اصبح بامكان مصانع استخراج السكر الحديثة ان تنتج السكر بتكاليف منخفضة اذا ما قورنت بتكاليف انتاجه من مزارع الشوندر .تقطع سوق قصب السكر بعد نضجها وتستبعد منها

الجذور والوراق ، وترسل الى شركات السكر وبعد عمليات الاستلام تؤخذ عينات وزنها ٢٠ كغ وتنظف بازالة الجذور والشوائب والاجزاء التالفة وتقدر نسبة الشوائب وتحلل العينة كيميائيا ، فيقدر السكاروز ودرجة النقاوة والمادة الصلبة وبعض المؤشرات الاخرى . الجدول (.....) يبين التركيب الكيميائي .مع التنويه بانه يجب تصنيع قصب السكر المقطع خلال ٢٤ ساعة ، وذلك تفاديا لتفكك وتحلل السكاروز والسكاكر الاحادية في عصير القصب لان التاخير في التصنيع يسبب الفقد ةالضياع في السكاروز بنسبة قد تصل الى٥٠ % و٢٠ %من وزنه بعد اسبوع من قلعه ونقله الى شركة السكر.

جدول (.....) بعض المؤشرات الكيميائية لقصب السكر

المؤشر	%	المؤشر	%	المؤشر	%
الماء	٧٢-٧٤	الالياف	١٢	الحموض العضوية غير الازوتية	٠,٢
السكاروز	١٢-١٧	المواد البكتينية	٠,٢	الرماد	٠,٨
السكاكر الاحادية	١	المواد الازوتية العضوية	٠,٤	الدسم	٠,٢

تكمن قيمة قصب السكر الغذائية بوجود السكر فيه اذ ترتفع نسبتها الى اكثر من١٦% عند عصره . وهو مصدر جيد للطاقة الفورية لاحتوائه على نسبة جيدة من السكريات الاحادية سريعة الامتصاص .

يتاثر التركيب الكيميائي لقصب السكر بمجموعة من العوامل من اهمها : درجة النضج- التسميد – نوع التربة – موعد الزراعة – مواعيد الري – الاصابات الحشرية – اصناف قصب السكر .

نظرا لاختلاف التركيب الكيميائي والتشريحي لقصب السكر عن الشوندر السكري فان تقانة الحصول على عصير القصب وتنقيته تختلف عن تقانة الحصول على العصير من الشوندر السكري وتنقيته ، ام عمليات التصبيغ الاخرى (تبخير وتكثيف وبلورة) فلاتختلف الا بشكل بسيط

- قصب السكر :

يعد جنوب شرق آسيا (اندونيسيا ، الفيليبين ، ماليزيا ، الهند الصينية وشرق الهند) الموطن الأساسي لنبات قصب السكر – الشكل ( ) الذي يبين توزع زراعة قصب السكر في العالم ، وقد عُرف في تلك المنطقة منذ الألف الثامنة قبل الميلاد ، ومن تلك المناطق انتشرت زراعته إلى سورية ومصرفي القرن العاشر ميلادي .



الشكل ( ) توزع زراعة قصب السكر في العالم

يُعتبر نبات قصب السكر من النباتات النجيلية المُعمرة (متعددة الأحوال) ، يتألف من ساق طويلة (٢ – ٤,٥) متر ، تنقسم إلى سلاميات تفصلها عقد واضحة الشكل ( ) ، ويختلف عددها باختلاف الأصناف ، قطر الساق عند العقد أقل من قطر السلاميات نفسها ، وفوق كل عقدة يوجد برعم واحد وعدة صفوف من نقط تُمثل أماكن خروج الجذور العرضية ، طول السلاميات من جهة الجذور يزيد عن ١٥سم ويتناقص كلما ارتفعنا نحو الأعلى. ويعد قصب السكر من النباتات الاستوائية ويحتاج مدة (٨ – ٢٤) شهراً ليتم نضجه ، ويمكن الحصول من نبات القصب على (٣ – ٤) محاصيل ، وتكون نسبة السكر المخزن في المحصول الأول بحالتها العظمى ، وتتدرج نسبة السكر في السلاميات من الأسفل إلى الأعلى هبوطاً ، أما موعد زراعة قصب السكر فهي في الربيع (آذار ونيسان) ويحصد في أول الشتاء .



الشكل ( ) نبات قصب السكر .

إن مردود قصب السكر بحدود (٤٠ – ٥٠) طناً من الهكتار الواحد وسطياً ، ويصل إلى (٩٠ – ١٠٠) طناً عند استخدام أساليب زراعية وأنظمة ري متطورة ، وتتراوح نسبة السكر في قصب السكر عادة بين ١٢ – ١٧ % . يتم تصنيع قصب السكر خلال ٢٤ ساعة بعد قلعه ، وذلك للحد من تدهور مواصفاته (انخفاض نسبة السكروز بالدرجة الأولى وتفكك السكر المرجع) .

ونظراً للاختلاف في التركيب الكيميائي بين قصب السكر والشوندر السكري ، فإن تكنولوجيا الحصول على العصير وتنقية هذا العصير تختلف عن التكنولوجيا المُتبعة عند الحصول على العصير وتنقيته أثناء تصنيع الشوندر السكري ، أما تكثيف العصير وبلورة السكروز فتختلف قليلا .

لا يتم الحصول على السكر الأبيض مباشرة في معظم البلدان التي تقوم بزراعة وتصنيع قصب السكر وإنما يتم الحصول على السكر الأحمر الخام ذي النقاوة ٩٦ – ٩٨ % والذي يُصدر قسماً منه إلى الخارج حيث يتعرض لاحقاً لعملية التكرير، إما في مصانع سكر تعمل على التكرير فقط ، أو في مصانع تقوم بتكريره بعد انتهاء دورة تصنيع الشوندر (عادة بعد إجراء الصيانة) .

-**التركيب الكيميائي لقصب السكر** : الجدول () :

الجدول ( ) التركيب الكيميائي الوسطي لنبات قصب السكر

المركب	%	المركب	%
الماء	٧٤ – ٧٥	**مواد دسمة وشموع**	٠,٢
السكريات	١٢ – ١٧	**مواد بكتينية**	٠,٢
المواد الآزوتية العضوية	٠,٤–٠,٤٥	**مواد معدنية**	٠,٤–٠,٥

		حموض حرة	٠,٠٨
المواد الآزوتية غيرالعضوية	٩ – ١١	حموض مرتبطة	٠,١٢

– **السكريات :** وتشمل :

١. السكروز ١٢,٥%.

٢. الغلوكوز ٠,٦ %.

٣. الفركتوز ٠,٩%.

– **المواد العضوية الآزوتية :** وتشمل :

٤. المواد البروتينية ٠,١٢ % .

٥. حموض آمينية ٠,٢١ % .

– **المواد العضوية غير الآزوتية :** وتشمل :

١. السيليلوز ٥,٥ % .

٢. الكسيلان ٢ % .

٣. الآرابان ٠,٥ % .

٤. الليغنين ٢ % .

–**المركبات المعدنية :** وتشمل الأكاسيد التالية :

١. K_2O ٠,١٢ % .

٢. CaO ٠,٠٢% .

٣. Na_2O ٠,٠١ % .

٤. MgO ٠,٠١ % .

٥. SiO_2 ٠,٢٥ % .

٦. P_2O_5 ٠,٠٧ % .

٧. SO_3 ٠,٠٢ % .

يلاحظ من الجدول ( ) أن الجزء غير المنحل من المواد غير السكرية في قصب السكر عبارة عن سيللوز وهيمي سيللوز ، أما كمية المواد البكتينية فهي قليلة إذا ما قورنت بكميتها الموجودة في الشوندر السكري ، وكذلك الحال بالنسبة للمواد الآزوتية .

تُشكل أملاح البوتاسيوم والسيليسيوم والفوسفور الكمية العظمى من مجموع المركبات المعدنية الموجودة في قصب السكر ، أما بالنسبة لأملاح الكالسيوم والمغنزيوم والصوديوم فتتواجد بكميات قليلة .

من المعروف أنه في كثير من البلدان التي تقوم بتصنيع قصب السكر يتم الحصول على

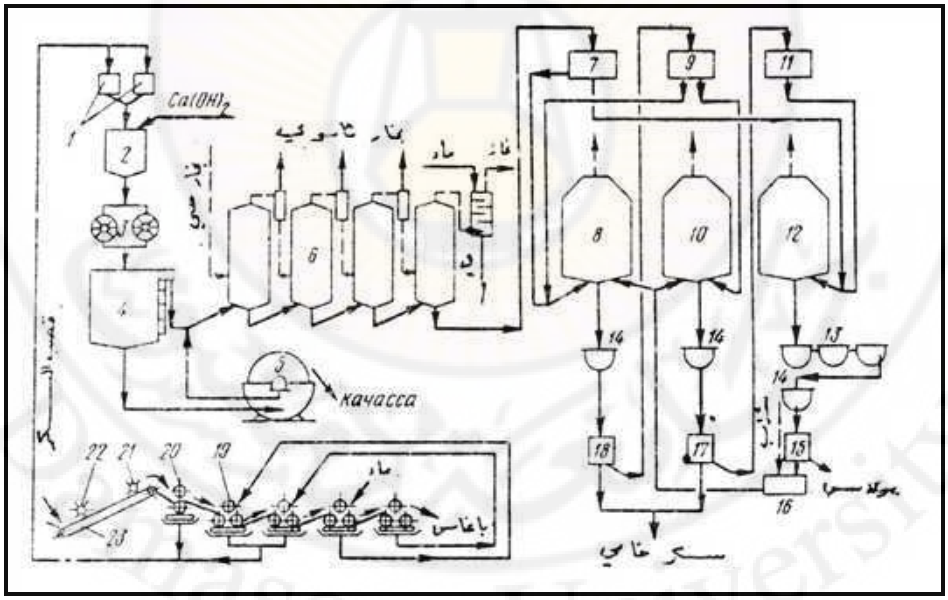
السكر الأحمر الخام ذي النقاوة ٩٦ – ٩٨ % والذي يُصدر قسماً منه إلى الخارج ، حيث يكرر لاحقاً ، ويوجد أيضاً مصانع سكر تقوم بتصنيع قصب السكر بهدف الحصول منه على السكر الأبيض .

-**تصنيع قصب السكر** : تشمل عملية تصنيع قصب السكر ثلاث مراحل للحصول على السكر الأحمر الخامي أو السكر الأبيض منه وهي :

- مرحلة تصنيع القصب والحصول على العصير .
- مرحلة التنقية .
- مرحلة التكثيف والبلورة .

ويوضح الشكل ( ) المخطط التكنولوجي لتصنيع قصب السكر والحصول على السكر الأحمر الخامي .

-**الحصول على العصير** : ينقل قصب السكر الوارد إلى المصنع بعد عمليات الوزن والغسيل والتخلص من الأحجار والأعشاب والشوائب المعدنية المختلفة إلى خط التصنيع بواسطة السير الناقل (٢٣) وبكميات متساوية



الشكل ( ) المخطط التكنولوجي لتصنيع قصب السكر وإنتاج سكر خامي

بفضل المُنظم (٢٢) الذي يقوم بتعديل كميات القصب الداخلة للتصنيع تبعاً للطاقة التصنيعية يقطع قصب السكر باستخدام سكاكين خاصة (٢١) ، ومن ثم تُهرس قطع القصب بواسطة الهراسات (٢٠) ، وتتوجه إلى قسم الطحن، حيث تُطحن على أربع مراحل في المطاحن (١٩) ، التي تتوضع بشكل تسلسلي ، وتتألف كل مطحنة من اسطوانتين (بكرتين

) سفليتين تدوران باتجاه عقارب الساعة ، ومن اسطوانة علوية تدور بعكس عقارب الساعة وتستطيع بواسطة آلية هيدروليكية أن تلامس (تضغط) على الاسطوانات السفلية وتتحرك عمودياً ، وتجدر الإشارة إلى أنه على سطح جميع الاسطوانات توجد نتوءات بارزة متعرجة ومتداخلة لتسهيل عملية انتقال وعصر قطع قصب السكر المهروسة .

تتوضع تحت الهراسة والمطاحن مباشرة خزانات العصير ، حيث يتم الحصول على حوالي ٦٠ – ٧٠ % من العصير الموجود في القصب المصنع من الهراسة والمرحلة الأولى من الطحن ، أما بقية العصير فيتم الحصول عليه من المطاحن (المراحل) الثلاث الأخرى .

يستمر الحصول على العصير باستخدام المطاحن الأُخرى ، حيث يتم رش قطع قصب السكر المهروسة بعصير ممدد وماء وتسمى الكتلة التي يتم رشها بالعصير الممدد أو بالماء ، ويتم الحصول على العصير في المراحل اللاحقة وفق التالي :يُضاف في المرحلة قبل الأخيرة ماء ذو درجة حرارة ٦٠°م بكمية (١٥–٣٠%) من وزن القصب المُصنع ، ويُضاف العصير المتبقي الناتج عن المرحلة الرابعة للطحن إلى المرحلة الثانية ، بفضل هذه الحركة العكسية يمكن الحصول على عصير غير مَمدد ذي تركيز مناسب .

يمر العصير الناتج خلال شبكة متوضعة بشكل أُفقي لالتقاط القطع الصغيرة من القصب وتُعاد هذه القطع إلى المرحلة الأولى ، يضخ العصير الناتج عن المرحلة الأولى والثانية وعن مرحلة الهرس إلى قسم التنقية (المعالجة) ، وتكون له المواصفات الوسطية التالية :

-النقاوة : ٨٠ – ٨٦ % .

– المواد الصلبة المنحلة (البريكس) : ١٤ – ١٦ %، pH : ٤,٥–٥,٥ .

–الكمية : ١٠٠ – ١١٥ % من وزن القصب المُصنع

.

يمكن باستخدام الطريقة المذكورة الحصول على (٩٢– ٩٤%) من السكروز الموجود في قصب السكر الداخل للتصنيع ، كما يمكن رفع هذه النسبة إلى أعلى من ٩٤ % إما بزيادة قوة العصر (تنخفض نقاوة العصير الناتج) ، أو بزيادة عدد مراحل الطحن وكمية الماء المضافة ، ولكن تعتبر هذه العملية غير اقتصادية .

تُستخدم حديثاً بهدف رفع نسبة الاستخلاص بعد عملية الهرس والمرحلة الأولى من العصر أجهزة استخلاص(ديفزيون) مستمرة ، حيث يمكن أن ترتفع نسبة الاستخلاص حتى ٩٧ % .

يُسمى قصب السكر بعد استخلاص السكروز منه بالباغاس ، وتصل كميته إلى حوالي ٢٠ – ٢٥ % من وزن القصب المُصنع ويتألف بشكل أساسي من السيليلوز ويُستخدم كوقود للمراجل في

مصنع السكر ، كما يُستخدم الباغاس كذلك في صناعة الورق والفورفورال والشمع ومواد البناء ، إضافة إلى الفيسكوز (مركب سيليلوزي يستخدم في الوقت الحاضر لتحضير الحرير الصناعي) .

– **تنقية العصير** : إن كمية و نوعية المواد غير السكرية الموجودة في قصب السكر تختلف عن نوعية وكمية المواد غير السكرية الموجودة الشوندر السكري ، وبالدرجة الأولى من حيث نسبة السكريات المرجعة الأحادية (غلوكوز + فركتوز) ، حيث يتميز قصب السكر باحتوائه على كميات كبيرة من هذه السكريات بالمقارنة مع الشوندر السكري ، ويُعتبر وجود هذه السكريات غير مرغوب فيه ، نظراً لأنه عند إضافة ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ بكميات فائضة إلى عصير قصب السكر المُسخن ستتفكك السكريات المرجعة وسينتج عن ذلك كميات كبيرة من أملاح الكالسيوم لبعض الحموض العضوية الناتجة عن التفكك القلوي لهذه السكريات ، وهذا يؤدي إلى إكساب العصير تلوناً كبيراً وإلى ارتفاع محتواه من المواد غير السكرية ، لهذا تُضاف ماءات الكالسيوم إلى عصير قصب السكر بكميات قليلة ، وهذا يؤدي إلى صعوبات في عملية فصل الراسب المتشكل .

يوزن العصير الناتج على القبان الآلي (١) ويُعالج بإضافة $Ca(OH)_2$ بكمية ٠,٢–٠,٥ % بالنسبة لوزن قصب السكر المُصنع ، في جهاز التكليس (٢) لمدة ١٠ دقائق ، وتجنباً لحصول ارتفاع قلوية العصير في بعض مناطق جهاز التكليس، ولتفادي تفكك السكريات المرجعة ، فإنه يتم تخليط محتوى الخزان من العصير وماءات الكالسيوم المضافة بشكل جيد . pH العصير يجب أن لا يتجاوز ٩,٥ كحد أقصى .

يتم تسخين العصير في المبادلات الحرارية (٣) حتى الغليان ، ويُرقد لمدة ٣–٤ ساعات في المرقد (٤) حيث تترسب المواد البروتينية ، والمواد الغروية الأخرى، وتترسب كذلك أملاح الكالسيوم لبعض الحموض العضوية .

تتم تصفية العكر في المصافي الدوارة التي تعمل تحت التخلية (الفاكوم) (٥) ، حيث يتم فصل الزبد وطرحه خارجاً، ، يُستخدم هذا الراسب كسماد وذلك بعد الحصول منه على الشموع المختلفة ، التي تُعتبر مادة أولية هامة لكثير من الصناعات الكيميائية .

تُستخدم لتنقية عصير القصب مخططات تنقية مختلفة كما هو الحال عند تنقية عصير الديفزيون أثناء تصنيع الشوندر السكري ، فمثلاً في كوبا يُضاف لبن الكلس $Ca(OH)_2$ على مرحلتين قبل وبعد تسخين العصير ، أما عند تصنيع عصير ذو نوعية متدنية فإنه تجري عملية التكليس مرتين .

لتسريع ترسيب الجزيئات المعلقة في العصير أثناء وجوده في المرقدات ، يُضاف إليه بعد

مُعاملته بماءات الكالسيوم حتى pH ٩,٥–٩ حمض الفوسفور أو فوسفات منحلة (حوالي ٠,٠٣% P_2O_5 بالنسبة لوزن العصير) بهدف الحصول على سكر أبيض منخفض الدرجة اللونية عند تكرير السكر الخامي ، يتم إجراء عملية سلفنة (معالجة بغاز SO_2) أثناء التنقية إضافة إلى عملية التكليس ويتم ذلك وفق التالي :

يُضاف إلى العصير الخام البارد حوالي ٠,٠٨–٠,١٨ % CaO ، ومن ثم يتم إجراء عملية السلفنة حتى تفاعل وسط معتدل (تتم المعايرة بوجود مشعر الفينول فتاليئين)، ومن ثم يُسخن هذا العصير ويضخ إلى المرقدات .

نظراً لكون المصانع التي تقوم بتصنيع قصب السكر لا تحتاج إلى كميات كبيرة من ماءات الكالسيوم ، وكذلك لكفاية الغازات الناتجة عن المراجل البخارية لإتمام عملية الكربنة في حال إتباعها ، فإن هذه المصانع ليست مُجهزة بأفران كلس خاصة بها كالمصانع التي تقوم بتصنيع الشوندر السكري .

– **تكثيف العصير وبلورة السكر** : يتم تكثيف العصير الذي تمت تنقيته في المباخر التي تتألف من أربعة أجسام (٦) وصولاً إلى شراب يحوي من ٦٠ – ٦٥ % مادة صلبة منحلة (مادة جافة) . لا تختلف هذه المحطة عن تلك المستخدمة عند تصنيع الشوندر السكري ، ولكن يتم التكثيف هنا بدرجات حرارة أخفض تفادياً لتفكك السكر المرجع وازدياد لون العصير المكثف الناتج ، وتكون درجة غليان العصير في محطة المباخر التي تتألف من أربعة أجسام على النحو التالي:

– الجسم الأول : ١٠٦°م .
– الجسم الثاني : ٩٦.°م
– الجسم الثالث : ٨٢ °م .
– الجسم الرابع : ٥٨ °م .

يُستخدم نظام الطبخات الثلاث في محطة البلورة ، ويتم تحضير الكتلة المطبوخة I و II من الكتلة المتبلورة الناتجة عن الكتلة III الممزوجة مع شراب المباخر في الموزع – الخلاط (١٦) ، حيث يُغذى جهاز الطبخ المخصص للكتلة I بأساس يقارب ثلث كتلة الطبخة الجاهزة ، ويُضاف شراب المباخر من الخزان (٧) وحوالي نصف كمية الشراب الناتج عن نبذ الكتلة (I) من الخزان (٩) .

تنساب الكتلة المطبوخة ذات النقاوة ٨٠ – ٨٦ % إلى موزع (١٤) ، ومن ثم إلى النابذات (١٨) ، ويضخ الشراب الناتج ذو النقاوة ٦٥ – ٧٠ % إلى الخزان (٩) ، أما السكر الناتج فلا يتم غسل بلوراته بالماء .

يتم تحضير الكتل المطبوخة I و II في أجهزة الطبخ (١٠) ، من الكتلة المتبلورة الممزوجة مع شراب المباخر والموجودة في الموزع (١٦) ، ومن نصف كمية الشراب الناتج عن نبذ الكتلة I من الخزان (٩) .

يتم نبذ الكتلة الناتجة ذات النقاوة ٧٠ % باستخدام النابذات (١٧) دون غسيل البلورات بالماء ، يضخ الشراب الناتج ذو النقاوة ٥٠-٥٥ % للخزان (١١) ، أما السكر الناتج عن نبذ الكتل المطبوخة I و II فيتم خلطهما ويشكلان السكر الأحمر الخامي .

يتم تحضير الكتلة III في أجهزة الطبخ (١٢) ، حيث يؤخذ من الخزان (٧) كمية من شراب المباخر ، ويكثف حتى مرحلة فوق الإشباع ومن ثم يغذى ببودرة السكر الأبيض ، وتنمى هذه البلورات بإعطاء دفعات من الشراب الناتج عن نبذ الكتلة II .

تبرد الكتلة المطبوخة III ذات النقاوة ٥٨ – ٦٠ % في المبلورات (١٣) خلال مدة زمنية تتراوح من ٢٤ – ٤٨ ساعة ، حتى درجة ٤٠ – ٤٥°م ، ومن ثم تتم عملية الفرز باستخدام الفارزات المستمرة ونحصل عندها على المولاس بنقاوة ٤٠ – ٤٥ % وسكر أحمر يُستخدم كأساس بلوري لتحضير الكتلة I ، والكتلة II ، ونظراً لأن الشرابات الناتجة عن نبذ الكتل I و II تحتوي على بلورات ناعمة ، يتم تمديدها بالماء الساخن قبل ضخها إلى أجهزة الطبخ حتى تركيز ٦٥ – ٦٨ % لإذابة هذه البلورات التي قد يُحدث وجودها خللاً في عملية البلورة .

يتم الحصول من كل ١٠٠ جزء سكروز موجود في عصير القصب على ٨٥ – ٨٦ % سكر أبيض ، وتتوزع الفواقد عند تصنيع قصب السكر وفق التالي :

-الفاقد في المولاس ٧,٥ – ٨ % من السكر الكلي المصنع .
-الفاقد في الباغاس ٥– ٥,٥ % من السكر الكلي المصنع .
-الفاقد في الزبد ٠,٥ % من السكر الكلي المصنع .
-الفاقد المجهول ٠,٨-٠,٩ % من السكر الكلي المصنع .

تكرير السكر الأحمر الخامي :

- مواصفات السكر الأحمر الخامي :

السكر الأحمر الخامي هو عبارة عن بلورات سكرية ، تتألف بشكل رئيسي من السكروز ذو الصيغة الكيميائية $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، وتغطي هذه البلورات طبقة رقيقة ذات لون قريب إلى البني ، تتركز فيها المواد غير السكرية الأساسية – عضوية وغير عضوية المنشأ – مع الإشارة إلى أن كمية قليلة جداً من هذه المواد غير السكرية موجودة ضمن البلورات السكرية .

تختلف المواد غير السكرية الموجودة في السكر الأحمر الخامي من حيث التركيب الكيميائي

عن المواد غير السكرية الموجودة في السكر الأحمر II و III الناتج عن تصنيع الشوندر السكري ، إذ تحتوي هذه الطبقة بشكل أساسي على المواد الملونة والألدهيدات ، الإيتيرات والحموض العضوية المختلفة التي تكسب السكر الأحمر الخامي الناتج عن تصنيع قصب السكر رائحة مُميزة ، إضافة لذلك تحتوي هذه الطبقة على السكريات المرجعة والمواد الغروية (المواد البكتينية والديكسترينات والبنتوز) .

يمكن أن يكون السكر الأحمر الخامي ناتجاً عن تصنيع قصب السكر ، أو عن تصنيع الشوندر السكري ، لكن الكمية العظمى من هذا السكر تنتج عن قصب السكر ، ويبين الجدول () التركيب الكيميائي للسكر الأحمر الخامي .

الجدول ( ) التركيب الكيميائي الوسطي للسكر الأحمر الخامي .

المؤشر		المجال	المؤشر	المجال
الاستقطاب ،%		٩٦ – ٩٨	موادعضويةأخرى %	١–٠,٧
الرطوبة ، %		٠,٨–٠,٥	الرماد الكربوناتي %	٠,٥–٠,٤
سكر أحمر خام	الكلية	٢–١,٥	اللون بوحدات icumsa	٤٥00 – ٣٥٠٠
	السكر المرجع	٠,٩–٠,٦	PH	٦,٥–٦,٢

ملاحظة : نسبة السكروز في الجدول السابق مُحددة بطريقة الاستقطاب المباشر، وهي عادة أدنى من قيمة الاستقطاب الفعلية نظراً لوجود المواد الفعالة ضوئياً وخاصة الغلوكوز والفركتوز .

من المواصفات التكنولوجية ذات الأهمية للسكر الأحمر الخامي ، احتواؤه على المواد الغروية والمواد الملونة ، بنسبة تصل أحيانا إلى ١% ، تعيق عملية التصفية وتزيد اللزوجة ، فمثلاً يتمتع محلول البكتين ذو التركيز ٠,١% بلزوجة تُعادل لزوجة محلول سكري بتركيز ١٠% ، كما تتميز مُعظم المركبات الغروية والملونة بخاصة التفاعل العكوس .

تتفكك السكريات الأُحادية عند المُعالجة بماءات الكالسيوم ، وتتشكل الحموض العضوية المختلفة ومركبات أُخرى (أملاح الكالسيوم لتلك الحموض العضوية بالدرجة الأولى) ، وتزيد الحموض العضوية المتشكلة من سرعة تفكك السكروز ، وتتميز بعض أملاح الكالسيوم بعامل مولاسي مرتفع ، وتجدر الإشارة إلى أنه عند ازدياد درجة تلون الكليرا يتطلب الأمر استهلاك كميات أكبر من $Ca(OH)_2$ والمواد المستخدمة في امتزاز اللون .

يوجد في كل ١٠٠ غرام من السكر الخامي ٠,٦ – ١ ميلي غرام مُكافىء من الحموض الأمينية (حمض الأسبارغين ، حمض الغلوتامين ، آلانين، فالين ، غليتسين ، ليزين ، ليتسين ،

سيرين) والآميدات ، وتُشكل كمية الأسبارغين وحمض الأسبارغين والغلوتامين الجزء الأكبر من هذه المركبات .

الجدول ( ) بعض مواصفات السكر الأحمر الخام المنتج في بعض البلدان .

البلد المنتج	الاستقطاب ،%	الرطوبة ، %	الرماد ، %
كوبا	٩٧,٨٤	٠,٣٨	٠,٥٥
البرازيل	٩٧,٣٤	٠,٥٣	٠,٤٢
الدومينيكان	٩٧,٤٦	٠,٤٥	٠,٤٢
غواتيمالا	٩٦,٨٢	٠,٧٩	٠,٥٢
الفلبين	٩٧,٥١	٠,٤٣	٠,٣٩
الولايات المتحدة– فلوريدا	٩٧,٣٧	٠,٤٢	٠,٣٩

حددت المواصفة القياسية السورية رقم (٢٠٤) الصادرة عام ١٩٨٠ المواصفات التي يجب أن تتوفر في السكر الأحمر الخامي المستورد –الجدول (٨–٤) .

يُلاحظ من الجدول (٨–٤) إن المواصفة لم تتطرق إلى اللون كمؤشر بالنسبة للسكر الأحمر الخامي ، الذي يلعب دوراً كبيراً في العمليات التصنيعية عند تكرير السكر الخامي كون هذا المؤشر لا يدخل ضمن المواصفات الدولية المعتمدة في السوق التجارية ، والمواصفة القياسية السورية تخص السكر الخامي المستورد .

الجدول ( ) مواصفات السكر الخامي حسب المواصفة القياسية السورية رقم ٢٠٤

المؤشر	المجال
الاستقطاب ، %	٩٧ كحد أدنى
الرطوبة % ($105\ ^{o}C$)	٠,٥ كحد أعلى بالنسبة للمادة الجافة
الانفرت %	٠,٤٠ كحد أعلى بالنسبة للمادة الجافة
الرماد ، %	٠,٤٥ كحد أعلى بالنسبة للمادة الجافة

تتوضع معظم المواد غير السكرية (حوالي ٨٠%) على سطح البلورات ، ومن السهولة إزالتها بعملية الصويل ، وتجدر الإشارةِ إلى أنه يُعتبر السكر الخامي ذو النقاوة ٩٧–٩٨ % جيد النوعية في السوق العالمية ، أما ذو النقاوة ٩٦ % وما دون فيعتبر متدني النوعية .

تؤثر المؤشرات المذكورة وكذلك بعض المؤشرات الأخرى على سير العملية التصنيعية (التكرير) بأشكال مختلفة :

- الاستقطاب :

يُعتبر هذا المؤشر من أهم المؤشرات التي يتم بواسطتها تقييم نوعية السكر الأحمر الخامي أثناء الشراء والتصنيع ، واستنادا إليه يتم حساب المردود النظري E في مختلف الدول وفق العلاقات التالية (المردود هو النسبة المئوية للسكر الأبيض الناتج عن تصنيع ١٠٠ كغ من السكر الخامي):

- **في فرنسا :**

يُحسب المردود النظري E بإحدى العلاقتين التاليتين :

$$E\ \% = P\ \% - 5A\ \%$$

$$E\ \% = P\ \% - 5A\ \% - Inv\ \%$$

- **في هولندا :**

$$E\ \% = p\ \% - 5A\ \% - 2\ Inv\ \%$$

- **في بريطانيا :**

$$E\ \% = P\ \% - 3A\ \% - 2\ Inv\ \%$$

- **في بعض البلدان الأخرى :** يتم حساب E بالعلاقة التالية :

$$E\ \% = P\ \% - 1{,}857Ns\ \%$$

- **في بولونيا :**

$$E\ \% = P\ \% - 5(A\% + Inv\%) - K$$

حيث :

P– الاستقطاب المباشر للسكر الأحمر الخامي % .

A– الرماد في السكر الأحمر الخامي % .

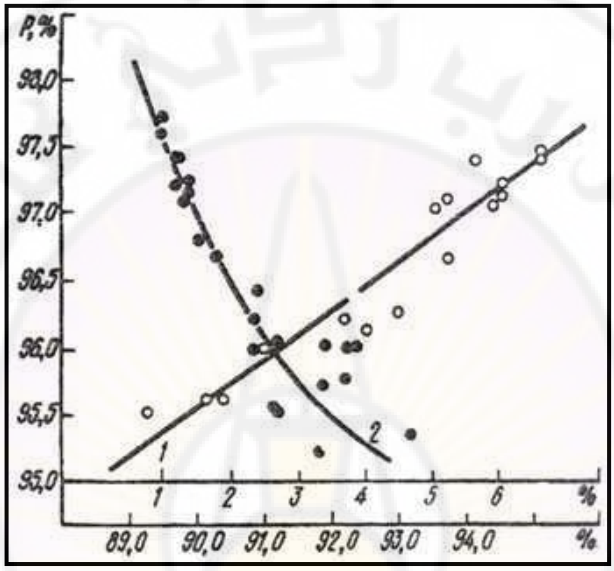
Inv– السكريات الأحادية المرجعة في السكر الأحمر الخامي % .

Ns– كمية المواد غير السكرية في السكر الأحمر الخامي % .

K– عامل يأخذ بعين الاعتبار تفاعل الوسط للسكر الأحمر الخامي ، وتعتبر قيمة هذا العامل مساوية لـ ٠,٢٥ إذا كانت قيمة pH للسكر الأحمر الخامي في المجال الحمضي وتساوي الصفر إذا كانت قيمة pH في المجال القلوي أو المعتدل، أما إذا كان محتوى السكر الأحمر الخامي من السكريات المرجعة أقل من ٠,٠٥ % فيهمل تأثيرها ، وفي هذه الحالة فإن المردود النظري يُحسب بشكل تقريبي وفق العلاقة التالية :

$$E\ \% = 2P - 100$$

يُبين الشكل (٨-٤) العلاقة بين مردود السكر الأبيض E (الخط ١) وكمية السكر في المولاس (الفاقد في المولاس) S_M المنحني(٢) ومابين استقطاب السكر الأحمر الخامي (المعطيات مأخوذة من أحد المصانع الأوروبية) .



الشكل ( ) العلاقة بين E . الخط (١) وكمية السكر في المولاس

S_m . المنحني (٢) ، تبعاً لاستقطاب السكر الأحمر الخامي في أحد المصانع الأوروبية

- الرطوبة :

تُعتبر الرطوبة كما هو معروف العامل الأساسي والمؤثر أثناء عمليات تخزين السكر الأبيض أو السكر الأحمر الخامي في المستودعات . تؤثر الرطوبة بشكل كبير على مواصفات السكر الأحمر الخامي ، حيث أنه كما هو معروف بارتفاع الرطوبة تزداد فعالية ونشاط الأحياء الدقيقة المختلفة ، مما ينعكس سلبياً على نوعية السكر الأحمر الخامي المراد تكريره (تصنيعه) .

تتركز عملياً الكمية العظمى من الرطوبة في الطبقة التي توجد على سطح البلورات ، ومن العوامل المؤثرة بشكل كبير على رطوبة السكر الأحمر الخامي وجود الكلور والكبريتات والسكريات المرجعة ، وأظهرت الأبحاث أن وجود الكلور في محتوى السكر الأحمر الخامي بكمية ٠,٠٠٤ % يؤدي إلى رفع رطوبته حتى ١,٥ % .

من المعروف أنه يتم تخزين السكر الأحمر الخامي في المستودعات التابعة لشركات السكر لفترات متباينة ، وتعتبر الرطوبة من أهم العوامل المؤثرة أثناء عملية التخزين، ويتمتع السكر الأحمر

الخامي الجيد النوعية ذو النقاوة (٩٧–٩٨%) بالثباتية العالية أثناء النقل والتخزين .

تُحدد مقدرة السكر الأحمر الخامي على التخزين لفترة طويلة بعامل يسمى عامل الأمان ويُرمز له بـ S_f، وهو عبارة عن نسبة محتوى هذا السكر من الرطوبة إلى محتواه من المواد غير السكرية، ويُعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$S_f = \frac{w}{100 - p}$$

حيث :

S_f – عامل الأمان ؛

W – الرطوبة ، % ؛

P – كمية السكروز مقدرة بطريقة الاستقطاب المباشر ،% .

يُمكن تخزين السكر الأحمر الخامي عند قيمة لعامل الأمان مساوية إلى ٠,٣٣ أو أقل بقليل لفترة طويلة دون أي تغير يُذكر في مواصفاته ، أما عندما تكون قيمة S_f أقل من ٠,٣٣ ، تتأثر مواصفات هذا السكر بشكل كبير (تنخفض كمية السكروز ويزداد التلون وترتفع الحموضة) وينبغي توجيه هذا السكر إلى التصنيع دون انتظار .

تعد في البلدان الأوروبية قيمة عامل الأمان المساوية لـ ٠,٣٠ عند استقطاب السكر الأحمر الخامي ٩٧ % قيمة حدية .

عند انخفاض قيمة عامل الأمان إلى أقل من ٠,٢٥ فإن السكر الأحمر الخامي يتجبل بسرعة

تُحدد قابلية السكر الأحمر الخامي في بعض البلدان وفق مؤشر آخر يُسمى عامل التمديد الذي يُعبر عن نسبة الرطوبة إلى المواد غير السكرية دون الرطوبة أي :

$$D_f = \frac{100W}{100 - (P + W)}$$

حيث :

D_f – عامل التمديد .

يرتبط عامل الأمان S_f وعامل التمديد D_f بالعلاقة التالية :

$$D_f = \frac{100S_f}{1 - S_f}$$

ويمكن تحديد الرطوبة العظمى المسموح بوجودها في السكر الأحمر الخامي أثناء التخزين بعد معرفة استقطاب هذا السكر باستخدام العلاقة التالية :

$$W = 0.33 \, (\, 100 - P \,)$$

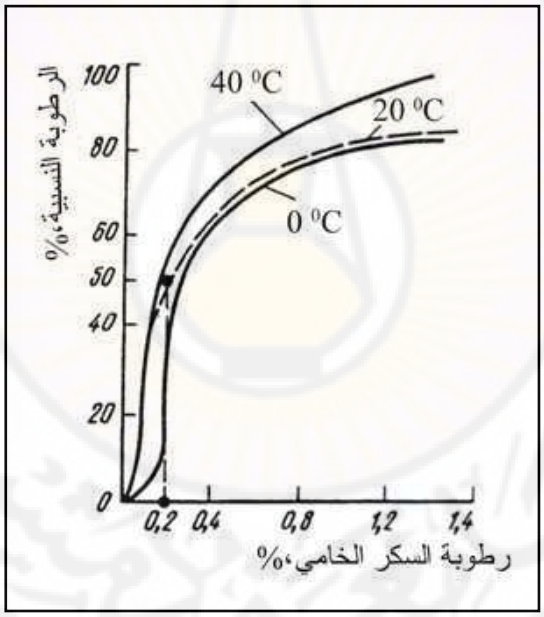
(اعتبر عامل الأمان مساوياً إلى ٠,٣٣)

ويوضح الجدول ( ) نسب الرطوبة المسموح بوجودها في السكر الأحمر الخامي تبعاً لـ استقطاب هذا السكر :

الجدول ( ) الرطوبة المسموح بوجودها في السكر الأحمر الخامي أثناء تخزينه.

الاستقطاب	٩٩	٩٨,٥	٩٨	٩٧,٥	٩٧	٩٦,٥	٩٦	٩٥	٩٤
الرطوبة %	٠,٣٣	٠,٥٠	٠,٦٦	٠,٨٢	٠,٩٩	١,١٥	١,٣٢	١,٦٥	١,٩٨

يتضح من معطيات الجدول رقم(٨-٥) بأن رطوبة السكر الأحمر الخامي المتدني النوعية يمكن أن تكون مرتفعة أثناء التخزين ، ولتحديد الرطوبة المسموح بوجودها في السكر الأحمر الخامي ومراقبة شروط التخزين بشكل أفضل ، يستخدم المخطط البياني الموضح على الشكل ( ) والذي يُبين منحنيات الرطوبة التوازنية للسكر الخامي بدرجات حرارة مختلفة .



الشكل ( ) منحنيات الرطوبة التوازنية للسكر الأحمر الخامي بدرجات حرارة مختلفة .

يمكن بواسطة هذه المنحنيات تحديد الرطوبة النسبية المثالية الواجب توفرها في مستودعات التخزين ، والتي لا يتعرض عندها السكر المخزن للتجبل .

للتخلص من ظاهرة تجبل هذا السكر المُخزن ضمن هذه المستودعات من الضروري تهوية هذه المستودعات بهواء ذو رطوبة نسبية أعلى من ٦٥ % حتى يُصبح عامل الأمان لهذا السكر في المجال ٠,٢٥-٠,٣٣ .

من الضروري التنويه بأن مفهوم عامل الأمان يُستخدم فقط عند التطرق إلى السكر الأحمر

الخامي الذي لم تتعرض بلوراته إلى عملية الغسيل ضمن النابذات ، والذي لم يتعرض إلى تأثير الأحياء الدقيقة ، أي السكر الأحمر الخامي ذو البلورات المغطاة بطبقة من المولاس ، وإذا انخفض تركيز هذه الطبقة يزداد تأثير الأحياء الدقيقة ، نتيجة لذلك تنخفض كمية السكروز ويرتفع اللون وتركيز المواد الغروية والسكريات المرجعة ، مما يؤدي إلى صعوبات كبيرة أثناء إجراء عملية تصفية الكليرا المُحضرة من هذا السكر .

ما بالنسبة لقيمة pH لمحلول السكر الأحمر الخامي المُحضر حديثاً فيجب أن تكون في المجال ٦,٢ – ٦,٥ ، وتجدر الإشارة إلى أنه تنخفض قيمة pH هذا السكر عند تخزينه في ظرف غير ملائمة ، وقد تصل أحياناً إلى ٥ – ٥,٥

ويرتفع كذلك تلونه بمقدار ثلاث أو أربع مرات .

يتعرض السكر الأحمر الخامي للتجبل إذا كانت رطوبته أقل من ٠,٣ % ، ويمكن القضاء على هذه الظاهرة بتهوية المستودع باستخدام الهواء المرطب ، ولزيادة ثباتية السكر الأحمر الخامي أثناء التخزين والنقل يتم أثناء نبذ السكر الأحمر معاملته بمحلول أوكسيد المغنزيوم بكمية ٠,٠١ % بالنسبة لوزن السكر الخامي أو بمحلول كربونات الصوديوم المشبع بالسكروز تركيز ٣ %.

يجب أن تكون المستودعات المخصصة لتخزين السكر الأحمر الخامي نظيفة وجافة وذات أرضية أسفلتية ، ومغلقة بشكل محكم وكذلك مزودة بنظام تهوية للمحافظة على رطوبة نسبية ٦٠ – ٧٠ % ، ودرجة الحرارة شتاء يجب ألا تقل عن ٥ °م تجنباً لتجبل (تكتل) السكر الخامي .

تراقب عملية تخزين السكر الأحمر الخامي في المستودعات بشكل دوري ، من خلال تحديد المؤشرات التالية :

- رطوبة السكر المُخزن ؛
- الرطوبة النسبية للهواء ضمن المستودعات .
- درجة الحرارة .

تطرأ بعض التغيرات أثناء تخزين السكر الأحمر الخامي في شروط غير مناسبة والتي تؤدي إلى تدني مواصفاته ، ومن هذه التغيرات نذكر :

١- زيادة التلون والمواد غير السكرية :

وجد بنتيجة الدراسات أنه عند تخزين سكر أحمر خامي في مستودعات مجهزة بتدفئة مركزية ، وعند درجة حرارة تتراوح من ١٨ – ٢٦°م ، ورطوبة نسبية في المجال ٢٥ – ٦٥ % ، ازداد تلون السكر بنسبة ٣١ % ، وارتفعت نسبة الآزوت الكلي ٢٨,٥ % ، والمواد الغروية ٢٠,٥ % ، أما كمية السكروز فقد انخفضت بنسبة ٠,١٦ % .

٢- تجبل السكر الأحمر الخامي :

يتجبل (يتكتل) السكر الخامي أثناء التخزين ضمن المستودعات عندما تكون رطوبته أعلى من ٠,٣ % ، خصوصا عندما يترافق ذلك مع ارتفاع درجة الحرارة ضمن المستودعات ، وتُلاحظ هذه الظاهرة في مصانع السكر السورية التي تقوم بتكرير السكر الخامي المُخزن في ظروف غير مناسبة والمعبأ ضمن أكياس، حيث يتحول محتوى هذه الأكياس إلى كتلة صلبة من السكر الخامي ، ويصعب التعامل معها .

٣- نمو الأحياء الدقيقة المختلفة :

تُلاحظ هذه الظاهرة عند ارتفاع الرطوبة النسبية ، فتزداد في هذه الحالة رطوبة السكر المُخزن حتى تصل أحياناً إلى ١,٥ % ، وتنخفض قيمة pH السكر الخامي وكذلك السكروز بكمية قد تصل إلى ٠,٣ % ، وتزداد كمية الحموض العضوية بنسبة ٢٢,٥ % ، وكذلك الحموض الأمينية بنسبة ٩١,٦% ، والآزوت الكلي بنسبة ١٩ % ، أما المواد الغروية فتزداد بنسبة ٥١,٤ % .

عند تحديد كمية ونوعية الأحياء الدقيقة على بلورات السكر الأحمر الخامي الكوبي المُخزن لمدة ٨ أشهر (ذو عامل أمان ٠,٢٤) تبين أنها كانت كالتالي : ٨٠ % عُصيات متُبوغة و ٢٠ % مُكورات ، أما الأحياء الدقيقة المحبة للحرارة ، فقد وجد أنها تتألف من Actinomyes بكمية ٦٠ % وعُصيات متُبوغة بكمية ٤٠% ، والخمائر كانت قليلة جداً ، وتعُتبر الكمية الإجمالية للأحياء الدقيقة في السكر الأحمر الخامي ليست كبيرة ، فقد وجد أن كمية الأحياء الدقيقة الموجودة في ١٠غرام سكر خامي تتراوح من ١٣٠٠- ١٨٠٠ غير مُحبة للحرارة ومن ١٠٠٠ – ١٤٠٠ محبة للحرارة .

- اللون :

يُعد لون السكر الأحمر الخامي الداخل إلى خطوط التصنيع أحد المؤشرات الهامة التي تُعبر عن نوعية هذا السكر ، وتؤدي زيادة التلون إلى صعوبات كبيرة في التصنيع ، مما يتطلب استهلاك كميات كبيرة من المواد المستخدمة لامتزاز اللون مثل الفحم الفعال والمبادلات الشاردية ، وفي بعض الأحيان يتم الحصول على سكر أبيض ذو تلون مرتفع على الرغم من استخدام المواد المذكورة ، ويحدث هذا عندما ترتفع درجة تلون السكر الخامي المُصنع ، وتجدر الإشارة إلى أنه تتشكل كميات كبيرة من المواد الملونة أثناء العمليات التصنيعية .

القسم الأساسي من المواد الملونة الموجودة في السكر الأحمر الخامي هي عبارة عن مزيج معقد من المواد الآزوتية التي تحتوي في تركيبها على عدد من الحموض الأمينية ، يصل عددها إلى ١١ حمضاً أمينياً ، وتتميز بارتفاع وزنها الجزيئي الذي يتراوح من ٧٠٠ وحتى ٣٠٠٠ ، أما القسم الآخر من المواد الملونة فيتشكل أثناء مراحل التصنيع المختلفة ، وتلعب السكريات الأحادية التي تحتوي على مجموعة كربونايلية (كيتونية أو ألدهيدية) دوراً كبيراً في تشكيل هذه المواد، وذلك

بتفاعلها مع المواد الآزوتية وتشكيل ما يسمى بالميلانيويدينات .

– المواد غير السكرية :

تتألف المواد غير السكرية الموجودة في السكر الأحمر الخامي إضافة إلى المواد الملونة المذكورة أعلاه من المركبات التالية :

– مواد عضوية مختلفة .

– الرماد (المركبات المعدنية) .

– سكريات مرجعة ، تتألف بشكل رئيسي من الغلوكوز والفركتوز .

المواد العضوية المختلفة : وتشمل بالدرجة الأولى مواد غروية ، حيث تتراوح كمية هذه المواد في السكر الأحمر الخامي الكوبي من ٠,٦ % وحتى ١,٦ % بالنسبة لوزن المواد غير السكرية وتتألف من : البروتينات والبنتوز والسكريات المعقدة ، والمواد الدسمة ، والشموع والصموغ المختلفة ، وعلى الرغم من الكمية القليلة للمواد البروتينية في محتوى السكر الخامي ، إلا أن هذه الكمية تؤثر بشكل كبير ، حيث تزيد من ثباتية المواد الغروية وانحلاليتها أثناء مراحل التصنيع المختلفة ، لذلك فإن هذه المواد تؤثر سلبياً على نوعية المنتجات المرحلية ، وتُعتبر كمية البنتوز والسكريات المعقدة قليلة ، إلا أن هذه المركبات لا يمكن التخلص منها أثناء عمليات التنقية ، ويؤدي وجودها إلى رفع لزوجة المحاليل السكرية ، ويبقى قسم كبير منها في الكليرا ليتراكم في نهاية المطاف في المولاس.

–من السكريات المعقدة التي توجد في السكر الخامي : النشاء ، البكتين ، الديكستران والأرابان ، ، ويعزى وجود الديكستران لنشاط الأحياء الدقيقة من نوع L- Dextronieum ، و leuconstoc Mesentroides ، التي تنمو وتنشط على نبات القصب عند وجود ظروف ملائمة ، فعند تصنيع قسم من هذا القصب ينتقل قسم من الديكسترينات إلى السكر الأحمر الخامي، يؤدي وجوده كما هو معروف بدون أي شك إلى صعوبات كبيرة أثناء التصنيع ، وخاصة عند التصفية والبلورة ، أما البكتين الذي يتواجد أيضاً بكميات قليلة فيؤثر على سير العمليات التصنيعية ، حيث يرفع من لزوجة المحاليل .

تصل كمية النشاء في محتوى السكر الخامي أحيانا إلى ٠,٧ % ، ويُعتبر النشاء من المركبات التي تؤثر سلبياً على عمل محطة التصفية ، ومن الصعب التخلص منه أثناء عمليات التنقية المختلفة .

الرماد (المركبات المعدنية) : يتراوح محتوى السكر الخامي من الرماد ٠,٤–٠,٥٥ % وأحياناً قد يصل إلى ٠,٧–٠,٨ % ، وتتألف المواد المعدنية بشكل أساسي من أكاسيد الكالسيوم والمغنزيوم وكلوريدات وكبريتات هذه المعادن ، وفي كثير من

الأحيان ثنائي أوكسيد السيليسيوم ، وتلعب المركبات المعدنية كما هو معروف دوراً مؤثراً على سير العملية التصنيعية حيث يؤدي وجودها إلى رفع لزوجة الشرابات السكرية ومن ثم إلى صعوبات في محطة البلورة (أملاح الكالسيوم مثلاُ) ، وبشكل عام فإن معظم المعادن أو المركبات المعدنية تقوم بدور كبير في رفع نسبة الفاقد من السكر في المولاس ، علماً أن ارتفاع نسبة SiO_2 تؤدي إلى صعوبة في عمليات التصفية .

. **الناقلية الكهربائية** : تعود الناقلية الكهربائية لمحلول السكر الأحمر الخامي إلى وجود المواد غير السكرية وبخاصة محاليل الحموض الضعيفة والأسس القوية ، لا تتعلق الناقلية النوعية الكهربائية لمحاليل السكر الأحمر الخامي عند قيمة pH في المجال ٣ – ٩ بتركيز شوارد الهيدروجين ، أما عند انخفاض قيمة pH الوسط إلى أقل من ٣ فتنخفض بشدة ، نتيجة لارتفاع درجة تشرد الكهرليتيات ، وكذلك بسبب إعادة امتزاز بعض الشوارد على سطح الجزيئات الغروية المُتخثرة في الوسط الحمضي .

السكريات المرجعة : السكريات المرجعة في صناعة السكر عبارة عن مزيج من الغلوكوز والفركتوز المتواجدين بكميات مختلفة (تكون عادة كمية الغلوكوز أكبر من كمية الفركتوز) ، وقيمة استقطاب السكر الأحمر الخامي تتأثر وبشكل كبير بمحتواه من السكريات المرجعة وخصوصا ًإذا كانت كمية هذه السكريات كبيرة (أكثر من ١%) ، وتختلف طرق التنقية تبعا لنسب السكريات المرجعة وتعرف طريقتان :

. **الأولى** : وهي الشائعة ، وتعتمد على عدم تفكيك (تحطيم) السكريات المرجعة خلال العمليات التصنيعية وإبقائها بشكل كامل لتتراكم في المولاس ، لتطبيق هذه الطريقة والوصول إلى النتائج المذكورة تتم معالجة الكليرا بماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ وبغاز الإشباع بشكل متزامن (بنفس الوقت – تتم إضافة ماءات الكالسيوم والمُعالجة بغاز الإشباع) ، pH الكليرا المعالجة بهذه الطريقة يكون بحدود ٨–٨,٥ ، وكمية أوكسيد الكالسيوم المستهلكة عند استخدام هذه الطريقة ٠,٣ % بالنسبة لوزن السكر الأحمر الخامي .

. **الثانية** : تعتمد الطريقة الثانية على إضافة كمية كبيرة من $Ca(OH)_2$ حيث يتم تفكيك (تحطيم) القسم الأعظم من السكريات المرجعة ومن ثم المعالجة بغاز الإشباع – المركبات الناتجة تُمتز بشكل جيد على سطح الراسب المتشكل أي على سطح $CaCO_3$ ، ولكل طريقة من هذه الطرق ايجابيات وسلبيات :

١) فمن ايجابيات الطريقة الأولى : الاستخدام اللاحق للسكريات المرجعة الموجودة في المولاس بكميات كبيرة والاستفادة منها في صناعات أخرى (الكحول ، الخميرة ... إلخ) ، إضافة لذلك فإن نقاوة المولاس الناتج عند إتباع هذه الطريقة تكون منخفضة (بحدود ٤٦ %) ، وهذا يؤدي إلى انخفاض الفاقد من السكر في المولاس ، نظراً لأن وجود هذه السكريات يؤدي إلى خفض انحلالية السكروز (العامل المولاسي للسكريات المرجعة ذو قيمة سالبة) .

٢) من ايجابيات الطريقة الثانية : أنه يتم التخلص من قسم كبير من المواد غير السكرية (السكريات المرجعة و المركبات العضوية المختلفة وكذلك بعض المواد الملونة) ، نتيجة لتأثير القلوية المرتفعة ولامتزاز المواد والمركبات المتشكلة على سطح بلورات $CaCO_3$ ، لذلك فإن تلون الشرابات الناتجة عند استخدام هذه الطريقة منخفض ، ولا يوجد خطورة من زيادة تلونها نتيجة للتأثير الحراري اللاحق ، إلا أن استخدام هذه الطريقة يؤدي إلى تفكيك القسم الأعظم من السكريات المرجعة ، والتي تُعتبر إضافة إلى السكروز مركبات هامة جداً لصناعات أُخرى كصناعة الخميرة والكحول وغير ذلك .

وخلاصة القول أن السكريات المرجعة تلعب الدور الهام أثناء عمليات تكرير السكر الأحمر الخامي .

– شكل وحجم البلورات :

يؤثر شكل وحجم بلورات السكر الأحمر الخامي في عملية الصويل ، فالبلورات ذات الحجم الكبير يتم تصويلها وغسلها بالماء فيما بعد بشكل سهل ، أما إذا احتوت كمية من السكر الخامي على خليط من بلورات كبيرة وصغيرة الحجم ، فإن عملية الصويل تصبح صعبة ، نظراً لأن البلورات الصغيرة تشغل الفراغ الموجود بين البلورات الكبيرة ، مما يؤدي إلى انحلال البلورات الصغيرة عند عملية الغسيل بالماء و عدم إنجاز عملية الصويل بالشكل المناسب .

عملياً يجب أن تكون بلورات السكر الأحمر الخامي المورد إلى مصانع السكر مُتجانسة ومنتظمة الحواف ما أمكن لتسهيل عملية الصويل اللاحقة ، وقد أظهرت كثير من البحوث التي أُجريت ،على أنه كلما كانت البلورات كبيرة ومتجانسة كلما أصبحت عملية الصويل أكثر فعالية .

ومن الأمور الأخرى المؤثرة على مواصفات السكر الأحمر الخامي وعلى سير العملية التصنيعية نذكر :

أ – قابلية التصفية :

يتعلق هذا المؤشر بعدة عوامل كما هو معروف ، وضمن العوامل المؤثرة محتوى محلول السكر

الخامي من المركبات المختلفة التي تتواجد أحياناً في هذا السكر .

كما ذُكر سابقاً يُمكن أن يحتوي السكر الخامي على النشاء وبعض المركبات الأخرى التي تُعيق عملية التصفية كالمواد البكتينية والبنتوزات ، الديكستران الآرابان ، ومن المركبات التي تؤثر على قابلية التصفية أيضاً نذكر خامس أوكسيد الفوسفور P_2O_5 وثنائي أوكسيد السيليسيوم SiO_2 . يدخل أوكسيد السيليسيوم ضمن بلورات السكر وز أثناء عملية التبلور ، وتتراوح كمية SiO_2 في السكر الأحمر الخامي حوالي ٠,٠١–٠,٠٢٥ % ، أما P_2O_5 فتصل كميته حتى٠,٠١ %.

يؤدي ارتفاع تركيز هذه المركبات في السكر الأحمر الخامي إلى انخفاض قابلية (المقدرة) على التصفية بشكل خطي .

ومن المركبات المختلفة التي تؤثر سلبياً على قابلية التصفية الشموع المختلفة الموجودة في محتوى السكر الأحمر الخامي التي يمكن أن تصل كميتها حتى ٠,٠١ % .

ب– تفاعل الوسط :

يكون pH الوسط لمحلول السكر الأحمر الخامي عادة حمضي ضعيف أو قريب من المعتدل ، وتتراوح قيمته غالبا ٦,٢–٦,٥ .

إلا أنه عند التخزين في شروط غير مناسبة وبوجود ظرف ملائمة لنمو الأحياء الدقيقة المختلفة ، فإن قيمة pH الوسط لهذا السكر يمكن أن ينخفض نتيجة لنشاط الأحياء الدقيقة المُختلفة .

ويؤخذ هذا المؤشر في بعض البلدان بعين الاعتبار عند تقييم السكر الأحمر الخامي الوارد إلى المصانع ، وكذلك عند حساب مردود السكر الأبيض (E) في بعض الدول مثل بولونياً .

–تكرير السكر الأحمر الخامي :

إن أنظمة تكرير السكر الخامي في العالم متعددة ومتنوعة ، وهناك المصانع المتخصصة بتكرير السكر الخامي (تقام هذه المصانع عادة على السواحل) ، وهناك مصانع تقوم بتكرير السكر الأحمر الخامي في الفترة الواقعة ما بين دورتي شوندر متلاحقتين (تتخلل دورة تصنيع الشوندر ودورات التكرير عمليات صيانة قصيرة) ، وكما ذكر فإن أنظمة التكرير تختلف من مصنع لآخر ، ففي بعض المصانع تتم إذابة السكر الأحمر الخامي مباشرة والحصول على ما يُسمى بـ **الكليرا** ومن ثم تتم مُعالجة هذه الكليرا بماءات الكالسيوم وغاز الإشباع ، أي بدون إجراء عملية الصويل للسكر الخامي ، وهناك المصانع التي تُجرى فيها عملية الصويل ، وتختلف مصانع تكرير السكر الخامي أيضاً تبعاً لمحطة البلورة ، فهناك المصانع التي تعمل بنظام ثلاث طبخات (نظام حديث) ، ويوجد أيضاً المصانع التي تعمل بنظام الأربع أو الخمس أو الست طبخات .

يتم التكرير بإتباع أنظمة أو مُخططات تكرير مختلفة ، فمنها ما يبدأ عملية التكرير من المرحلة التي لم يتم إجراؤها في مصانع قصب السكر عند نبذ السكر ، والتي تتمثل في غسيل البلورات

السكرية وإزالة طبقة الشوائب والمركبات الملونة الموجودة على سطحها ، فمن المستحيل التخلص من هذه الطبقة بعملية النبذ والغسيل اللاحق بالماء ضمن النابذات ، لهذا السبب تبدأ عملية تكرير السكر الأحمر الخامي في معظم مصانع التكرير من عملية الصويل .

يمكن تصنيف هذه الأنظمة أو المخططات وفق التالي :

. **نظام التكرير المعتمد على استخدام عملية صويل السكر الخامي**

(وهو النظام المتبع في شركتي سكر حمص والغاب) .

. **نظام (مُخطط) التكرير دون استخدام عملية الصويل لهذا السكر** .

وتبعاً لعدد **مراحل التبلور** في محطة البلورة ، تُصنف أنظمة التكرير إلى :

. **نظام أو مخطط التكرير ذو الثلاث طبخات** ، وهو نظام اتبع حديثاً .

. **نظام التكرير ذو الأربع أو الخمس أو الست طبخات**

(يُتبع في شركة في شركتي سكر حمص والغاب نظام الست طبخات) .

- أنواع السكر الأبيض المنتج :

يُنتج عالمياً نوعان من السكر الأبيض :

سكر أبيض بنقاوة ٩٩,٧٥ % ، ودرجته اللونية ٦٠ وحدة إيكومزا كحد أقصى، ويُسمى **سكر أبيض عادي** .

سكر أبيض عالي النقاوة ، حيث تكون نقاوته ٩٩,٩٠ %، ودرجته اللونية أقل من ٦٠ وحدة إيكومزا ، ويكون على شكل مكعبات أو على شكل بلورات ويُسمى **سكر أبيض مُكرر** .

من الضروري الإشارة إلى أنه لا يُمكن استخدام نظام التبلور ذو الخمس أو الست أو السبع طبخات عند تكرير السكر الأحمر الخامي في مصانع السكر التي تقوم بتصنيع الشوندر السكري والمُجهزة بمحطة بلورة تعمل بنظام الثلاث الطبخات، وعادة ما يتم العمل في محطة التنقية في تلك المصانع بطريقة تفكيك أكبر كمية مُمكنة من السكريات المرجعة الموجودة في محتوى هذا السكر ، حيث تُمتز نواتج تفكك هذه السكريات على سطح الراسب $CaCO_3$ المتشكل أثناء عملية الإشباع بغاز CO_2 ، مما يسمح بالحصول على كليرا ذات تلون مُنخفض ، وعلى سكر أبيض جيد النوعية .

تتعلق نقاوة المولاس المشبع بالدرجة الأولى بالمحتوى من المواد الصلبة وكذلك بعامل الإشباع ، وتُحسب بالعلاقة التالية:

$$q = \frac{\alpha'.S(100 - Br).100}{Br}$$

حيث :

q . نقاوة المولاس المشبع % .

S . انحلالية السكروز في المحاليل النقية (الماء) عند درجة حرارة النبذ مقدرة بـ غ سكروز / غ ماء .

α' . عامل الإشباع .

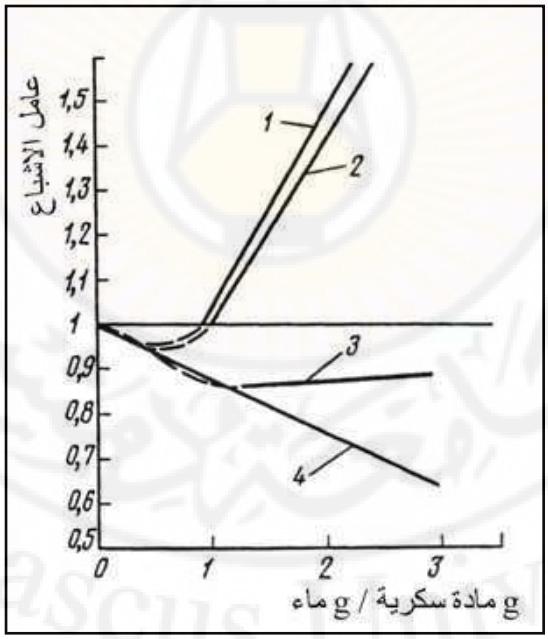
Br . النسبة المئوية للمواد الصلبة (الجافة) للمولاس أثناء عملية النبذ % .

تتعلق قيمة عامل الإشباع للمولاس بنوعية وكمية المواد غير السكرية الموجودة أصلاً في المادة الأولية التي يتم استخلاص السكروز منها ، التي تتأثر بالظروف الجوية المناخية السائدة أثناء فترات نمو النبات (شوندر سكري ، قصب سكر) ، وبالأسمدة المُضافة وبمستوى الخدمات المقدمة للمحصول ، وكذلك بنظام التنقية المستخدم في مصانع السكر ، وهذا ما توضحه المنحنيات على الشكل (٨-٦) الذي يبين علاقة عامل الإشباع بتركيز المواد غير السكرية للمولاس الناتج عن :

. تصنيع الشوندر السكري .

. تصنيع قصب السكر .

. تكرير السكر الأحمر الخامي .



١-عند تكرير السكر الأبيض .

٢- عند تصنيع الشوندر السكري.

٣ – عند تكرير السكر الأحمر الخامي .

٤- عند تصنيع قصب السكر .

الشكل ( ) علاقة عامل الإشباع بـ A للمولاس الناتج

حيث:

A – نسبة المواد غير السكرية إلى الماء مقدرة بـ غ مادة غير سكرية/ غ ماء.

$$A = \frac{Br - Pol}{100 - Br}$$

حيث :

Br - Pol : النسبة المئوية للمواد غير السكرية في المولاس المشبع % .

100 – Br : النسبة المئوية للماء في محتوى المولاس المشبع % .

يتضح من الشكل ( ) إن قيمة عامل الإشباع للمولاس الناتج عن تصنيع قصب السكر تنخفض بارتفاع تركيز المواد غير السكرية ، والتي تُشكل بمعظمها السكريات المرجعة، وقد وجد أن عامل الإشباع للمولاس الناتج عن تصنيع قصب السكر بدرجة حرارة ٤٠ °م يمكن تحديده بالعلاقة التالية :

$$\alpha' = 1- 0.16\ I$$

حيث :

I – تركيز السكريات المرجعة مُعبراً عنها بـ غ سكر مرجع / غ ماء .

وبشكل عام يمكن التعبير عن عامل الإشباع للمولاس الذي يحتوي على كميات كبيرة من السكريات المرجعة بالعلاقة التالية :

$$\alpha' = 1-mI$$

حيث :

m – عامل خفض انحلالية السكروز بوجود السكريات المرجعة .

لهذا السبب ، فإن نقاوة المولاس الناتج عن تصنيع قصب السكر تكون دائماً منخفضة وتساوي إلى ٤٠ % تقريباً .

أما المولاس الناتج عن تكرير السكر الأحمر الخامي فيحتوي على كميات أقل من السكريات المرجعة في المولاس الناتج عن تصنيع قصب السكر ، لذلك فإن نقاوته تكون أعلى من نقاوة المولاس الناتج عن تصنيع قصب السكر ، وأقل من نقاوة المولاس الناتج عن تصنيع الشوندر السكري ، حيث أن قيمة عامل الإشباع تنخفض في البداية حتى ٠,٨٥ تقريباً (أنظر الشكل رقم ٨-٦ – المنحني ٣) ، ومن ثم تثبت عند هذه القيمة .

- تكرير السكر الأحمر الخامي في المصانع المتخصصة :

تشمل عمليات التكرير في المصانع المتخصصة بتكرير السكر الخامي المراحل المتتالية:

- الصويل والإذابة .
- التنقية (التكليس + الكربنة + التصفية) .
- البلورة (الطبخ) والنبذ والتجفيف .

علماً أنه توجد مصانع لا تجري عملية الصويل للسكر الخامي .

- **الصويل :**

إن بلورات السكر الأحمر الخامي مغطاة بطبقة ذات نقاوة منخفضة ، تتركز فيها الكمية العظمى من المواد غير السكرية ، والطريقة المُثلى للتخلص من هذه الطبقة ورفع نقاوة السكر الخامي وخفض تلونه هي تعريضه لعملية الصويل ، والتي هي عبارة عن عملية إزالة القسم الأكبر من الشوائب (المواد غير السكرية) من سطح بلورات السكر الخامي دون إذابة هذه البلورات .

تتلخص عملية الصويل بحل الجزء الأكبر من المواد غير السكرية الموجودة على سطح البلورات في شراب الصويل ، إذ أنه نتيجة للفرق بين تركيز المواد غير السكرية في الطبقة المحيطة بالبلورات وشراب الصويل فإن جزءاً من المواد غير السكرية ينتقل من هذه الطبقة إلى الشراب ، إضافة لذلك فإن استخدام شراب الصويل ذي التركيز المناسب أثناء تنفيذ هذه العملية يجعل هذه الطبقة أكثر ليونة وطراوة ، مما يؤدي وبشكل سهل إلى إزالة قسم منها أثناء عملية النبذ ، وبذلك تصبح هذه الطبقة أقل ثخانة .

عملياً تُجرى عملية الصويل للسكر الخامي وفق التالي :

يتم خلط بلورات السكر الأحمر الخامي بمحلول (شراب) سكري ذو نقاوة أعلى من نقاوة الطبقة المحيطة بالبلورات ضمن خلاط ، يُسمى خلاط الصويل ، ويسمى الشراب بشراب الصويل ويجب أن يكون ذو تركيز مناسب (مشبع) تجنباً من إذابة البلورات السكرية نفسها ، ونحصل بنتيجتها على كتلة اصطناعية تُسمى كتلة الصويل ، وبعد الخلط الجيد يتم نبذ هذه الكتلة ، والحصول على السكر المصول وشراب الصويل الذي يُستخدم قسم منه في عملية الصويل (يتم تدويره)، أما القسم المتبقي فيتم ضخه ليستخدم مع شراب آخر في تحضير كتلة (طبخة) مُتبلورة ينتج عنها سكر أحمر ، ويخضع هذا السكر للإذابة أو للصويل فيما بعد ، وذلك حسب الخط التكنولوجي المتبع في المصنع ، وتجدر الإشارة إلى أنه يتم في معظم مصانع السكر تقسيم شراب الصويل إلى قسمين : شراب الصويل الفقير يوجه عادة إلى تحضير الطبخة (الكتلة) ذات النقاوة المطابقة لنقاوته ، أما شراب الصويل الغني فيُعاد إلى خلاط الصويل نفسه .

لإجراء عملية الصويل بشكل يحقق الهدف المرجو منها ، من الضروري التقيد بالتعليمات التالية :

- كمية السكر الأحمر الخامي ٥٥ – ٦٥ % .
- كمية شراب الصويل المُضافة ٣٥ – ٤٥ % .
-نسبة المواد الصلبة (الجافة) المنحلة في شراب الصويل ٦٥ – ٧٥ %
(تبعاً للنقاوة ودرجة الحرارة) .
- درجة حرارة شراب الصويل ٧٥ – ٨٠ °م .
- زمن عملية الصويل = ١٠ – ٢٠ دقيقة .

تُضاف الكمية المُحددة من شراب الصويل المُسخن مُسبقاً حتى درجة حرارة حوالي ٧٥°م إلى السكر الخامي (وفق النسب المحددة) ، وتتم عملية الصويل في خلاط صويل السكر الخامي ، وهو عبارة عن حوض أُفقي وبداخله يوجد محور تتوضع عليه أذرع تحريك ، عدد دورات هذا المحور ٣٠ –٤٠ دورة/دقيقة لضمان عدم ترسب بلورات السكر في قاع الخلاط ، كما يوجد ضمن الخلاط مجموعة من العوارض التي تقسمه إلى عدة أقسام ، ويتم فرز (نبذ) الكتلة الاصطناعية المتشكلة والحصول على سكر الصويل وشراب الصويل .

ترتفع نقاوة السكر نتيجة لعملية الصويل من ١ . ١,٥ درجة ، حيث تُزال الكمية العظمى من المواد الملونة ، و ينخفض اللون بمعدل ٤٠٠ % تقريباً ، مما يُحسن من ظروف المعالجة اللاحقة للسكر .

يتعلق عمل محطة صويل السكر الخامي بالدرجة الأولى بشكل وحجم البلورات ، فعندما تكون البلورات أكبر حجماً وأكثر تجانساً ، تتم عملية الصويل بشكل أفضل .

يُذاب السكر المصول بمياه غسيل المصافي (درجة حرارة هذه المياه تكون عادة تقريباً ٦٠ °م) حتى الوصول إلى تركيز ٥٨ – ٦٠ % وتُرفع قلويته بإضافة محلول Na_2CO_3 أو محلول ماءات الكالسيوم الممدد .

– إزالة الشوائب :

يحتوي السكر المصول على كمية من الشوائب المختلفة (بقايا الخيوط ، أتربة ، أوساخ متنوعة ، قطع متحجرة) ، يتم التخلص منها باستخدام مصافي معدنية هزازة .

– المخططات التكنولوجية للتكرير :

يشمل المخطط التكنولوجي لعملية تكرير السكر الأحمر الخامي ، التي تنتج سكر أبيض عالي النقاوة على شكلين (مكعبات وعادي) محطة البلورة التي تتألف من سبع طبخات ، يتم الحصول فيها من الطبخات ١، ٢ ، ٣ ، ٤ على السكر الأبيض (على شكل مكعبات وسكر أبيض مُكرر وبودرة) ، أما السكر الأحمر فيتم الحصول عليه من الطبخات ٥ – ٧ ، حيث يُذاب ويُعاد إلى الخط

الإنتاجي (التصنيعي) .

تبدأ عملية التصنيع من صويل السكر الأحمر الخامي والحصول على سكر الُصويل ، وتحضير الكليرا ، ومن ثم المُعالجة بماءات الكالسيوم وبغاز الإشباع ، والتصفية ، والسلفنة للتخفيف من اللون ، والتصفية الثانية ، ويتم بعد ذلك إزالة لون الكليرا وضخها إلى محطة البلورة والنبذ ، حيث يتم الحصول على سكر أبيض مُكرر من الكتلة (١) .

قلوية الشراب بعد عملية التكليس ٠,٨–١,٢ % CaO ، وبعد الكربنة ٠,٠١٥–٠,٠٢٥ % CaO ، وكمية أوكسيد الكالسيوم المستهلكة ١,٣– ١,٨ % ، pH_{20} الشراب بعد عملية الكربنة ٧ – ٧,٢ .

يُستخدم لإزالة لون الكليرا المُحضرة للكتل (١) ، (٢) ، (٣) الفحم الفعال ، ويتم الحصول بعد نبذ الكتلة (١) على سكر مكرر على شكل بلورات ، أما من الكتل (٢) ، (٣) فيتم الحصول على سكر بشكل مكعبات .

تتم إزالة لون الشراب الفقير الناتج عن نبذ الكتلة (٣) بالفحم الفعال ، ويُستخدم هذا الشراب لتحضير الكتلة (٤) ، وبعد نبذ هذه الكتلة يتم الحصول على شراب يُستخدم لعملية صويل السكر الخامي ، أما السكر الناتج عن نبذ الكتلة (٤) فيتم طحنه وتنعيمه وتعبئته على شكل بودرة .

يُذاب السكر الناتج عن نبذ الكتلة (٥) ، ومن ثم يُعالج بماءات الكالسيوم وغاز CO_2 في أجهزة التكليس والكربنة مع السكر المصول .

تتم تنقية السكر الناتج عن نبذ الكتلة (٦) في جهازي تكليس وكربنة منفردين وكذلك المعالجة بـ غاز SO_2 ، ومن ثم يزال اللون بالفحم الفعال ، ويضخ هذا المحلول ليُمزج مع الشراب المخصص لتحضير الكتلة (٤) أو مع الشراب المخصص لتحضير الكتلة (٣) وذلك تبعاً للنقاوة .

يُحضر الشراب السكري المخصص لغسيل بلورات السكر الأبيض من نفايات الإنتاج (بقايا السكر الأبيض بعد عمليات التعبئة والتغليف) ، ويخضع هذا الشراب إلى عملية إزالة اللون على مرحلتين أو ثلاث مراحل ، ويُستخدم لغسيل بلورات السكر الناتج عن الكتل (١ و ٢) عند النبذ ، ولغسيل البلورات السكرية الناتجة عن الكتل (٣ و ٤ و ٥ و ٦) يُستخدم الماء الساخن .

لا تختلف عملية البلورة حسب هذا المخطط عن عملية البلورة المُتبعة عند تصنيع الشوندر السكري ، إلا أن الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية الطبخ وخاصة للطبخات التي يتم الحصول منها على سكر أبيض فهي أقصر من الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية طبخ الكتلة (١) عند تصنيع الشوندر السكري ، نظراً للنقاوة المرتفعة (القريبة من ١٠٠ %) للشرابات التي تُحضر منها تلك الكتل والتي يتم الحصول منها على السكر الأبيض عالي النقاوة .

يبين الجدول رقم (٨–٦) كمية الكتل (الطبخات) ١، ٢ ، ٣ ، ٤ محسوبة بالنسبة المئوية

لوزن السكر المُكرر الناتج .

أما مواصفات المولاس الناتج عند إتباع المُخطط المذكور فهي كالتالي :

- المواد الصلبة المنحلة ٨٢ – ٨٥ % .
- السكروز ٣٥ – ٤٢ % .
- الرماد ٧ – ١٥ % .
- النقاوة ٤٨ – ٥١ % .

الجدول ( ) كمية الكتل (الطبخات) ١، ٢ ، ٣ ، ٤ محسوبة بالنسبة المئوية لوزن السكر المُكرر الناتج .

الطبخة	الكمية
١	٨٦
٢	٦١
٣	٤٩
٤	٢٩

وكمية السكر في المولاس ١,٩ % بالنسبة لوزن السكر الأحمر الخامي ، ومردود السكر الأبيض ٩٤ % .

يمكن أن يتم تكرير السكر الخامي في مصانع السكر التي تقوم بتصنيع الشوندر السكري ، حيث يتم الحصول فيها على سكر أبيض عالي النقاوة .

من مزايا هذا المخطط نذكر :

. لا تُجرى عملية الصويل للسكر الخامي .

. يتم العمل في محطة البلورة بذظام الأربع طبخات .

. يتم في عملية التكليس الرئيسي تفكيك جميع السكريات المرجعة .

. تُجرى عملية الكربنة على مرحلتيين متتاليتين دون استخدام عملية التصفية فيما بينهما وتكون قلوية الكليرا في المرحلة الأولى مرتفعة pH..11 .

. يُضاف للكليرا بعد المرحلة الأولى للكربنة ثلاثي فوسفات الصوديوم لترسيب قسماً من الشوائب الموجودة .

. لايتم حسب هذا المخطط إعادة الشراب الفقيرالناتج عن نبذ الطبخة (١) إلى محطة التنقية (بداية الخط التصنيعي) .

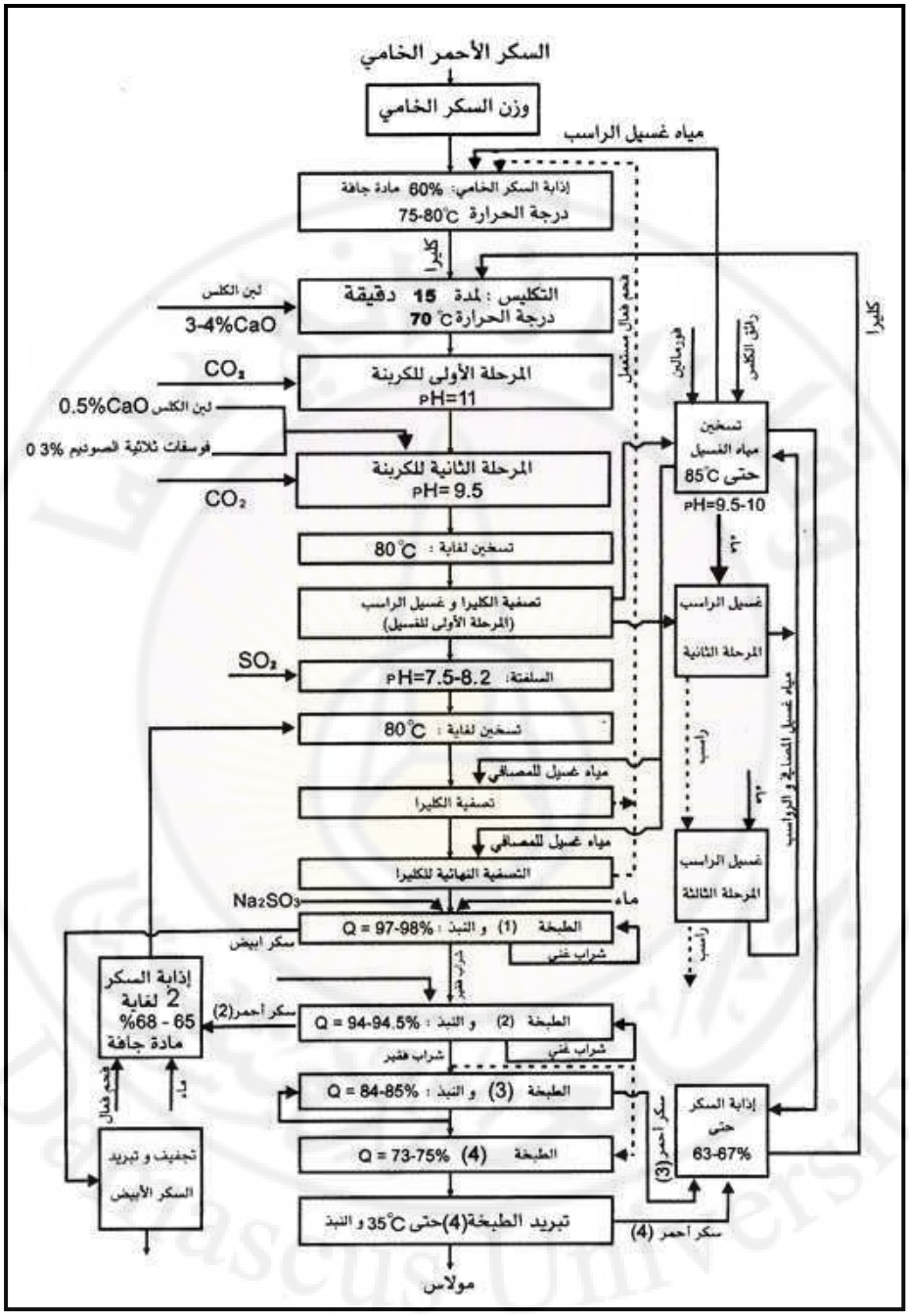
يوضح الشكل (٨–٧) المخطط التكنولوجي لتكرير السكر الأحمر الخامي بنظام الأربع طبخات للحصول على سكر أبيض عالي النقاوة .

يتم تكرير السكر الخامي حسب هذا المخطط وفق التالي :

يُذاب السكر الخامي بعد وزنه باستخدام مياه غسيل المصافي حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٦٠ % بدرجة حرارة ٧٥ – ٨٠ °م ، pH_{20} الشراب الناتج (الكليرا) تكون بحدود ٧,٢–٧,٥ ، pH_{20} المياه المُستخدمة في إذابة السكر ٩,٥ – ١٠ ، ويُضاف في خزان التذويب مُعلق الفحم الفعال ، ويتم بعد ذلك مزج هذه الكليرا مع الكليرا الناتجة عن إذابة السكر(٣) والسكر (٤) ، ومن ثم يُعالج المزيج بماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ بكمية ٣ – ٤ % CaO بالنسبة لوزن السكر الخامي لمدة ١٥ دقيقة وبدرجة حرارة ٧٠°م .

يُتبع هذا النظام أثناء إجراء عملية التكليس لتفكيك كامل كمية السكر المرجع الموجودة في السكر الخامي .

تتعرض الكليرا لعملية الكربنة على مرحلتين متتاليتين دون إجراء عملية التصفية فيما بينهما ، وتكون قلوية الكليرا بعد المرحلة الأولى لعملية الكربنة ٠,٠٨% CaO ، أما بعد المرحلة الثانية ٠,٠٣% CaO (المشعر المستخدم للمعايرة هو فينول فتاليئين) pH الكليرا بعد المرحلة الأولى للكربنة ١٠,٧ وبعد المرحلة الثانية = ٩. ٥ . تُضاف ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ قبل المرحلة الثانية للكربنة بكمية ٠. ٥% CaO محسوبة لوزن السكر الخامي ، كما يضاف ثلاثي فوسفات الصوديوم (الكمية المضافة ٠. ٣% بالنسبة لوزن السكر الخامي) ، ومن الضروري الأخذ بعين الاعتبار إلى أنه يجب إضافة ماءات الكالسيوم وثلاثي فوسفات الصوديوم بشكل منفصل ، كما يجب تدوير (إعادة) الكليرا إلى



الشكل ( ) المخطط التكنولوجي لتكرير السكر الخامي بنظام الأربع طبخات للحصول على سكر أبيض عالي النقاوة .

جهازي الكربنة بكمية ٥٠٠ –٦٠٠ % بالنسبة لوزن الكليرا باستخدام مضخات تدويرخاصة .

تُسخن الكليرا بعد إجراء عملية الكربنة حتى درجة حرارة ٨٠°م ، ومن ثم تُصفى وتُعالج بغاز

SO_2 حتى قيمة pH مساوية إلى ٧,٥ – ٨,٢ ، و يتم استخلاص السكر الموجود ضمن الراسب الناتج عن عملية التصفية على ثلاث مراحل متتالية :

- المرحلة الأولى : يُغسل الراسب في المصافي الدوارة بالماء .
- المرحلة الثانية : يتم ضخ الراسب إلى المصافي الدوارة وغسيله بالماء.
- ةالمرحلة الثالثة : يضخ الراسب بعد المرحلة الثانية أيضاً إلى المصافي الدوارة ، يُغسل بالماء حتى يُصبح محتوى السكر كحد أقصى في مياه الغسيل ٠,١٥ % بالنسبة لوزن الراسب .

يتم تجميع مياه الغسيل الناتجة في خزان ، حيث يتم تسخين هذه المياه لدرجة حرارة ٨٥ °م بهدف تعقيمها ويُضاف إليها الفورمالين وماءات الكالسيوم .

يُذاب السكر (٢) بالماء (تستغرق عملية الإذابة ٢٠ دقيقة) عند درجة حرارة ٨٢ °م ، حيث يتم الحصول عندها على كليرا بتركيز ٦٣ – ٦٧ % مواد صلبة ، من ثم يُزال اللون بواسطة الفحم الفعال (كمية الفحم الفعال المستخدمة هي بحدود ٠,٠٤ % بالنسبة لوزن السكر الخامي) .

يُسحن المزيج المؤلف من الكليرا الناتجة عن السكر الخامي وسكر(٣) ،(٤) والتي تمت مُعالجتها بغاز SO_2 ، وكذلك من الكليرا الناتجة عن إذابة السكر(٢) لدرجة حرارة ٨٠°م ، من ثم تتم التصفية على مرحلتين (أساسية ونهائية) .

يُستخدم الراسب وكذلك الفحم الفعال المستعمل الناتجان عن هاتين المرحلتين مع مياه الغسيل عند تحضير كليرا السكر الخامي .

تُحضر الطبخة (١) من الكليرا المُعالجة بغاز SO_2 حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٩٢ % ، حيث يُعطى في المرحلة الأخيرة من عملية الطبخ قسم من الشراب الغني الناتج عن نبذ الكتلة (١) . يُضاف لخفض درجة التلون كبريتيت الصوديوم بكمية ٠,٠٢– ٠,٠٢٥ % بالنسبة لوزن السكر الخامي. تستغرق عملية طبخ الكتلة (١) حوالي ٢ – ٥. ٢ ساعة ، نقاوة الطبخة (١) تكون بحدود ٩٧ –٩٨ % ، درجة حرارة الغليان ضمن أجهزة الطبخ تكون ٧٢ –٧٦ °م ، تُنبذ الطبخة (١) مباشرة بعد تفريغها من أجهزة الطبخ ، وتُغسل البلورات السكرية بالماء الساخن ذي درجة الحرارة $^{\circ}C$ ٩٣ –٩٧ . تتراوح كمية الماء المُستهلكة من ١ – ١,٥ % بالنسبة لوزن الكتلة (١) .يتم فصل الشرابات عن بعضها (غني وفقير) بحيث تكون درجة تلون الشراب الغني مساوية لدرجة تلون الكتلة (١) أو أقل .

يُجفف السكر الأبيض الناتج ويُبرد ثم تتم تعبئته ويّعتبر سكراً عالي النقاوة ، وتُحضر الكتلة (٢) من الشراب الفقير الناتج عن نبذ الكتلة (١)، ومن الشراب الغني الناتج عن نبذ الكتلة (٢) حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٩٢ –٩٢,٥ % .

يتم بعد ذلك النبذ والحصول على شرابين . الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية تحضير الكتلة(٢) تكون بحدود ٤ – ٥. ٤ ساعة . نقاوة هذه الكتلة ٩٤ – ٥. ٩٤ % ، درجة حرارة الغليان ^{o}C ٦٨ – ٧٢ .

تُحضر الكتلة (٣) من الشراب الفقير الناتج عن نبذ الكتلة (٢) ومن قسم من الشراب الناتج عن نبذ هذه الكتلة ، بحيث تكون نقاوة هذه الكتلة بحدود ٨٤ –٨٥ % ، ونقاوة الشراب الناتج عنها حوالي ٧٢ – ٧٣ %. كمية المواد الصلبة المنحلة في الكتلة (٣) تكون بجدود ٩٣ – ٩٤ % ، الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية الطبخ حوالي ٦ساعات ، درجة حرارة الغليان ^{o}C ٦٦ –٧٠ .

يتم نبذ هذه الكتلة مباشرة بعد تفريغها من جهاز الطبخ ، كما أنه لايتم غسيل بلورات هذه الكتلة ضمن النابذات ، ويتم تحضير الكتلة (٤) من الشراب الناتج عن نبذ الكتلة (٣) حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٩٤ – ٩٥ % ، يؤخذ عند الضرورة لتشكيل البلورات أثناء عملية الطبخ الشراب الفقير الناتج عن نبذ الكتلة (٢) . درجة الغليان ضمن أجهزة الطبخ تكون ٦٦ – ٧٠ °م ، الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية تحضير هذه الكتلة حوالي ١٠ ساعات .

بعد التفريغ تنساب الكتلة إلى المبلورات (البرادات) ، حيث يتم التبريد لدرجة حرارة ^{o}C ٣٥ ، ومن ثم يتم التسخين لدرجة حرارة ٤٠ –٤٥ °م ، ومن ثم تتم عملية النبذ ، نقاوة الكتلة (٤) ٧٣ –٧٥ % أما نقاوة المولاس الناتج فتكون ٥٥ % كحد أقصى ، يُذاب السكر (٣ و٤) في المياه الناتجة عن غسيل الراسب في محطة التصفية ، ذات درجة الحرارة ٨٢ °م حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٦٣ – ٦٧ % .

– تكرير السكر الخامي في مصانع تصنيع الشوندر السكري :

تبدأ دورات التكرير في تلك المصانع بعد انتهاء دورة تصنيع الشوندر السكري (تُجرى عادة صيانة ميكانيكية وكهربائية قصيرة بعد انتهاء دورة تصنيع الشوندر السكري استعداداً لدورة التكرير ، كما تتخلل دورات التكريرعمليات الصيانة إذا كان عددها أكثر من واحدة) . قديماً عند تكرير السكر الخامي في هذه المصانع كانت تعد عملية الصويل من العمليات الضرورية ،كما وإنه نادراً مااستُخدم الفحم الفعال لإزالة لون الشرابات (الكليرا) .

يوضح الشكل (٨–٨) محطة صويل السكر الخامي ذات الأبعاد : طول ١٨م وعرض ١٥م ، وهي عادة ما تكون مُلاصقة لمستودع السكر الأحمر الخامي .

يتألف خلاط الصويل من ثلاثة أقسام (حجرات) ، يتم في القسم الأول إعطاء شراب الصويل الفقير الممدد مُسبقاً والمُسخن لدرجة حرارة ٨٠ °م . تركيز المواد الصلبة المنحلة للكتلة المصولة في القسم الأول لخلاط الصويل =٩٠% ، ولتحسين ظرف وشروط نبذ الكتلة المصولة يتم تمديد هذه الكتلة في القسم الثالث من الخلاط حتى تركيز مادة صلبة منحلة مساوياً إلى ٨٨ % وذلك

بإضافة قسم من شراب الصويل الغني . الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية الصويل بحدود ٢٥ – ٣٠ دقيقة .يبين الشكل (٨–٩) مراحل تكرير السكر الخامي في معامل تصنيع الشوندر السكري للحصول على السكر الأبيض العادي .

الشكل رقم (٨–٩) مراحل عملية تكرير السكر الخامي في معامل تصنيع الشوندر .

يُنقل السكر الخامي المصول بعد النابذات بواسطة سير ناقل حلزوني إلى خزانات التذويب (عدد ٢) ، حيث يُذاب هذا السكر بالماء الساخن خلال ٢٥ دقيقة ، ويضبط في هذه المرحلة تركيز الكليرا ودرجة الـ pH .

تُضاف عند حصول توقفات في الخط التصنيعي ، وبقاء الكليرا في خزانات الإذابة لفترة طويلة ، ماءات الكالسيوم لرفع قيمة الـ pH تجنباً للتلوث الميكروبيولوجي مع إضافة الفورمالين كمادة مُعقمة بشكل دوري (مرة في الوردية) إلى خزانات الإذابة .

تبدأ عملية التكرير حسب هذا المخطط بصويل السكر الخامي ، حيث ترتفع نقاوة السكر من ٩٧,٥ % ، لتصبح بحدود ٩٩ % .

يتم تحضير الطبخة (١) من مزيج كليرا السكر الخامي ومن الكليرا الناتجة عن إذابة السكر ٣ ، ٤ وصويل السكر ٥ ، المُعالجة بلبن الكلس وبغاز الإشباع ومن ثم بغاز SO_2 ، ومن الكليرا المحضرة من سكر ٢ والمعالجة أيضاً بغاز SO_2 .

تكون نقاوة الطبخات كالتالي :

-الطبخة (١) = ٩٨ % . - الطبخة (٢) = ٩٤ % . الطبخة (٣) =٦. ٨٨%.

-الطبخة (٤) = ٨٠ % . الطبخة (٥) = ٦. ٦٩ % .

يتم وفق هذا المخطط صويل السكر (٥) ، أما نقاوة المولاس الناتج حسب هذا المخطط فتكون ٥٤,٩ % ويمكن أن تصل إلى ٥٠ % .

ملاحظة : إذا استخدم الفحم الفعال بكمية ٠,١ – ٠,١٥ % بالنسبة للمواد الصلبة المنحلة للكليرا ، فإنه يمكن أن يكون السكر الناتج عن نبذ الطبخة (٢) صالحاً للاستهلاك والتسويق ، وهذا ما يؤدي إلى خفض كمية الطبخات التي لا يتم الحصول منها على سكر أبيض مباشرة .

يعد هذا المخطط من المخططات القديمة نسبياً ، وقد ظهرت في الوقت الحالي مُخططات حديثة ، ونورد أحد هذه الأنظمة المستخدمة في مصانع السكر التي تقوم بتصنيع الشوندر السكري والتي تعمل بنظام الطبخات الثلاث عند تصنيع هذا الشوندر .

من أهم مزايا هذا المخطط :

-عدم إجراء عملية الصويل للسكر الأحمر الخامي .

-يتم الحصول على سكر أبيض عادي كمنتج نهائي .

يوضح الشكل (٨-١٠) مخطط المراحل التكنولوجية المتلاحقة .

حسب المخطط ( ) وبعد وزن السكر الخامي تُسحب عينات وسطية منه لإجراء التحاليل المختلفة عليها، ومن ثم تتم إذابته في خزان التذويب ، حيث تُستخدم لهذه الغاية مياه غسيل الرواسب الناتجة أثناء عملية التصفية ، وتكون درجة حرارتها حوالي ٨٥°م .

يتراوح تركيز المواد الصلبة في الكليرا الناتجة من ٥٣ – ٦٥ % ، كما أن قيمة pH الكليرا الناتجة في المجال ٧,٤ – ٨ .

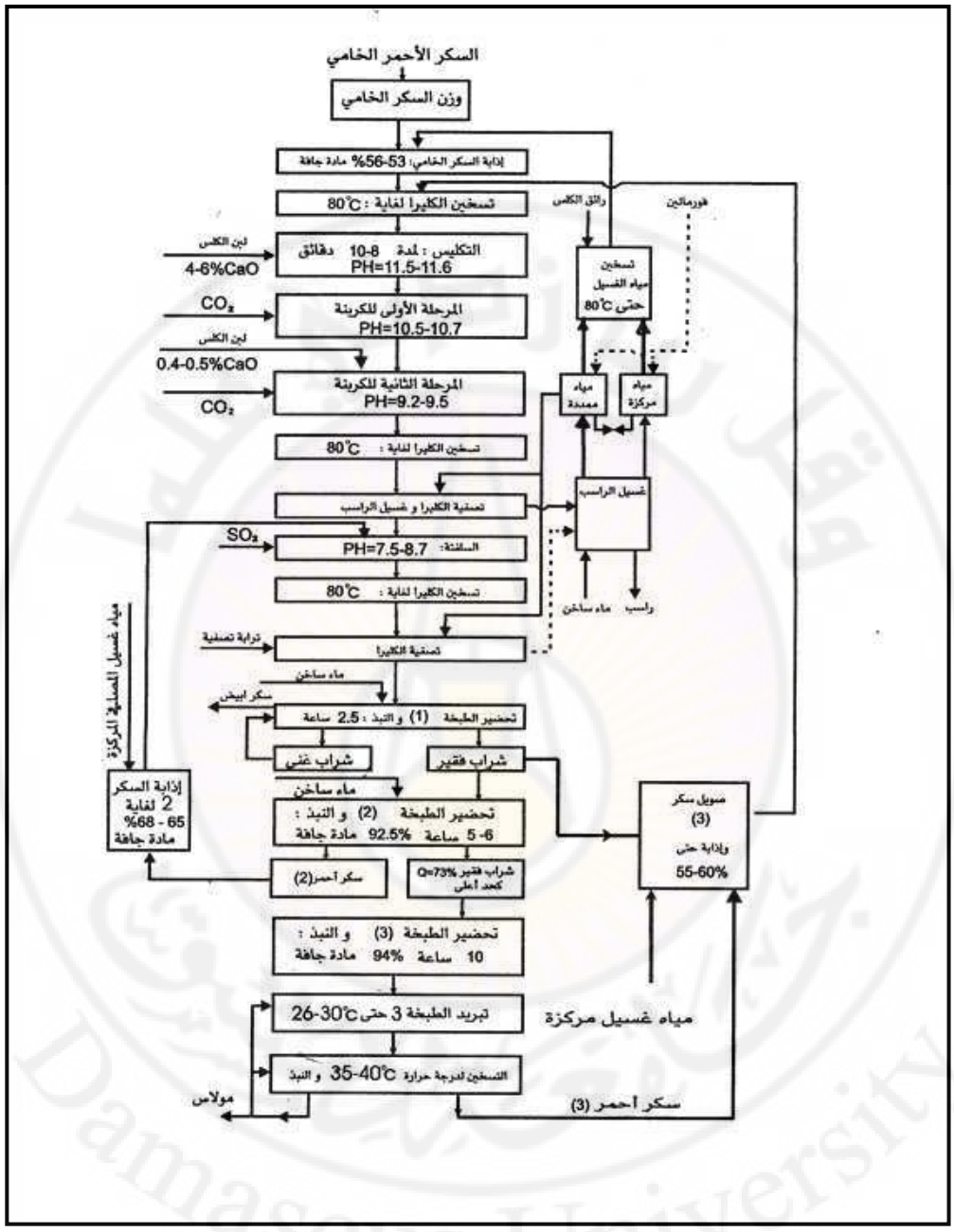
تُخلط الكليرا الناتجة عن إذابة السكر الخامي مع الكليرا الناتجة عن الشراب الفقير للطبخة (١) ومع الكليرا الناتجة عن إذابة السكر (٣) ، وبعد التسخين لدرجة حرارة ٨٠ °م يضاف لبن الكلس حتى قلوية ١,٨ – ٢,٣% (المشعر المستخدم أثناء المعايرة هو الفينول فتاليئين) ، وقيمة pHالمزيج بعد التكليس ١١,٥ – ١١,٦ ، وزمن التكليس = ٨ –١٠ دقائق .

تُعالج الكليرا بعد التكليس بغاز الإشباع على مرحلتين متتاليتين مع إعادة تدوير قسم كبير منها (بكمية ٥٠٠– ٧٠٠ %) إلى جهاز المرحلة الأولى للكربنة، ومن أهم المؤشرات التكنولوجية للكليرا بعد عملية الكربنة :

قلوية الكليرا بعد المرحلة الأولى للكربنة ٠,٠٦ – ٠,٠٨ % CaO ،والـ pH (١٠,٥–١٠,٧) .

قلوية الكليرا بعد المرحلة الثانية للكربنة ٠,٠٢ – ٠,٠٣ % CaO ، والـ pH (٩,٢–٩,٥) .

يضاف قبل المرحلة الثانية للكربنة لبن الكلس (ماءات الكالسيوم) بكمية ٠,٤–٠,٥ % CaO بالنسبة لوزن السكر الخامي ، لتحسين عملية التصفية وزيادة مقدرة الراسب $CaCO_3$ المتشكل على إمتزاز كمية أكبر من المواد غير السكرية



الشكل ( ) مخطط تكرير السكر الأحمر الخامي وفق نظام الثلاث طبخات للحصول على السكر الأبيض العادي .

الموجودة في محتوى الكليرا ، ويجب الأخذ بعين الاعتبار أنه من الأفضل إعطاء الكليرا الخارجة من جهاز المرحلة الأولى للكربنة في الجهاز الثاني للكربنة عن طريق بخاخات موجودة ضمن الجهاز في مكان أعلى من منطقة التغذية بالكليرا المُعاد تدويرها ، وتبلغ نسبة الانتفاع (

الاستفادة) من CO_2 ضمن هذه الشروط بحدود ٥٠ – ٥٥ % .

تجدر الإشارة إلى أنه من الضروري أن تكون قلوية الكليرا بعد خروجها من الجهاز الثاني للكربنة مناسبة ، بحيث يكون من السهل تصفيتها وكمية الرغوة أقل ما يمكن .

يؤدي العمل ضمن الظروف المذكورة في محطة التنقية (التكليس والكربنة) إلى ازدياد فعالية الامتزاز على سطح هذا الراسب ، وكذلك نسبة الانتفاع المُثلى من غاز CO_2 ، كما أن عدم وجود عملية التصفية ما بين مرحلتي الكربنة لا يؤدي إلى خفض مردود التنقية لهذه الكليرا ، نظراً لأن قسماً ضئيلاً فقط من المواد غير السكرية المترسبة في المرحلة الأولى للكربنة تعود إلى المحلول ثانية في المرحلة الثانية للكربنة .

تُسخن الكليرا بعد ذلك حتى درجة حرارة ٨٠°م وتتم التصفية على المجموعة الأولى من المصافي (التصفية الأولى) ، حيث تُخلط مع الكليرا الناتجة عن إذابة السكر (٢) ويُعالج المزيج الناتج بعد ذلك بغاز SO_2 حتى قيمة pH ٧,٥–٨,٢ ، ومن ثم يتم التسخين حتى درجة حرارة ٨٠°م وتخضع لعملية تصفية من جديد باستخدام ترابة تصفية مناسبة وتدعى هذه التصفية بالتصفية الثانية ، وتُضخ الكليرا بعد عمليات التصفية إلى محطة البلورة ، حيث يتم استخدامها لتحضير الطبخة (١).

بعد انتهاء عملية التصفية ، يُنزع الراسب الناتج بعد التصفية الأولى والثانية بمياه غسيل مُمددة (مُحتواها من السكر قليل) وينساب إلى خزان ، يُضخ بعد ذلك إلى التصفية ، حيث يتم عندها غسله بمياه ساخنة . ينتج عن عملية غسيل الراسب في البداية مياه غسيل مُحتواها من المواد الصلبة ٤–٦ % ، وتُستخدم بعد تسخينها حتى درجة حرارة ٨٥ °م لتحضير الكليرا الناتجة عن إذابة السكر الخامي وسكر (٣) وقسم من الشراب الفقير الناتج عن نبذ الكتلة (١) . أما مياه الغسيل الناتجة فيما بعد (تكون خالية تقريباً من السكر) فتُستخدم لنزع الرواسب الناتجة عن المصافي الأولى والثانية . يُضخ الراسب الناتج بعد ذلك إلى خارج المصنع ، يُضاف الفورمالين إلى مياه الغسيل الناتجة بهدف تعقيمها ، وتجدر الإشارة إلى أن كمية المياه المستهلكة في عمليات غسيل هذه الرواسب ليست كبيرة وتُستهلك بالكامل عند تحضير الكليرا .

تُحضر الطبخة (١) من مزيج الكليرا المعالجة بغاز SO_2 ، درجة حرارة الغليان ضمن أجهزة الطبخ = ٧٠ – ٧٥°م .

مواصفات هذه الطبخة (الكتلة) :

. النقاوة ٩٣ – ٩٤ % .

. تركيز المواد الصلبة المنحلة ٩٢ %.

تُعاد كمية من الشراب الغني الناتج عن نبذ الطبخة (١) لتُستخدم في تحضير هذه الطبخة (١)

بشرط ألا تقل نقاوته عن ٩٠ % . تُفرغ الطبخة في موزع بنهاية عملية الطبخ ، من ثم تُنبذ ، حيث ينتج سكر أبيض عادي وشراب غني نقاوته ٩١ % كحد أعلى وكذلك شراب فقير ذو نقاوة ٨٣ % أيضاً كحد أعلى .

يحتوي الشراب الفقير(١) الناتج على كمية من السكر المرجع وكذلك على بعض المواد غير السكرية الأخرى . لا يُحبذ إعادة هذا الشراب مباشرة لتحضير الطبخة (١) دون أية مُعالجة أو تنقية أي إلى بداية الخط التصنيعي ، نظراً لأنه بعد تدويره عدة مرات تتراكم كمية كبيرة من السكريات المرجعة ، التي يؤدي تفككها إلى تشكل منتجات تؤثر بشكل سلبي على نوعية السكر الأبيض الناتج ، أما استخدام كامل كمية هذا الشراب لتحضير الطبخة (٢) فيؤدي إلى زيادة كمية الطبخات التي لا ينتج عنها سكر أبيض ، وتزداد درجة تلون المنتجات نتيجة لذلك ، ولهذا السبب يتم حسب هذا المخطط إعادة حوالي ٦٠ – ٨٥ % من هذا الشراب إلى بداية الخط التصنيعي ليُمزج مع الكليرا المُحضرة من سكر (٣) . يُعالج المزيج الناتج ذو تركيز مواد صلبة منحلة بحدود ٥٥ % بماءات الكالسيوم وغاز الإشباع ، أما القسم المتبقي من هذا الشراب فيُستخدم لتحضير الطبخة (٢) .

ولكي تبقى قيمة نقاوة الطبخة(١) ضمن الحدود أو المجال المناسب للحصول على سكر أبيض عادي ضمن المواصفات المطلوبة ، فإنه يتم تعديل حجم أو كمية الشراب الفقير المراد إعادته (تدويره) إلى بداية الخط التصنيعي تبعاً لعامل التدوير والذي يساوي إلى : **النسبة ما بين حجم أو كمية الشراب الفقير (١) المراد إعادته وتنقيته والحجم (الكمية) الكلية للشراب الفقير الناتج عن نبذ الطبخة(١)** ، ويتم تحديد عامل التدوير المذكور لكل مصنع سكر على حدى ، أما النسبة ما بين كمية الكليرا الناتجة عن إذابة السكر الخامي والناتجة عن الشراب الفقير (١) وسكر (٣) فيُحافظ عليها بشكل ثابت أوتوماتيكيا .

يتم طبخ الكتلة (٢) حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٩٢,٥ % بدرجة حرارة ٧٠ – ٧٢ °م ، ومن ثم يتم نبذ هذه الطبخة ، حيث يتم الحصول على شراب واحد فقط نقاوته ٧٣ % كحد أعلى ، ويُغسل السكر (٢) بالماء ضمن النابذات إذا دعت الضرورة لذلك ، عندها يُضاف الشراب الناتج عن غسيل البلورات إلى الشراب الذي تم الحصول عليه سابقاً ، ويُذاب السكر (٢) بمياه ناتجة عن غسيل الرواسب في المصافي حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٦٥ – ٦٨ % ويُضاف الشراب الناتج لمزيج الكليرا (المُحضرة سابقاً والمُعالجة بماءات الكالسيوم وبالكربنة) ، وتتم المعالجة للمزيج الناتج بغاز SO_2.

تحضر الطبخة (٣) من الشراب الناتج عن نبذ الكتلة (٢) حتى تركيز مواد صلبة منحلة ٩٤ % ، وتكون درجة الحرارة ٧٠–٧٢°م . وتنساب الكتلة المحضرة بعد تفريغها من جهاز الطبخ إلى البرادات (المبلورات) ، حيث يتم تبريدها لدرجة حرارة ٢٦ – ٣٠ °م خلال ١٠٠ – ١٥٠ ساعة ،

تُرفع درجة حرارة الطبخة قبل النبذ بمقدار ٧ – ١٠ درجات في المبلور الأخير ومن ثم يتم النبذ . نقاوة الطبخة (٣) قبل عملية النبذ يجب أن تكون ٧٣ % كحد أعلى ، وبعد عملية النبذ يتم الحصول على سكر (٣) والمولاس .

يشُكل السكر (٣) مع كمية من الشراب الفقير (١) المُعاد بعد الإذابة بمياه غسيل الرواسب الناتجة الكليرا ،التي تُمزج مع كليرا السكر الخامي قبل عملية التكليس.

يُستخدم المولاس الناتج تيعاً لنقاوته كالتالي :

. إذا كانت نقاوته ٥٠ % أو أقل – يوجه إلى الخزانات .

. إذا تراوحت نقاوته بين ٥١ – ٥٤ % – يوجه لتمديد الطبخة(٣) في المبلورات ، إذا كانت لزوجتها مرتفعة .

. إذا كانت نقاوته أعلى من ٥٤ % – يُعاد ليستخدم في تحضير الكتلة (٣)

(تتم الإضافة قبل نهاية عملية الطبخ) .

وسنشرح عملية غسل الراسب الناتج في محطة التصفية المستخدمة في أحد مصانع تكرير السكر ، الشكل (٨–١١) .

تُستخدم لتصفية الكليرا حسب هذا المُخطط المصافي الدوارة . بعد انتهاء عملية التصفية يُغسل الراسب الناتج بالماء الساخن ذو درجة الحرارة ٨٥°م ، حيث يتم الحصول على مياه غسيل محتواها من المواد الصلبة المنحلة ١٠ – ١٥ % .

تنساب هذه المياه إلى خزان مياه الغسيل ، يُنقل الراسب إلى المصفاة الدوارة الأولى التي تعمل تحت التخلية (فاكوم فلتر) ، يُغسل الراسب هنا بواسطة الماء الساخن أيضاً . تُسمى مياه الغسيل التي يتم الحصول عليها بمياه غسيل ممددة

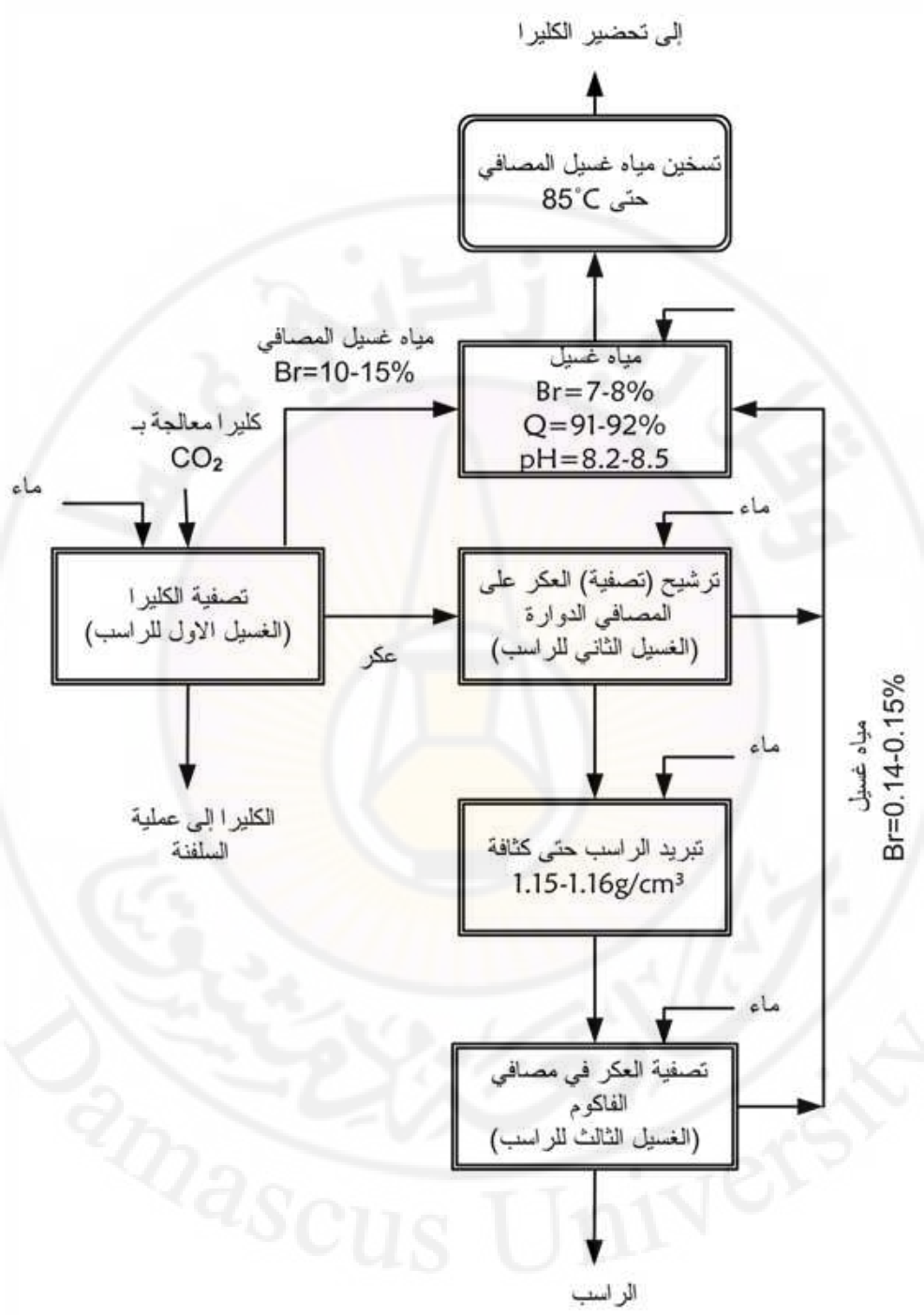
(ذات محتوى منخفض من المواد الصلبة المنحلة) . يُنقل بعد ذلك الراسب إلى خلاط ،حيث يُضاف الماء إليه حتى تصبح كثافته ١,١٥–١,١٦ غ/سم^{٣} وتتم تصفيته على المصفاة الدوارة الثانية (فاكوم فلتر) ، يُغسل هذا الراسب حتى يصبح محتوى مياه الغسيل من المواد الصلبة المنحلة ٠,١٤ – ٠,١٥ % بالنسبة لوزن الراسب .

تُجمع مياه الغسيل الناتجة من جميع المراحل في خزان ، حيث تُسخن لدرجة حرارة ٨٥ °C وتُستخدم لتحضير الكليرا . مواصفات مياه الغسيل المحضرة بهذه الطريقة هي :

. تركيز المواد الصلبة المنحلة = ٧ – ٨ % .

. النقاوة = ٩١ – ٩٢ % .

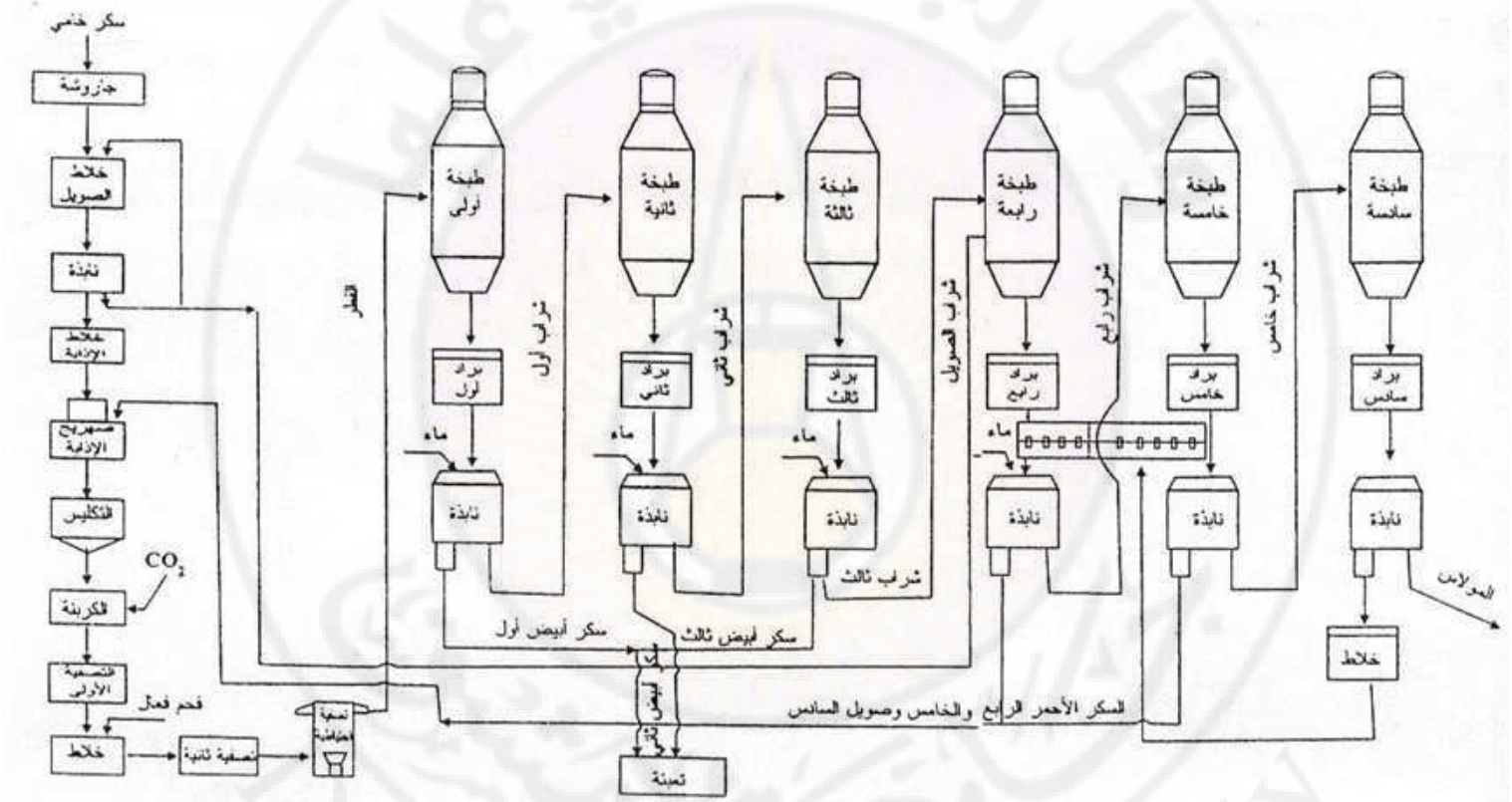
. pH = ٨,٢–٨,٥ .



الشكل ( ) مخطط ثلاثي المراحل لغسيل الرواسب في محطة التصفية

ونورد فيما يلي مُخطط تكرير السكر الأحمر الخامي في شركتي سكر حمص والغاب الشكل (

)



الشكل ( ) مخطط مبسط لسير عملية تكرير السكر الخامي في شركتي سكر حمص والغاب

– المؤشرات الإنتاجية والفاقد من السكر أثناء تكرير السكر الخامي

كان مردود السكر الأبيض الناتج عن تكرير السكر الأحمر الخامي في البداية منخفضاً حيث بلغ ٨٣ % في أحسن الأحوال ،أما في الوقت الحاضر وبعد أن تطورت أساليب العمل المتبعة عند تكرير هذا السكر فقد وصل المردود في بعض المصانع إلى ٩٦ % .

يتعلق مردود السكر الأبيض عند تكرير السكر الخامي بعدة عوامل نذكر منها:

. نوعية السكر الأحمر الخامي المُصنع .

. الخط التكنولوجي والتجهيزات المُستخدمة أثناء عمليات التكرير .

. مدى التقيد بالتعليمات الفنية في كل مرحلة من مراحل التصنيع .

بلغ مردود السكر الأبيض عند تكرير السكر الخامي حسب المخطط الموضح على الشكل (٨–١٠) ٩٥,٥ – ٩٦ % (حتى أنه وصل في بعض المصانع إلى ٩٦,٥ %) عند محتوى سكروز في السكر الخامي المُصنع مساوياً إلى ٩٨ % .

ونورد هنا كميات الطبخات الناتجة عن تصنيع ١٠٠ كغ سكر خامي :

–الطبخة (١) =٢٤٠% . – الطبخة(٢) = ١٥ % . – الطبخة(٣) =٥ %.

أما كمية البلورات في هذه الطبخات بالنسبة لوزن الطبخة فهي :

في الطبخة (١) –٥٢ % . في الطبخة (٢) – ٤٠ % . في الطبخة(٣)– ٣٠%.

الفترة الزمنية التي تستغرقها عملية الطبخ :

. الطبخة (١) = من ٥. ٢ وحتى ٣ ساعات .

. الطبخة (٢) = من ٥. ٣ وحتى ٤ ساعات .

. الطبخة (٣) حوالي ٧ ساعات .

يتراوح الفاقد العام من السكر أثناء التكرير من 1.8 وحتى 2.1 % بالنسبة لوزن السكر الخامي المُصنع ، ويتألف هذا الفاقد من :

. الفاقد في المولاس : ٠,٩ – ١ % .

. الفاقد أثناء التخزين : ٠,١ % .

. الفاقد في المحطات الأخرى : ١ % .

. الفاقد في الزبد : ٠,٠٣ –٠,٠٥ % .

الفاقد غير المعلوم (المجهول) : ٠,٨ – ١ % (ينجم هذا الفاقد عن التحلل الحراري للسكروز ، وعن تأثير الأحياء الدقيقة المختلفة ، وطوفان بعض الخزانات) .

ونورد فيما يلي الكمية التقريبية للفاقد غير المعلوم (المجهول) في كل مرحلة من مراحل عملية

التكرير :

-عند إذابة السكر الخامي : ٠,٠٥ % (ضمن خزانات التذويب) .

-عند التكليس : ٠,٠٣ % .

-عند الكربنة : ٠,٠٢% .

. في أجهزة الطبخ : ٠,٥ % .

. في المياه البارومترية : ٠,١٤ % .

. عند التصفية في المصافي الدوارة (فاكوم فلتر) : ٠,٠١% .

. في المياه الخارجة من المصنع : ٠,٠٦ % .

. الفاقد غير المُحدد أو المجهول : ٠,١٧ % .

الفصل التاسع

طريقة الحصول على لبن الكلس

- إنتاج الكلس الحي وغاز ثاني أكسيد الكربون :

يتم الحصول على لبن الكلس $Ca(OH)_2$ وغاز CO_2 اللازمين لتنقية عصير الديفزيون في أفران الكلس ، من تفكيك الحجر الكلسي ، حيث يتم حرق هذا الحجر باستخدام إما الوقود الصلب (فحم الكوك) أو الوقود السائل (الفيول) أو الغازي (الغاز الطبيعي) ، وأثناء التحلل الحراري للحجر الكلسي يحدث التفاعل التالي (كمية الحرارة اللازمة لتفكيك ١ كغ $CaCO_3$ حوالي ١٧٨٠ كيلو جول) :

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

يعد التفاعل المذكور عكوسا عند قيمة معينة لضغط غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 ، ويتعلق كذلك بدرجة الحرارة ، ويبقى متوازناً عند درجة حرارة ١٠٠٠°م وضغط ٠,٣٧٥ ميغا باسكال ، ولحرف مسار هذا التفاعل باتجاه اليمين (الحصول على CaO) ، من الضروري إما رفع درجة الحرارة أو سحب كمية من الغاز الناتج باستمرار (خفض ضغطه الجزئي) ، ويُستخدم عملياً في أفران الكلس بمصانع السكر الأسلوب الثاني (سحب الغاز).

- الحجر الكلسي :

تتركب الأحجار الكلسية المستخدمة في فرن الكلس بمصنع السكر بشكل رئيسي من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ (٩٥ % كحد أدنى) ، ويقع وزنها النوعي ضمن المجال $2.4 \ldots 2.9 \ ton/m^3$ ويتم الحصول عليها من مكامن (مقالع) خاصة تنتشر بكثرة في أراضي القطر العربي السوري مثل حماه (كفربهم) وحلب ودير الزور .

حدد التركيب الكيميائي للحجر الكلسي المستخدم في أفران الكلس في معامل السكر بالقطر العربي السوري على النحو التالي :

- كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ٩٥ % كحد أدنى .
- كربونات المغنزيوم $MgCO_3$ ١,٥ % كحد أقصى .
- أكاسيد الحديد والألمنيوم $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ ٠,٩ % كحد أقصى .
- كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ 0.2 % كحد أقصى .
- أكاسيد الحديد والصوديوم $K_2O + Na_2O$ ١,٥ % كحد أقصى .
- الرواسب غير الذاوّبة في حمض كلور الماء ١,٥ % كحد أقصى (وهي

عبارة عن مركبات السيليس).

- أبعاد القطع – تختلف أبعاد القطع حسب تصميم الأفران المستخدمة في كل معمل وتتراوح بين ٤٠ – ٢٠٠ مم .

- **تأثير الشوائب المختلفة في عملية الحرق ونوعية لبن الكلس الناتج :**

– **ثاني أكسيد السيليسيوم SiO_2** : يتراوح محتوى SiO_2 في الحجر الكلسي المستخدم في أفران الكلس بسوريا ١,٥% كحد أقصى، وتؤدي زيادة المحتوى من SiO_2 إلى إعاقة عملية إطفاء الحجر الكلسي بشكل كامل ، كما أن ارتفاع نسبة SiO_2 في لبن الكلس تؤدي إلى التآكل السريع للمضخات التابعة للفرن ، وتشكل رواسب في الأنابيب والصمامات ، لذلك من الضروري في هذه الحالة إقامة مصايد قبل المضخات لفصل SiO_2 .

–**كربونات المغنزيوم $MgCO_3$** : تتفكك كربونات المغنزيوم كما هو الحال عند تفكك كربونات الكالسيوم وفق التالي :

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

يتفاعل MgO عند إطفاء CaO مع الماء وتتشكل ماءات المغنزيوم حسب التفاعل:

$$MgO + H_2O = Mg(OH)_2$$

تتحول جزئياً ماءات المغنزيوم أثناء الكربنة إلى $MgCO_3$.

لم يُلاحظ أية صعوبات عند تنقية العصير بوجود $MgCO_3$ بنسبة أدنى من ١,٥% في محتوى الحجر الكلسي ، إلا أن ارتفاع نسبة هذه المركبات تسبب صعوبات أثناء عملية التصفية .

–**كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$** : لا تتأثر كبريتات الكالسيوم بعملية حرق الحجر الكلسي وتبقى على شكل رواسب متناثرة في لبن الكلس وتنحل جزئياً في الماء ، وتضخ مع لبن الكلس إلى أجهزة التكليس ، وتبقى $CaSO_4$ أثناء عملية الكربنة دون أي تغيير ، أما في محطة التبخير وعند ارتفاع تركيز السكر في العصير تنخفض انحلاليتها وتترسب جزئياً على سطوح التسخين لأجسام المباخر ، فينخفض عند ذلك عامل التبادل الحراري وتنخفض الطاقة الإنتاجية لمحطة التبخير .

- **أكسيد البوتاسيوم وأكسيد الصوديوم(K_2O+Na_2O):**

يجب ألا يزيد محتوى هذه الأكاسيد في محتوى الحجر الكلسي عن ٠,٢٥ % ، وتكمن خطورتها عند ارتفاع درجة الحرارة في الفرن إلى أكثر من ١٢٠٠°م حيث تتشكل

كتلة منصهرة تلتصق بجسم الفرن تسمى في الصناعة بما يعرف بالجسور تؤثر في جسم الفرن من الداخل .

- حرق الحجر الكلسي :

يتم حرق الحجر الكلسي في مصانع السكر بأفران الكلس التي هي عبارة عن أسطوانة عمودية مبنية من الآجر الناري ، ذات نهاية ضيقة نسبياً من الأسفل لتحسين عملية توزيع الهواء –الشكل (٩-١) ، ويعلوها قمع عياري يتم عن طريقه تغذية الفرن بالمادة الأولية (الحجر الكلسي) وفحم الكوك عند استخدام الوقود الصلب ، وفي داخل الفرن جسم مخروطي يُحكم إغلاق الفتحة السفلية للقمع عند تعبئة الحجر الكلسي ، ويُفتح عند إحكام إغلاق الفتحة العلوية ، وبهذا الشكل يتم تلقيم الفرن بالحجر الكلسي دون الإخلال بضغط التشغيل .

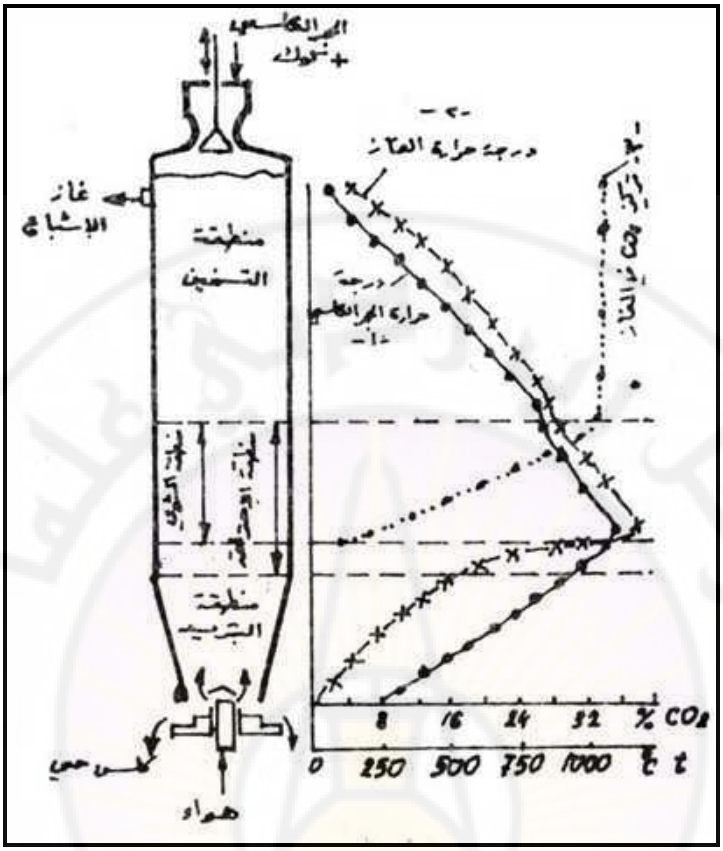
يزود الفرن في الأسفل بمجموعة تفريغ خاصة بالكلس المشوي (المحروق) لها عدة أشكال ، يتم تزويد الفرن بالهواء اللازم لعملية الحرق من الأسفل ، أي أن حركة الهواء والأحجار متعاكسة .

يمكن تمييز ثلاث مناطق في جسم الفرن :

آ- منطقة التسخين:

تقع هذه المنطقة في الجزء العلوي من جسم الفرن وتشغل ٥٥ – ٦٠ % من ارتفاعه الفعلي ، تلتقي فيها الحجارة الكلسية مع الغازات المنطلقة عن عملية الاحتراق ذات الحرارة المرتفعة (٩٠٠ – ٩٥٠ °م) ، وبنتيجة التبادل الحراري ترتفع درجة حرارة الأحجار إلى ٨٥٠°م وتنخفض درجة حرارة الغازات المنطلقة إلى ١١٠ – ١٥٠ °م ، ا الشكل (٩-١) . المخطط البياني ١ و ٢ .

لنسبة الأكسجين في الغازات المنطلقة أهمية خاصة عند استخدام الوقود الصلب (فحم الكوك) حيث أن ارتفاع نسبته إلى ٢ % في منطقة التسخين يعني بدء اشتعال فحم الكوك في هذه المنطقة مما يزيد من درجة الحرارة .



الشكل رقم (٩-١) مخطط فرن الكلس (على فحم الكوك).

ب- منطقة الحرق (التكليس أو الشوي):

تقع في المنطقة الوسطى من جسم الفرن ، وتشغل ١٠ – ١٥ % من الارتفاع الفعلي ، وفيها تتم عملية تفكك كربونات الكالسيوم ، التي ترتفع درجة حرارتها إلى ١١٠٠- ١١٥٠°م (وهي درجة حرارة التفكك) .

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2 \uparrow$$

ويحذر من ارتفاع درجة الحرارة إلى أعلى من١٢٠٠°م،بسبب اتحاد أكاسيد الحديد والألمنيوم مع أكسيد السيليس مشكلة سيليكات و ألومينات الكالسيوم ($3CaO.SiO_2$; $3CaO.Al_2O_3$; $Na_2O.SiO_2$) ، وهي مركبات صعبة الانصهار تمنع انحلال أكسيد الكالسيوم في الماء ، إضافة إلى التصاق هذه المركبات بجسم الفرن (الآجر الناري) وتشكيل كتلة منصهرة (أو ما يعرف بالصناعة بالجسور) .

ج- منطقة التبريد:

تقع في الجزء السفلي من جسم الفرن ، وتشغل حوالي ٢٥– ٣٠ % من ارتفاعه الفعلي ، وتتم فيها عملية التبادل الحراري بين الكلس الحي الناتج والهواء الداخل حيث تنخفض درجة حرارة الكلس الحي إلى ٢٥٠مْ ، وترتفع درجة حرارة الهواء إلى ٦٠٠ – ٧٠٠ °م .

أثناء تشغيل أفران الكلس تحدث عدة انحرافات في شروط التشغيل ينتج عنها حدوث تداخل في المناطق الثلاث (التسخين ، الحرق ، والتبريد) تتم معالجته حسب الحالة على النحو التالي :

– حالة حدوث تداخل بين منطقتي الحرق والتبريد : وتحدث فيها إزاحة لمنطقة الحرق باتجاه الأسفل ، وتتم معالجة هذه الحالة بزيادة سحب الغاز من الفرن .

–حالة حدوث تداخل بين منطقتي الحرق والتسخين_: وتحدث فيها إزاحة لمنطقة الحرق باتجاه الأعلى ، وتتم معالجة هذه الحالة بزيادة سحب الكلس الحي الناتج وتلقيم الفرن بأحجار جديدة .

–الحصول على لبن الكلس وغاز CO2النقي:

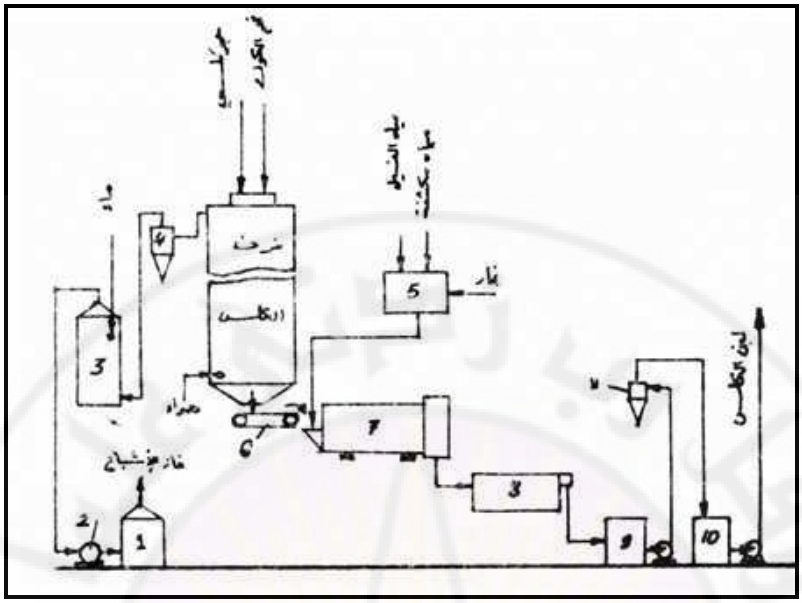
يتم نقل الكلس الحي الناتج من الفرن بواسطة السير الناقل (٦) إلى جهاز إطفاء الكلس (٧) ، الذي هو عبارة عن أسطوانة دوارة مثقبة مزودة من الداخل بحلزون مثبت على السطح الداخلي لنقل أحجار الكلس الحي التي لم تنحل بالماء إلى نهاية الجهاز ومنه إلى الخارج – انظر الشكل ( ) .

الكلس الحي (أكسيد الكالسيوم) يتفاعل مع الماء وتتشكل ماءات الكالسيوم (لبن الكلس) :

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

إن مصدر الماء المستخدم في عملية إطفاء الكلس هو مياه غسيل الزبد في المصافي الدوارة والتي تحوي على نسبة بسيطة من السكر ، وفي حال عدم كفايتها يتم استخدام المياه المكثفة ، ودرجة حرارة هذه المياه ٦٥ – °م ٧٠ و التي يتم تسخينها عند الحاجة بالبخار في الخزان رقم (٥) ، وتقدر كميتها بنسبة ٥,٣ % من وزن الشوندر مما يزيد من استهلاك الوقود اللازم لعملية التبخير بمقدار ١ % من وزن الشوندر .

عملية الإطفاء تتم خلال ١٥ – ٢٠ دقيقة والوزن النوعي للبن الكلس الناتج g/cm^3 ١,١٩ – ١,٢.



الشكل ( ) مخطط عمل فرن الكلس.

يصب لبن الكلس الناتج في الخزان رقم (٨) لفصل قطع الحجر الكلسي الصغيرة التي بقيت فيه ، وعبر الخلاط (٩) يتم ضخه إلى السيلكون . المصيدة (١١) ومنه يضخ إلى خط الإنتاج .

يتم سحب غازات الاحتراق الناتجة عن عملية حرق الحجر الكلسي بواسطة مضخة الغاز (٢) عبر السيلكون (٤) لفصل المعلقات (تنقية على الجاف) وعبر غسالة الغاز (٣) (تنقية على الرطب) حيث يتم غسل الغاز بواسطة دوش مائي فنتحل الغازات (أكاسيد الآزوت والكبريت و كلوريدات المعادن القلوية) عن طريق التلامس ما بين الماء والغاز .

يجمع الغاز النقي (غاز الإشباع) الذي يحوي ٣٠ – ٣٦ % CO_2 في الخزان (١) تمهيداً لضخه إلى أجهزة الكربنة ، أما المياه الناتجة عن (٣) فيتم طرحها خارجاً كونها مياه ملوثة وسامة .

الفصل التاسع

صناعة شراب وسكر الذرة

١-مصادر النشاء – استخدامات شراب الذرة في الصناعات الغذائية :

٢-إنتاج شراب الذرة – طرائق صناعة الغلوكوز :

٣-أشربة الذرة الخاصة :

الفصل العاشر

تقانة صناعة الحلاوة الطحينية

١-صناعة طحينية السمسم – المواد الولية في صناعة الحلاوة الطحينية وصفاتها :

تعد بذورالسمسم من اغنى بذور المحاصيل الزيتية بالمواد الدهنية حيث تحتوي من ٤٨-٦٥% زيتا و ٢٤-٣٤% بروتينا . تستعمل البذور في صناعة المعجنات وكثير من الاغذية كما يستخرج منها الطحينة وزيت السيرج ، كما يستعمل الزيت في صناعة لصعوبة تاكسده . لبذور السمسم الوان مختلفة فمنها الابيض والابيض المصفر ، الماسي ، الاسمر ومنها السوداء تستعمل منها في صناعة الطحينة الانواع البيضاء او الفاتحة وتلك التي لها لب ابيض مهما كان لون قشرتها ، تقسم البذور الى ثلاث درجات من حيث اللون :

١- بيضاء فاتحة ، بيضاء داكنة مائلة للكريمي .

٢- صفاء او بنية ، او سمراء وتستعمل الاخيرة في صناعة الطحينية اذا كانت نواتها بيضاء .

٣-سوداء لا تستعمل في صناعة الطحينةبل تستخدم في الحصول على زيت السيرج .

تحدد شروط استلام بذور السمسم للمعامل بالاتي :

- لاتزيد نسبة الرطوبة على ٩ %.

– لاتزيد نسبة الشوائب الغريبة او الزيتية على ١٥ % (منها ٣ % شوائب غريبة)

التركيب الكيميائي لبذور السمسم :

تتميز بذور السمسم بقيمة عالية فهي غنية بالدهن والبوتين والمواد المعدنية وبخاصة الكالسيوم والفسفور والمنغنيز وبعض الفيتامينات مثل فيتامين E و A ومجموعة B .كما تحتوي على مواد مضادة لتاكسد المواد الدهنية وبخاصة مادتي التوكوفيرول والسيزامول .

تعتبر الحلاوة الطحينية إحدى أنواع الحلويات الشرقية المنتشرة في البلاد العربية وتركيا وبعض مناطق الاتحاد السوفيتي وهي بحد ذاتها تركية الأصل. تسمى الحلاوة الطحينية (في مصرا لعربي)أوالرهش(في الخليج العربي) وهي من أصناف الحلويات أساسي من الطحينة (طحين السمسم) والسكر وعرق الحلاوة. يمكن إضافة المكسرات والفواكه المجففة أيضاً.

تتضمن تكنولوجيا المنتجات السكرية مجموعة كبيرة من الأصناف واسعة الانتشار والاستهلاك اليومي للكبار والصغار من خلال تواجد السكر فيها بنسب كبيرة ومتفاوتة تجعل مذاقها مرغوبا في كافة المناسبات واللقاءات اليومية للإنسان.

وتتمتع هذه المنتجات بالإضافة إلى القيمة التذوقية التي تحملها طاقة حرارية وغذائية عالية تجعل من استهلاكها ضرورة في فصل الشتاء لمكافحة البرد القارس ، وهي مفيدة للأطفال والطلاب كما تفيد الشيوخ والطاعنين في السن وهي غذاء شعبي رخيص الثمن في متناول الجميع. وقد أصبح مستوى استهلاكها عالمياً من أحد عوامل التقييم الحضاري في تغذية الشعوب.

تعتبر الحلاوة الطحينية إحدى المنتجات الشرقية المعروفة في صناعة الحلويات حيث تعتبر من أكثر المنتجات السكرية قيمة من الناحيتين الغذائية والحرارية ولتحقيق هذه الفائدة لابد لنا من أن نتعرف إلى طريقة صناعة الحلاوة الطحينية وأهم المكونات الداخلة في صناعتها.

تعتبر الحلاوة الطحينية من المنتجات الشرقية المعروفة في صناعة الحلويات وتحمل قواماً ليفياً متماسكاً ويتألف أساسا من السكر والماء ومستخلص عرق الحلاوة وحمض الليمون (عجينة الكارميل) مع الإشباع المناسب بهريس السمسم (وأحياناً بهريس جوز الهند وعباد الشمس ..... وغيرها) مع إضافة بعض المحسنات للطعم والرائحة كالكاكاو وأنواع الجوز.

تعريف الحلاوة الطحينية:

هو منتج غذائي مجهز بالمعاملة الحرارية من الطحينة البيضاء الناتجة من طحن بذور السمسم الأبيض المقشور المحمص والسكريات المغذية الطبيعية (السكريات الكربوهيدراتية غير المخلقة مثل (السكروز –الجلوكوز –الفركتوز) مع مادة خفق ذات درجة غذائية (مستخلص عرق الحلاوة) الناتج عن غلي فلق أو أوراق عرق الحلاوة الذي يطلق علية السابونين أو العصلج والمضاف إليه حمض ستريك وقد تكون ذات قوام متماسك أو شعر (حلاوة شعر).

المواد الأولية الداخلة في صناعة الحلاوة الطحينية:

١- السكر: عادة يستعمل السكروز وقد تُضيف بعض المصانع جزء من سكر الغلوكوز مع السكروز لرخص ثمنه وبنسب تتراوح مابين ١٠-٢٥% ويقلل عندها من نوعية الناتج.

٢- السمسم: عادة يستعمل السمسم الأبيض لإنتاج الطحينة البيضاء ، أما السمسم الأحمر فيستخدم في استخراج زيت السيرج .

٣- عرق الحلاوة: يعود عرق الحلاوة إلى جذور نبات Soponaria officinalis من الفصيلة القرنفلية Caryophyllaceae وتشتهر زراعتها في مناطق أوروبا الوسطى والجنوبية وتنتشر غالباً على ضفاف الأنهار والبحيرات والترع الصغيرة في الأراضي الزراعية وهذه النبتة تصل إلى طول ٣٠-٨٠ سم ويستخدم جذور هذه النبتة في صناعة الحلاوة حيث تسمى Radix Saponqriae ويتم قلع الجذور هذه في وقت الخريف أو بداية الربيع وتكون عندها بلون أحمر وبأطوال حتى ٢٠ سم وقطر حوالي ٥ سم ، ويكون مظهرها الخارجي متقرناً ومتجعداً ومستقيماً أما مقطعها الداخلي فيكون بلون أصفر كريمي فاتح مع طعم حلو ومخرش ويعطي قليلا من المذاق المر بعد التذوق بقليل.

ويتم تجفيف الجذور بعد جمعها إلى درجة رطوبة ١١% وتنظف جيدا من الشوائب المختلفة حيث يجب ألا يتجاوز نسبة الرماد فيها ٥% ، وأما المواد السابونينية (مولد الرغوة) والمواد السكرية فلا تتجاوز نسبتها ٥-١٠% وتعتبر من أهم وأكثر المواد توليداً للرغوة والقوام الهش إلا أنها تعتبر من المواد ذات السمية والتي تؤدي إلى تخريش في أطراف الحلق وتسبب الإقياء.

ومن فوائده عندما يضاف إلى صناعة الحلاوة:

١- إكساب الحلاوة لون أبيض مقبول كما يكسبها قوام هش غير صلب.

٢- يساعد على زيادة الحجم.

والمادة الأساسية في عرق الحلاوة هي مادة السابونين ولها تأثير ضار عند زيادة تركيزها بالأغذية ولقد حرمت بعض البلدان استعمالها في الصناعات الغذائية.

مكونات اختيارية :

يمكن استخدام المكونات الاختيارية التالية

1-المكسرات مثل اللوز، الفستق، الجوز،الفاكهة المجففة و مسحوق الكاكاو ...

2-الزيوت النباتية على أن لا تزيد عن ٥% بالوزن من المنتج النهائي .

3-يسمح باستخدام المنهكات الغذائية المسموح بها .

المادة المبيضة :

ثاني أكسيد التيتانيوم المسموح بإضافته في صورة نقي بنسبة لا تتعدي ٥%في المنتجات الغذائية.

وتجاوز الحد المطلوب في استخدام هذه المادة يعد مخالفة وضار بالصحة ونظرا لخطورة المادة على صحة

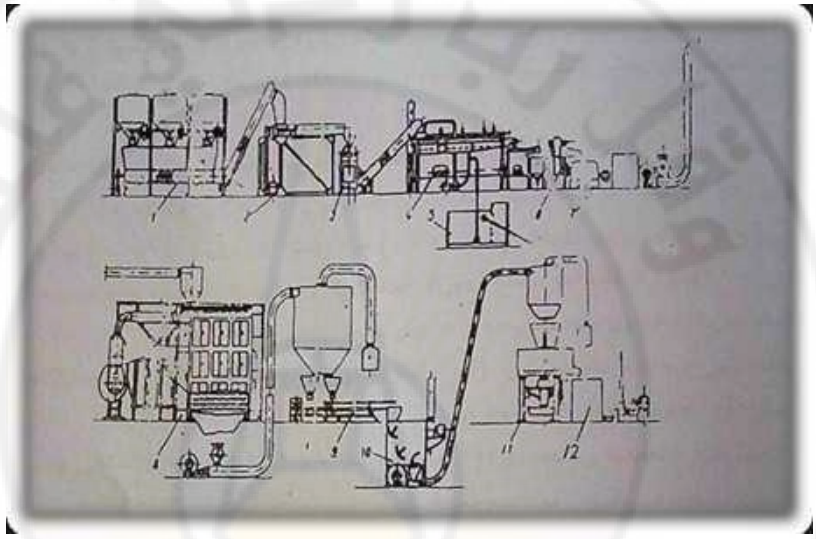
الإنسان والحيوان وقد تؤدي للإصابة بالسرطان

وبعض مصانع الأغذية تستخدم العينة التجارية من مادة التيتانيوم وهي غير نقية وغير مسموح باستخدامها لاحتوائها علي العديد من شوائب المعادن الثقيلة مثل (الرصاص – النحاس)

لمراحل الإنتاجية والمؤشرات التكنولوجية لصناعة طحينة السمسم على الخطوط الآلية:

حسب المخطط المرفق (رقم ١)

مخطط خط آلي لصناعة مادة طحينة السمسم



مخطط رقم (١)

١- محطة لتبليل ونقع البذور، ٢- آلة لتحطيم قشور البذور وتعمل بالطريقة المستمرة، ٣- آلة غسل ، ٤- آلات من أجل معالجة البذور بالمحلول الملحي وتعمل بالطريقة المستمرة، ٥- آلة تحضير المحلول الملحي ، ٦- آلة غسل ، ٧- آلة نبذ ، ٨- مجفف ، ٩- آلة غربلة ، ١٠- آلة عزل قشور ، ١١- آلة طحن خاصة بالبذور الزيتية ، ١٢- خزان تجميع.

١- التنظيف الأولي للبذور:

يؤدي تجاوز هذه العملية إلى تردي في العمليات التالية وإلى تدني مواصفات المنتج ، وتنظف البذور بإمرارها على جهاز غربلة خاص أسطواني دوار مسطح هزاز مزود بمروحة شفط لإزالة المواد الخفيفة والبذور المصابة بينما تفصل الشوائب صغيرة الحجم بمرورها من ثقوب الغربال ، وتستعمل من أجل الطحينة أصناف البذور البيضاء أو الصفراء البنية، وتختلف بذور السمسم عن غيرها من البذور الزيتية بأنها ذات قشور غير قاسية وبمرونتها وبكثافتها وبعدم وجود مسافة بينها وبين النواة وبسهولة انتفاخها بالماء.

ويستفاد من ذلك في عملية فصل تلك القشور عن نوى لب بذور السمسم ، كما أن طريقة فصل تلك القشور تختلف عن طرق فصل قشور البذور الزيتية الأخرى ويجب أن تكون رطوبتها في هذه المرحلة ٦-٨%.

٢ – تحضير البذور لعملية تحطيم القشرة:

حسب الأصناف ودرجة النضج ووجود بذور غير جيدة النوعية فإن بذور السمسم تكون بقابلية مختلفة تجاه عزل قشورها ، والطريقة المتبعة تتم بنقع البذور في ماء حرارته ٣٠-٦٠م ولمدة ٢٠-٦٠ دقيقة من أجل البذور سهلة انفصال القشرة.

أما بالنسبة للبذور صعبة انفصال القشرة فيستمر النقع عدة ساعات ففي الطريقة (التقليدية) طريقة الوجبات تنقع البذور في أحواض من الإسمنت أو في خزانات أو صهاريج معدنية بسعة ٠،١-١،٥ م ٣، وبارتفاع مريح.

حيث أن بذور السمسم بانتهاء عملية النقع تنتفخ بزيادة في في حجمها ولذلك يكون ملء الخزانات أو الأحواض بالبذور إلى ٢/٣ ثلثي سعتها ، ومن ثم يضاف الماء ذي الحرارة ٤٠-٥٠ م وذلك حسب قابلية القشور للانعزال فالسهلة تكون حرارة الماء ٤٠م والصعبة ٥٠م .

أن مستوى الماء في الأحواض يجب إن يكون أكثر ارتفاعاً من مستوى البذور المنقوعة ، ويحكم على جاهزة البذور المنقوعة وبالتالي انتهاء العملية وذلك بفحص سهولة انفصال القشور عن اللب بواسطة الفرك بين الأصابع وتصل رطوبة البذور بعد النقع إلى ٣٨-٤٠%.

أما الطريقة الآلية المستمرة لغسل وتبليل ونقع البذور على خطوط الإنتاج الآلي فتتم في محطة مغلفة خاصة ضمن أنابيب يتحرك ضمنها وبشكل دوري حلزوني ، ويخرج ماء الغسل والتبليل خلال ٢٠ دقيقة عبر فوهات خاصة إلى خارج الآلة.

ويبقى ماء العملية دافئا خلال ٣/٢ ثلثي طول الأنابيب حيث يجري التبليل وفي ١/٣ الثلث الأخير من الأنابيب حيث أن السرعة تتباطأ لتؤمن عملية النقع واستمرارية خروج الماء دون تقطع ويبقى مستوى الماء في المحطة ثابتاً بواسطة جهاز تحكم الكتروني ينظم كمية وسرعة الدخول والخروج.

هذا ومن أجل تسريع النقع تجري عملية إضافية مسبقاً قبل تغذية المحطة المذكورة حيث تمرر البذور في آلة غسل ذات تصميم أسطواني وباستعمال محلول صودي بتركيز ١%.

إن حرارة ماء التبليل والنقع ٤٠م ومدة النقع تستمر من ٤٠ دقيقة وحتى ٥ ساعات وذلك حسب صنف البذور، ويشكل زمن الغسل والتبليل ضعف زمن النقع وخلال ذلك تصل رطوبة البذور حتى ٢٠-٣٥% والقشور حتى ٤٠-٤٥%، حيث أن القشور في البذور المنتفخة تصبح رخوة وتنسلخ منفصلة عن النوى على شكل طبقات مترسبة وذلك بتأثير الضغط والاحتكاك.

٣ – تحطيم قشور بذور السمسم والفصل الأولي للقشور:

مبدأ آلة القشر أن جزئها المتحرك يحرك السمسم بعنف مما يزيد من عملية الاحتكاك وهذا بدوره يؤدي لفصل القشور عن النواة في البذور المنتفخة.

هناك نوعين من آلات القشر فإما تلك التي تعمل بطريقة الوجبات أو التي تعمل بالطريقة المستمرة.
الآلات التي تعمل بالطريقة المتقطعة ذات سرعة دوران أذرع ٣٤٠-٣٦٠ دورة دقيقة، وجسم القشارة له غطاء وفتحة سفلية لخروج المادة،سعة الآلة ٧٠-٨٠ كغ بذور وزمن التحطم يستغرق من ١٠-٢٠ دقيقة حسب نوعية البذور ويتم التحكم على انتهاء هذه العملية بفحص البذور حسياً وبكمية البذور غير المقشرة، حيث أنها يجب ألا تتجاوز ٢%، وبعد ذلك تتوجه البذور محطمة القشور إلى المعاملة في المحلول الملحي على محور متحرك واحد وتخرج البذور المقشرة (اللب) من أنبوب خاص والقشور من فتحات خاصة.
ويمكن إن تتم عملية فصل القشور دون عملية نقع مسبقة حيث إن هناك آلة سعتها ٧٥٠٩٠ كغ تسكب عليه ١٠-١٢ كغ ماء تقوم بعدها بفصل القشور خلال مدة ١٥-٢٥ دقيقة حسب صنف ونوعية البذور.
وفي هذه الآلة تكون نسبة البذور غير المقشورة ١-٢،٥% ويخرج ثلثي كمية القشور من الآلة أما باقي القشور العالقة مع اللب فتنعزل بواسطة آلة غسل بالماء الجاري ضمن الآلة (بالطريقة المائية).
أما في الحالة التي يتم فيها نقع البذور بالماء وتحطيم القشور بالطريقة الآلية العامة فإن فصل القشور وعزلها عن لب البذرة يتطلب المعاملة بالمحلول الملحي.

٤ – عزل قشور البذور بواسطة المعاملة بالمحلول الملحي:

باعتبار أن القشور تحتوي الكثير من الألياف السيللوزية ولذلك فإن كثافتها تكون عالية (حوالي ١٥٠٠ كغ/م٣) أما النواة فإنها غنية بالمادة الدهنية ذات الكثافة (٩٢٠ كغ/م٣) وبالتالي كثافة النواة (اللب) ١٠٧٠ كغ/م٣.
فالنواة أخف من القشور ولذلك يستفاد من تباين كثافة القشور واللب في عزلهما بواسطة محلول من ملح كلور الصوديوم وفقاً لتركيز محدد ١٧-١٩% وكثافته١٣٣٠-١١٥٠ كغ/م٣ وحرارته ١٣ م .
وبالتالي فإن نقع البذور المحطمة القشور ولب البذور التي تعلق بها البذور في المحلول الملحي يؤدي على طفو اللب وترسب القشور وهناك طريقتين تستعملان لإجراء العزل بالمحلول الملحي:
في أحواض قليلة العمق ومتسعة السطح لتسريع العملية وتتم العملية في حوضين لتكرر مرتين حيث تنقل البذور من أحدهما إلى الآخر بوساطة أداة شبكية خاصة ويتم تحريك البذور بشكل جيد في الطبقات العلوية من المحلول ثم يترك المحلول لبعض الوقت مستقراً ليتم ترسب القشور وتستغرق العملية بهذا الشكل وحتى إنجاز عزل القشور عن اللب مدة ١٥-١٨ دقيقة. وتكون ثخانة طبقة القشور حوالي ٥مم ويغير المحلول الملحي عند اتساخه، أما اللب الناتج فيغسل بالماء بوجود حاجز منخلي ويبلغ معدل استهلاك الملح لطن طحينة ١٥٠-٢٠٠ كغ.
آلياً حيث في الخطوط الآلية ومن أجل تسهيل وتسريع عملية فصل اللب عن القشور تجري عملية إضافية لغسل مزيج اللب والقشور حيث يجري الغسل بالماء بواسطة آلة تتوضع قبل آلة المعاملة بالمحلول الملحي ليتم عزل القشور على مرحلتين ، أولاً في آلة غسل ماقبل المحلول الملحي لينعزل حوالي ثلثي كمية القشور وفي آلة المحلول الملحي ينعزل ما تبقى من القشور.

وآلات عزل القشور تحتاج إلى ٧٠ ليتر ماء /دقيقة حوالي ٣٤ ألف /وردية ،ويبلغ السطح الفعال الذي يعمل على عزل القشور في آلة المحلول الملحي مساحة ١١٠٠×٢٥٠٠ مم = ٢،٧٥ م٢ وغزارة تدفق المحلول الملحي في الآلة يبلغ ٢٠-٣٠ ليتر/دقيقة وحرارة المحلول الملحي ١٨-٢٠ مْ وتغذية الآلة يتم بصورة مستمرة بمزيج اللب والقشر وذلك بواسطة حلزون على أن معدل استهلاك الآلة من ملح الطعام يتراوح بين ٣٠٠-٤٠٠ كغ لكل طن من الطحينة وذلك حسب درجة اتساع بذور السمسم أصلاً.

هذا ومؤخراً وجدت طريقة لتحضير الطحينة دون المعاملة بالمحلول الملحي بواسطة عزل القشور عن النواة بالطريقة الجافة وتحضر الطحينة على الخط المذكور بالمراحل الإنتاجية التالية:

تنظيف البذور – والغسل – التبليل – التجفيف التمهيدي (حتى رطوبة ٣٠%) – تحطيم القشور – التنشيف (حتى رطوبة ١٠%) – عزل القشور – التحميص – التبريد – التنظيف – الطحن – التصفية – التعبئة.

٥ – غسل لب السمسم من الملح:

يغسل اللب في خزانات أو أحواض مائية مختلفة سعاتها (١٠٠-٣٠٠) ليتر وعلى عدة مرات ٣-٤ وفي عدة وجبات ماء ، وفي نهاية عملية الغسل يفحص اللب حسياً، حيث يجب أن يكون طعمه خالياً من آثار الملوحة ولذلك فإن كل وجبة غسل لب يجب إن تكون غير كبيرة بمعدل ٦٠-٨٠ كغ وتستمر مدة الغسل ٢٠ دقيقة.

أما في الخطوط الميكانيكية فمن أجل غسل اللب هناك آلة مستمرة العمل وسطحها المائي ١٣٠٠×٦٧٠ مم٢ ومن أجل تعويم الأجزاء الخفيفة وطرح ماء الغسيل ، ففي الآلة مصفاة اسطوانية بقطر ٤٥٠ مم وتستغرق العملية ٥-٦ دقائق ويوجه اللب المغسول بواسطة حلزون إلى خارج الآلة وكمية استهلاك الماء في الآلة حوالي ٥٠ ليتر/دقيقة، ويجب أن يتخلص اللب من طعم الملوحة حتى لا تنتقل إلى ملوحة طعم الطحينة، حيث إن نسبة الملح المسموح في الطحينة يجب ألا تتجاوز ٠،٨ % وفي طحينة الحلاوة الطحينية ألا تزيد على ٠،٥ % وفي نهاية عملية الغسيل فإن اللب يحتوي حوالي ٤٠% ماء ، وحوالي ٠،١ % ملح.

٦ – عملية طرح الماء بالطرد المركزي:

الهدف من هذه العملية طرح الرطوبة الخارجية من لب السمسم بعد أن تم عرضه إلى الغسل والماء من أجل ذلك تستعمل آلة نبذ تعمل بالطريقة المتقطعة عمودية التوضع بسعة ٨٠-٢٠٠ ليتر ، بداخلها مصفاة أسطوانية ذات فتحات ثقوب ١،٥ مم وسرعة الدوران ٨٠٠-١٠٠٠ دورة/دقيقة،وتستمر مدة النبذ ٢-٣ دقيقة ووزن كل وجبة من السمسم الذي تتغذى به الآلة ٦٠-٧٠كغ ، ويجب ألا تتجاوز رطوبة نوى السمسم بانتهاء العملية ٣٠%، حيث تزداد نسبة المادة الجافة حتى ٧٢ -٧٤% أما في حالة عدم توفر آلة النبذ فإن الماء الزائد من السمسم يطرح عن اللب بواسطة التصفية على صواني قاعدتها شبكة منخل ، وتستغرق العملية هنا ٣-٤ ساعات ، وبانتهاء عملية الطرد المركزي أو التصفية يوجه لب السمسم إلى عملية التجفيف والتحميص.

٧ – المعاملة الحرارية للب السمسم (التجفيف والتحميص):

بهدف طرح معظم الرطوبة من لب السمسم ولإعطائه اللون والطعم والنكهة والرائحة الجيدة المميزة تجري المعاملة الحرارية للبذور الزيتية عامة فبتأثير الحرارات المرتفعة تزداد قساوة اللب إلى الدرجة المناسبة من أجل طحنه بشكل أفضل للحصول على مادة الطحينة بالقوام الميكانيكي المناسب .

وتعامل نوى لب السمسم حرارياً بإحدى الطريقتين التاليتين:

١. تجفيف اللب حتى احتوائه على رطوبة ١٠-١٤% ومن ثم تحميصه حتى رطوبة نهائية ٠،٩-١،٢% أي على مرحلتين.

٢. دمج مرحلتي التجفيف والتحميص معاً وذلك دوم مرحلة تجفيف حراري أصولي ، وذلك ضمن وحدة حرارية منفردة ، ويمكن بهذه الطريقة أن يتم التحميص بأحد أسلوبين فإما بالأسلوب القاسي العنيف إما بالأسلوب اللطيف الهادئ.

((بسبب محاذير النظام القاسي والتي تنعكس على مواصفات لب السمسم الناتجة بالتحميص حسب النظام القاسي عند استعمال حرارة مرتفعة لسطح آلة التحميص الماسة للب السمسم ، ويتم انطراح المادة الدهنية من برتوبلاسما خلايا اللب من داخل النوى إلى سطحها مما يؤدي إلى تفكك المادة الدهنية وتغير رقم حموضتها وزيادة الفقد فيها على جانب تفكك المادة الحية وانخفاض كمية الماء والبروتينات المنحلة وغلى زيادة كمية القلويات المنحلة والبروتينات غير المنحلة وبالتالي يؤدي ذلك إلى تردي الطعم وتدني مدة الصلاحية للمنتج)).

إن عملية التجفيف الأولي تتم في جهاز خاص على شكل برميل يعمل بالطريقة المستمرة والتجفيف يتم بواسطة تيار من الهواء الساخن كما يمكن إن تتم العملية بأجهزة ذات تصاميم أخرى تعمل بنفس المبدأ على أن تكون حرارة الهواء الساخن الداخل إليها ١١٠-١٢٠ مْ وحرارته عند خروجه ٥٥-٦٥ مْ ويستغرق التجفيف الأولي الحراري حوالي ١٥ دقيقة شريطة أن تكون رطوبة لب السمسم الداخل إلى التجفيف ٢٨-٣٠% وفي خطوط الإنتاج الآلي المستمر حيث تتحقق مرحلتي التجفيف والتحميص معاً في وحدة حرارية واحدة يمكن إن تكون ذات تصاميم مختلفة منها تلك المسماة بالمجففات المنجمية الطابقية التصميم (كما في المخطط المرفق للخط الآلي).

وهي على شكل طبقات منضدة فوق بعضها البعض يفصل بينها مسافة معينة حيث يتم التجفيف على الرفوف العليا والتحميص على السفلى، ومرور المادة يتم بالتدفق من الرفوف العلوية إلى السفلية بواسطة حركة تلقائية لمجموعة الرفوف التي تحتويها كل صف وزاوية دوران ٩٠°، وبواسطة الهواء الساخن أو المزيج الهوائي الغازي الذي يعبر الوحدة على شكل تيارات من الأسفل إلى الأعلى بعكس اتجاه تحرك المادة التي تغذي الجهاز بصورة مستمرة وضمن ثخانة معينة تتوضع على رفوف التجفيف وزمن بقاء السمسم على الرفوف ٢،٥-٧ دقائق.

وعلى ذلك فإن مدة التحميص تغير وتنظم حسب الرطوبة الخارجة من السمسم وتكون حرارة الهواء الداخل من أسفل الوحدة للتحميص ١٦٠-١٦٥°س، وتهبط حرارة ذلك الهواء خارجاً من الأعلى بعد التجفيف ٩٠-١١٠°م.

٣ – أما في طريقة التصنيع المتقطعة فيتم التحميص فيها بواسطة محامص مكشوفة على شكل مزود (أسطوانة مقسومة طولياً ومتوضعة أفقياً) محاط بقميص يمر به بخار التسخين بضغط ٤-٥ كغ/سم٢ والآلة

مجهزة بأذرع لتقليب السمسم محمولة على محور سرعة دورانه ٢٥-٤٠ دورة /دقيقة وحسب سعة المحمص يمكن أن ينتج ١٥٠ كغ من اللب المجفف خلال ١،٥ ساعة وتبلغ حرارة لب السمسم في نهاية عملية التحميص ١١٥-١٢٠°س.

٨- التبريد:

بعد إجراء عملية تحميص لب السمسم تجري عليها عملية تبريد صريح لتصل إلى حرارة لا تزيد على ٥٠°سجود وذلك قبل أن تتردى نوعيتها بسبب طول مدة تأثير الحرارة المرتفعة وتجنباً من تفكك المادة الدهنية.

ويتم التبريد في آلات ذات تصاميم متنوعة مبدؤها خفض الحرارة بالتهوية بواسطة تيار هواء بارد ويمر خلال فتحات وثقوب تجهيزات انتقال لب السمسم إلى المرحلة الإنتاجية التالية بواسطة أنابيب مثقوبة أو في تجهيزات أسطوانية شبكية أو في الصناديق ذات قاعدتين السفلية مثقبة أو في أحواض معدنية على نفس المبدأ، تحرك المادة بداخلها بواسطة أذرع خلاط ميكانيكي.

وهناك عملية إضافية تجري لب السمسم مع التبريد وذلك في حالة استعمال بذور ليست جيدة النوعية أو وسخة أصلاً أو في حال حدوث خلل في عملية العزل الميكانيكي للقشور التي تسبق التحميص ، حيث تستخدم في هذه العملية الإضافية مداخل خاصة أو غرابيل هزازة ذات شبكة منخلية بقطر فتحات ١،٥-٢ مم أو شبكة غربال ذات رفين مهتزين لتخليص نوى البذور نهائياً من القشور.

ولب السمسم الذي انخفضت حرارته بعد التبريد إلى ٢٥-٣٠°سجود يوجه إلى عملية الطحن ماراً تحت تأثير مغناطيس عازل للشوائب المعدنية.

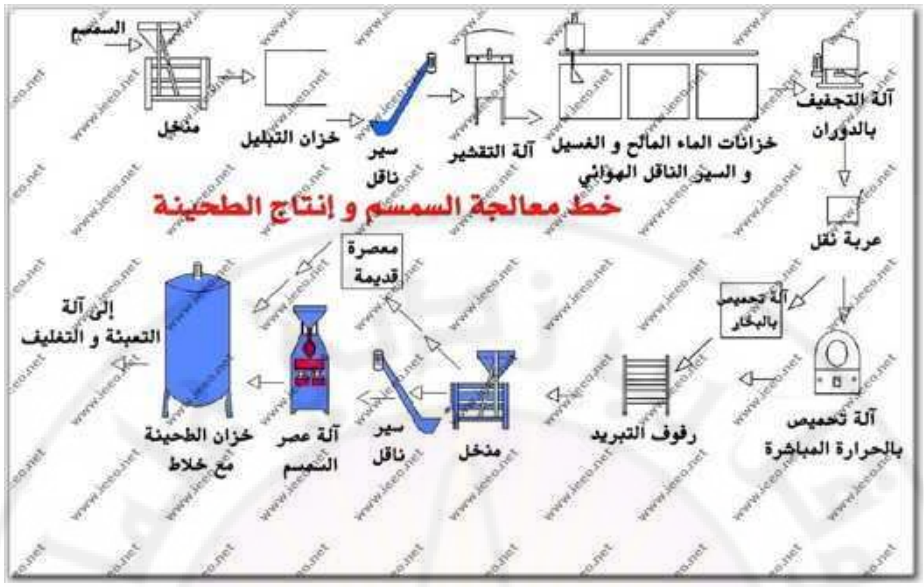
٩- الطحن والحصول على مادة الطحينة:

يطحن لب السمسم النظيف الخالي من القشور والشوائب والأبيض اللون على شكل كتلة مائعة (دسمة – بروتينية) متجانسة القوام بواسطة مطاحن خاصة بالبذور الزيتية ذات رحى حجرية ، محور دورانها أفقي أو عمودي التصميم ، كما أن هناك المطاحن ذات الأسطوانات الثلاثية أو الخماسية أو الثمانية شبيهة بتلك التي تنعم عليها كتلة الشوكولاته (المستعملة في خطوط صناعة الشوكولاته).

ومن الضروري للحصول على طحينة ناعمة التحبب أن لاتزيد رطوبة اللب على ١،٣% لأن زيادة الرطوبة وانخفاض قساوة اللب يسبب انخفاض إنتاجية المطحنة وصعوبة في عملية الطحن وتدنياً في نوعية الطحينة وزيادة لزوجتها (بسبب ارتفاع درجة التحبب والرطوبة) وتسريع في عملية ترسب طبقاتها وعدم تجانس المادة.

وتختلف درجة حرارة الطحينة التي تخرج من المطحنة حسب تصميم المطحنة ويجب ألا تزيد في المطاحن ذات الرحى عمودية الدوران ٤٥-٦٥° م والأفقية عن ٧٠°م وتصفى الطحينة الناتجة وتجمع للتعبئة.

مخطط (٢) لتكنولوجيا إعداد طحينة السمسم:



نماذج عن الآلات المستخدمة في تحميص السمسم :



آلة تحميص السمسم بالحرارة المباشرة (أوتوماتيكية):

تستخدم لتحميص بذور السمسم المقشّر

- مصدر حراري قد يكون غاز سائل LPG (غاز البروبان أو غاز البوتان أو مزيجهما) ، غاز طبيعي، مازوت، ديزل ، حطب أو أي وقود آخر ولكن الخيار الافتراضي هو الغاز السائل.

- يركب حراق الغاز السائل الصناعي في أسفل البراميل الدوارة.

· يتم التحميص عندما يدور البرميل باتجاه عقارب الساعة ويتم التفريغ بدورانه باتجاه عكس عقارب الساعة.

· السعة: ٣٠٠ كغ / الوجبة وتستغرق كل وجبة ٢,٥ ساعة.

· سرعة دوران البرميل : ١٩ دورة/ دقيقة باستخدام محرك ذو استطاعة ٢,٢ كيلو واط.

· جدران الآلة مغطاة ومعزولة باستخدام صفائح الستانلس ستيل نوع ٣٠٤.

آلة تحميص السمسم (يدوية):

آلة تقشير السمسم:

تستخدم لإزالة قشور السمسم

·الطاقة الإنتاجية: ٢٥٠ كغ / الوجبة، زمن الوجبة ١٥–٢٠ دقيقة.

٠ تعتمد على حزام هزاز مربوط مع محرك باستطاعة ١١ كيلو واط.

· سرعة الحزام: ٨٠ دورة / دقيقة.

·الآلة مغطاة بمادة الستانلس ستيل المعدنية.

منخل السمسم:

يستخدم لعزل السمسم عن الجزيئات الغريبة

· المنخل القياسي له شاشتين.

· الشاشة الأولى لها شبكة قطرها ٢,٥ ملم والشاشة الثانية لها شبكة قطرها ١,٥ ملم.

·يتم تشغيل المناخل بمحركات اهتزاز، استطاعة كل محرك ٠,٧٥ كيلو واط.

· السعة : ٥٠٠/١٠٠٠ كلغ/ساعة

·الشاشات مصنعة من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤، وهيكل الآلة مغطى بها.

· الأبعاد: ١٤٠ * ٢١٥ * ١٣٠ سم.

خزانات مياه لتقشير السمسم:

تشكل خزانات المياه مع آلة التقشير خط التقشير الرطب. أول خزان هو خزان التبليل، الخزانين الثاني والثالث هي خزانات المياه المالحة وفيها يتم فصل السمسم عن قشوره. والخزان الرابع هو لغسل الملح عن بذور السمسم.

· سعة خزان الترطيب القياسي هي ٢ طن ، و زمن الدورة ٥-٦ ساعات.

· سعة خزان التمليح القياسي هي ٣٠٠ كلغ، و زمن الدورة ٢٠ دقيقة.

· سعة خزان الغسل هي ٣٠٠ كلغ، وزمن الدورة ٢٠ دقيقة.

· جميع الخزانات مصنوعة من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤ بسماكة ٣-٤ ملم.

· خيار إضافي: دلو هوائي لنقل بذور السمسم بين الخزانات.

روبوت لنقل السمسم:

تعمل هذه الآلة الأوتوماتيكية مع خزان السمسم المذكور أعلاه.

· تستخدم لنقل السمسم بين الخزانات.

· محرك ذو مضخة هيدروليكية استطاعته ٢,٢ كيلو واط.

·محرك للحركة استطاعته ٠,٧٥ كيلو واط مع علبة سرعة.

·النظام : هيدروليكي.

رفوف تبريد السمسم:

تستخدم لتبريد بذور السمسم المحمصة بالهواء

·رفين قياسيين لتبريد ٢ طن من السمسم.

·الأبعاد: ١,٥*٢ م.

· مصنعة من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤.

آلة تجفيف السمسم:

تستخدم للتخلص من الماء من وعاء السمسم والماء بعد الغسل.

·الطاقة الإنتاجية ٢٥٠ كغ / وجبة، زمن الوجبة ١٥–٢٠ دقيقة.

· السرعة: ٨٥٠ دورة / دقيقة ، مع محرك استطاعته ١٥ كيلو واط.

· دواسة فرامل.

·القطر القياسي: ١٢٠ سم.

· جميع الأسطح الملامسة للأغذية من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤.

آلة تحميص السمسم بالبخار:

تستخدم لتحميص بذور السمسم المقشرة باستخدام بخار الماء

· السعة: ٣٠٠ كغ / الوجبة، زمن الوجبة ٢ ساعة.

·٥,٥ كيلو واط، اختزال ١٥ دورة بالدقيقة.

تجهيزات نقل السمسم:

تستخدم لنقل بذور السمسم بين المراحل

· ناقل مثبت/متحرك المسمار.

· أبعاد الناقل المثبت القياسي: القطر ١٦٠ ملم * الطول ٤,٥ م، استطاعة المحرك ٢,٢ كيلو واط.

·قطر الناقل المتحرك : ٠ ملم.

· استطاعة المحرك ١ كيلو واط ، الطول ٤,٥ متر . يمكن تحريكه بزاوية ٣٠ درجة كحد أعظمي.

·نماذج عن آلات إنتاج الطحينة :



طاحونة سمسم :

تستخدم هذه الآلة لطحن السمسم للحصول على الطحينة

· هذه الآلة مناسبة لتوضع في واجهة المحلات وليس للأهداف الصناعية.

·الطاحونة القياسية فيها حجرتين. سعتهما ٢٠-٢٥ كلغ/ ساعة.

· أبعاد الحجرة: ١٣ سم.

· فيها حجرتين. وتحتاج لمحرك باستطاعة ٣ أو ٤ كيلو واط ، ٢٢٠ فولت، ٥٠ هيرتز.

· فيها مضخة الطحينة بمزود طاقة ١,١ كيلو واط.

· في المطحنة: مضخة تبريد للدارة المغلقة (٠,٥٥ كيلو واط)

مروحة (٠,٣٧ واط)

طاحونة سمسم مع حجرتين:

تستخدم لطحن السمسم للحصول على الطحينة

- طاحونة الطحينة فيها حجرتين بسعة ١٠٠ كغ / ساعة.
- إحدى الحجرتين تحت المحرك والثانية بالأعلى.
- أبعاد الحجرات ١٨ سم.
- يمكن اعتماد حجرة أكبر.
- جميع الحجرات لديها ٣٠٠٠ دورة.
- يوجد حجرتين ويعملان باستطاعة ٧,٥ كيلو واط.
- فيها مضخة طحينة بمزود طاقة ١,١ كيلو واط.
- في المطحنة: مضخة تبريد للدارة المغلقة (٠,٥٥ كيلو واط)

مروحة (٠,٣٧ واط)

طاحونة سمسم – آلة الطحينة:

تستخدم لطحن بذور السمسم لإنتاج الطحينة

· يوجد في الطاحونة القياسية ٣ حجرات بسعة ٣٠٠ كغ / ساعة. يمكن تصنيع الطاحونة بسعة تتراوح بين ٢٥٠-٣٠٠ كغ/ساعة.

· يوجد في الطاحونة القياسية حجرة أولية تدور حول المحور الأفقي والحجرتين المتبقيتين تدوران حول المحور العمودي.

·جميع الحجرات لها نفس القطر: ١٨ سم. ويمكن تصنيع حجرات بقطر أكبر حسب الطلب.

· سرعات جميع الحجرات متساوية : ٢٨٠٠ دورة / دقيقة.

· تحرك الحجرات باستخدام ٣ محركات، استطاعة كل منها ٧,٥ كيلو واط.

· مضخة الطحينة بالأعلى ذات استطاعة ١,١ كيلو واط.

· وحدة تبريد بالماء للدارة المغلقة مع مضخة ماء (٠,٥٥ كيلو واط) بالإضافة لوجود مروحة (٠,٣٧ كيلو واط) لتبريد الحجرات.

· يوجد ممر احتياطي حول حجرات الطحن يستخدم في حالة الضرورة.

· مادة ستانلس ستيل ٣٠٤

طاحونة سمسم – آلة الطحينة:

تستخدم لطحن بذور السمسم لإنتاج الطحينة

· يوجد في الطاحونة القياسية ٥ حجرات بسعة ٥٠٠ كغ / ساعة. يمكن تصنيع الطاحونة بسعة تتراوح بين ٢٠٠-٥٠٠ كغ/ساعة.

· يوجد في الطاحونة القياسية حجرة أولية تدور حول المحور الأفقي والحجرتين المتبقيتين تدوران حول المحور العمودي.

· جميع الحجرات لها نفس القطر: ١٨ سم. ويمكن تصنيع حجرات بقطر أكبر حسب الطلب.

· سرعات جميع الحجرات متساوية : ٢٨٠٠ دورة / دقيقة.

· تحرك الحجرات باستخدام ٣ محركات، استطاعة كل منها ٧,٥ كيلو واط.

· مضخة الطحينة بالأعلى ذات استطاعة ١,١ كيلو واط.

· وحدة تبريد بالماء للدارة المغلقة مع مضخة ماء (٠,٥٥ كيلو واط) بالإضافة لوجود مروحة (٠,٣٧ كيلو واط) لتبريد الحجرات.

· يوجد ممر احتياطي حول حجرات الطحن يستخدم في حالة الضرورة.

· مادة ستانلس ستيل ٣٠٤

طاحونة سمسم – آلة الطحينة (النوع الكلاسيكي):

· يستخدم حجر طبيعي في الطاحونة.

المحرك: ١٥ كيلو واط مع مخفض السرعة

آلة تعبئة الطحينة :

تستخدم لتعبئة الطحينة بعبوات بلاستيكية

·تعبئة يدوية.

· السعة : ٥٠٠ كغ / ساعة.

· يصل وزن عبوة الطحينة لـ ١٠٠٠ غ.

· ضغط بالهواء : ٦–٨ بار

ستانلس ستيل ٣٠٤.

خزان الطحينة :

يستخدم لتخزين الطحينة

تتراوح سعة الخزان القياسي بين ١–٤ طن. ويمكن تأمين خزان بسعة أكبر حسب الطلب.

· فيه خلاط ذو سرعة ٢٥ دورة / دقيقة، يشغّله محرك استطاعته ١,٤٧ كيلو واط.

· ستانلس ستيل ٣٠٤.

تكنولوجيا إعداد وتحضير الحلاوة الطحينية محلياً

أولاً: خطوات صناعة الطحينة (سبق وتم شرحه بشكل مفصل).

ثانياً:تحضير مستخلص عرق الحلاوة:

أ- يحضر مغلي عرق الحلاوة بطبخ (١٠)كغ من عرق الحلاوة مع (٦٠٠) ليتر ماء ثم يغلى المحلول حتى يبقى بعد تركيزه (٥٠) لتراً فقط .

ب- يخمر مغلي عرق الحلاوة لمدة يومين .

ثالثاً:يطبخ مغلي عرق الحلاوة والسكر في صهاريج كبيرة قطرها (١)سجود وارتفاعها (٢)م بداخلها مضارب آلية للتقليب وتسخن الصهاريج بنار مباشرة أو بأفران توضع أسفلها، يضاف السكر بواقع ٤٥ كيلو غرام لكل ٥٠

لتر من مغلي عرق الحلاوة +١غ ملح ليمون لكل كيلو غرام سكر ، وعندما يتلون المخلوط السابق بلون أبيض توقف عملية الطبخ .

رابعاً: يوزع المخلوط السابق على أواني نحاسية مطلية بالقصدير نصف كروية ويضاف إلى كل منها قدرة من الطحينة البيضاء ٤٥٠كغ من المخلوط +٤٥٠ كغ طحينة بيضاء ويضاف القدر المناسب من المكسرات أو الفاكهة الجافة والمواد المكسبة للطعم أو الرائحة حسب الطلب .

خامساً: تبدأ عملية المزج التي تمر في ثلاثة أطوار وهي :

الطور الأول :

مزج الطحينة مع العجينة السكرية ومواد النكهة حيث تصبح حرارة المزيج ٨٠ سجود ،وتتم عملية التحريك بسواعد خشبية يدويا ومن قبل عمال أصحاب خبرة واسعة في هذا المجال حيث تتشكل كتلة متمازجة هشة القوام على شكل ألياف غليظة ولا يستغرق هذا الطور أكثر من دقائق ٢_٣ دقيقة .

الطور الثاني :

تبريد الكتلة المتمازجة إلى الدرجة ٦٥م حيث تبدأ بالظهور الخيوط (الألياف) السكرية المشبعة بالمعلق الطحيني وتستمر عملية التقليب والتحريك لحين الحصول على عجينة متجانسة من الحلاوة بقوام مطاطي مرن وكأنها ألياف صوفية متداخلة ،ويستمر هذا الطور ٢_٤ دقيقة.

الطور الثالث:

وفيه تنخفض الحرارة إلى ٥٥ م حيث تتحول الألياف إلى خيوط دقيقة وطويلة تشكل النسيج النهائي لمادة الحلاوة وتستمر عملية التحريك والتقليب للإقلال من الفراغات داخل النسيج الناتج ويدخل في هذا الطور عملية إسالة الكتلة الناتجة المتباطئ يدوياً للقدر (الإناء) وتركها تتطاول ثم ردها ثانية إلى القدر برفعها إلى الحالة الأفقية وتعاد هذه العملية في هذا الطور حوالي (٨-٩) مرات ولمدة (٤) دقائق يكون اللون عندها قد تحول إلى اللون الكريمي الفاتح واللامع وتبقى درجة الحرارة في هذا الطور في حدود (٥٥)°م لحين التفريغ والتعبئة .

تفريغ وتعبئة الحلاوة

تتم عملية تفريغ الحلاوة بعد انتهاء الطور الثالث وهي بدرجة حرارة (٥٥)° م إلى قوالب أو أواني خاصة معدة لذلك وتأخذ الحلاوة الناتجة شكل هذه القوالب عندما تبرد .وقد تستخدم الطرق الآلية في عمليات التعبئة ضمن عبوات خاصة بأوزان محددة ويجب أن تتم هذه العملية ووهي بالحرارة المقررة أعلاه لحمايتها من نزوح وانفصال الزيت منها بالإضافة إلى المؤثرات الخارجية كالضوء والهواء وغيرها .

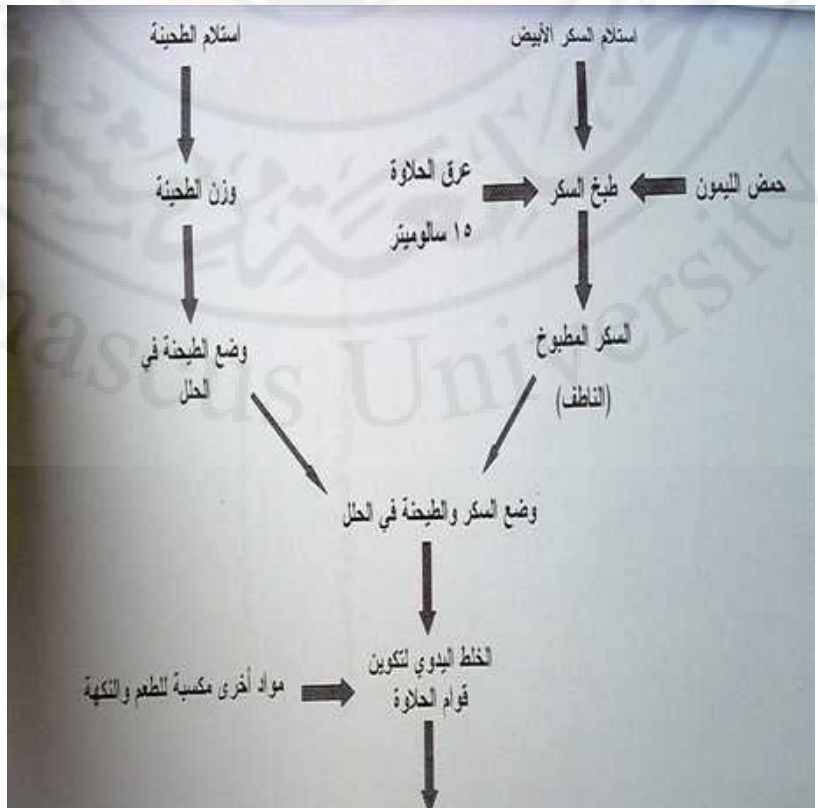
تبرد بعدها الحلاوة المعبأة في العبوات النهائية إلى الدرجة (١٥)°م وتفضل في هذا المجال أماكن التبريد الطبيعية المعرضة لتيارات هوائية باردة وبدرجة حرارة لا تقل عن (٨-١٠)° م علما بأن التخفيض المفاجئ والشديد في درجة تبريد الحلاوة يؤدي إلى انفصال طبقة زيتية عن الحلاوة وقساوة في قوام الحلاوة .

هاتان الظاهرتان من أهم مساوئ الحلاوة خلال التصنيع أو التخزين غير المناسب .

بطاقة البيان :

تؤخذ باعتبار المواصفة القياسية السورية رقم ١٩٧٧/٧٠ الخاصة بـ (بطاقة المواد الغذائية المعبأة والمعلبة) متضمنة اسم المنتج وعلامته الفارقة، اسم المعمل وعنوانه ، بلد المنشأ ، تاريخ الصنع وانتهاء الصلاحية، رقم المواصفة القياسية السورية الخاصة بالطحينة.

نماذج عن ألآلات صـــنع



الحلاوة الطحينية:

آلة الحلاوة:

تستخدم لغلي ومزج السكر مع عرق الحلاوة قبل خلطه مع الطحينة لتصنيع الحلاوة.

· مصدر حراري قد يكون غاز سائل LPG (غاز البروبان أو غاز البوتان أو مزيجهما) ، غاز طبيعي، مازوت، ديزل ، حطب أو أي وقود آخر ولكن الخيار الافتراضي هو الغاز السائل.

· يركب حراق الغاز السائل الصناعي في أسفل البراميل.

· سعة طنجرة الحلاوة الفردية أو المزدوجة المعيارية ١٠٠/ ١٥٠ كغ من المزيج بالوجبة، والتي تستغرق ٤٥ دقيقة . والتي تنتج ٢٠٠ / ٣٠٠ كغ من الحلاوة بعد مزجها مع الطحينة. يمكن تصنيع طنجرة حلاوة بسعة أكبر حسب الطلب.

· استطاعة محرك خزان عرق الحلاوة ٥,٥ كيلو واط، استطاعة محرك خزان السكر ٢,٢ كيلو واط، ويوجد مروحة لكل خزان باستطاعة ٠,٣٧ كيلو واط.

·جميع الأسطح الملامسة للطعام مصنعة من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤ وكذلك هيكل الآلة مغطى بها.

· الأبعاد: الطول : ٣٧٥ سم ، الارتفاع : ٣١٠ سم ، العرض: ١٧٠ سم ، الوزن: ٧٥٠ كغ

· الاستطاعة الكهربائية: X3803 فولت ، ٥٠ هرتز.

· الاستطاعة الكلية: ١٠ كيلو واط



آلة الحلاوة الثنائية:

تستخدم لغلي ومزج السكر مع عرق الحلاوة قبل خلطه مع الطحينة لتصنيع الحلاوة.

·مصدر حراري قد يكون غاز سائل LPG (غاز البروبان أو غاز البوتان أو مزيجهما) ، غاز طبيعي، مازوت، ديزل ، حطب أو أي وقود آخر ولكن الخيار الافتراضي هو الغاز السائل.

· تركب حراقات الغاز السائل الصناعي في أسفل البراميل.

· سعة طنجرة الحلاوة الفردية أو المزدوجة المعيارية ١٠٠/ ١٥٠ كغ من المزيج بالوجبة، والتي تستغرق ٤٥ دقيقة . والتي تنتج ٢٠٠ / ٣٠٠ كغ من الحلاوة بعد مزجها مع الطحينة. يمكن تصنيع طنجرة حلاوة بسعة أكبر حسب الطلب.

· استطاعة محرك خزان عرق الحلاوة ٥,٥ كيلو واط، استطاعة محرك خزان السكر ٢,٢ كيلو واط، ويوجد مروحة لكل خزان باستطاعة ٠,٣٧ كيلو واط.

·جميع الأسطح الملامسة للطعام مصنعة من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤ وكذلك هيكل الآلة مغطى بها.



آلة تصنيع الحلاوة (شكل برميل):

تستخدم لطبخ الحلاوة

السعة: ٢٥٠ كغ/ الوجبة. الزمن: ٢,٥ ساعة.

·محركين سرعة باستطاعة قصوى ٢,٥ كيلو واط،

· السرعة: ٣٠–٦٠ دورة/دقيقة.

·٠,٧٥ كيلو واط – ١٤٠٠ دورة/دقيقة.

· صنع الوعاء من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤ والهيكل مغطى بها.

· مصدر التسخين بالآلة القياسية هو الغاز السائل الصناعي LPG أو الغاز الطبيعي، ويمكن أن يكون بخار الماء حسب الطلب.



وعاء عجن الحلاوة (يدوي):

يستخدم لخلط الطحينة مع مزيج السكر وعرق الحلاوة ويتم عجن الحلاوة بشكل يدوي

· السعة: ٥٠ كغ

·مصنوع من الستانلس ستيل ٣٠٤.

· القطر : ٧٦ سم

· الارتفاع: ٨٠ سم

آلة كبس الحلاوة:

تستخدم لضغط الحلاوة في قوالب قبل التقطيع

· السعة: ٥٠٠ كغ/ساعة

·محرك هيدروليكي باستطاعة ٠,٣٧ كيلو واط وبسرعة ١٤٠٠ دورة / دقيقة.

· القوالب والأسطح الملامسة للطعام مصنعة من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤ وهيكل الآلة مغطى بالستانلس ستيل.

· أبعاد القوالب: ٣٦*٣٦ سم والعمق ٨ سم.

آلة تقطيع الحلاوة:

تستخدم لتقطيع الحلاوة المضغوطة في قياسات محددة.

· يتم التقطيع باتجاهين: بالطول ثم بالعرض.

· قياس القطعة الأدنى: ٥٠ غرام.

·السعة: ٣٠٠–٥٠٠ كغ / ساعة وتعتمد على مقدار ضغط الحلاوة.

· محركان: استطاعة كل منهما ٠,٣٧ كيلو واط وبسرعة ٢٣ دورة/دقيقة.

· مصنعة من مادة الستانلس ستيل ٣٠٤.

· يوجد ٥ سكاكين في الآلة القياسية.

آلة تغليف الحلاوة :

تستخدم لتغليف الحلاوة المضغوطة في قياسات محددة.

· المحرك servo و وحدة قيادته من ماركة Mecapion .

· المشفر من ماركة Mecapion .

· اللوحة والـ PLC من ماركة LS (سابقاً LG).

· وحدة التحكم بالسرعة ماركة LS .

· الشاشة ماركة LS .

· أجزاء أخرى ماركة LS .

· خلية ضوئية : حساس

١٥٠ ذاكرة

· عداد: يمكن توقيفه عند أي عدد (محرك وقف).

· على الشاشة: يمكن التعديل على أي ميلي متر.

· على الشاشة الرقمية: يضبط الطول بالميلي متر.

· شاشة لمس.

· ترموستات رقمي بدرجة حساسية ٢ .

· حسب المنتج: تحدد القيم المناسبة.

· يمكن التحكم بالمقاومات بشكل خارجي.

· يتم التحكم بالسرعة بمقياس الجهد.

· تغذية يدوية.

· وحدة التغذية: ٢٠٠٠ ملم.

· الطول: ٣,٥ م ، العرض ٨٠ سم ، الارتفاع: ١,٦ م.

· ٣٨٠ فولت.

· السعات الممكنة:

– ٥٠ غرام: ٦٠–٨٠ علبة/دقيقة.

– ١٠٠ غرام: ٦٠–٨٠ علبة/دقيقة.

– ٢٥٠ غرام: ٥٠–٧٠ علبة/دقيقة.

– ٥٠٠ غرام: ٨٠–١٠٠ علبة/دقيقة.

- ١٠٠٠ غرام: ٦٠-٨٠ علبة / دقيقة. (السعة العظمى)

مشـــــاكل تواجـــــه صـــــناعة الحلـــــوى:

أولا مشـــاكل متعلقـــة بـــالمواد المضـــافة :

-1فإن حلاوة الطحينية تحتوي على نسبه كبيرة من السكر حيث يضاف أكثر من ٥٥ %سكر المائدة إلى الطحينية السائلة .وقد يضاف بدلاً من السكر (العسل الأسود (بنسبة ٢٥- ٣٥% من السكر حيث يضاف إلى الطحينية لذلك فان استهلاك كميات كبيرة من الطحينية له تأثير بزيادة الوزن حيث أنها تحتوي على نسبه كبيرة من السعرات الحرارية لذلك يجب الحرص من هذه النقطة المهمة التي قد تؤدي إلى حدوث السمنة وارتفاع السكر في الـدم وخاصـة إنهـا كـذلك لا تحتـوي علـى أليـاف غذائيـة وخاصـة بعـد إزالـة والـتخلص مـن القشـرة

-2إن تصنيع الحلاوة الطحينية في أغلب الأحيان يتطلب إضافة مواد مضافة إما لإكساب اللون أو الطعم أو التثبت أو الحفظ ولقد استخدم في عملية تبييض الحلاوة مادة التيتانيوم عند تصنيع حلاوة الطحينية حيث إن العديد من المصانع الخاصة بالطحينة تستخدم مادة مبيضة تجعل الحلاوة الطحينية أكثر بياضاً ونصعاً مما يزيد من الإقبال عليها وبالتالي تظهر أنها سليمة وخالية من العيوب والتي تشير الدراسات العلمية أن له دور كبير في حـــــــــــدوث مشـــــــــــاكل صـــــــــــحية وخاصـــــــــــة الســـــــــــرطان.

ومما يزيد من تفاقم المشكلة هو يقبل العديد من الناس وخاصة كبار السن والأطفال على تناول الطحينية حيث كما أسلفنا تتصف حلاوة الطحينية بالعديد من الصفات مثل الطعم الحلو والناتج من إضافة السكر بكمية كبيرة وكذلك احتواؤها على زيوت عديدة كما أن سهولة هضمها أدى إلى زيادة الإقبال عليها فهي تذوب وتهضم بشكل كبير في الفم ومن أسباب إقبال الناس عليها بالإضافة للون والطعم والقوام فهي ماده غذائية رخيصة الثمن ولكن للأســـــف هنـــــاك العديـــــد مـــــن المحـــــاذير عليهـــــا.

ثانيـــا بالإضـــافة لـــذلك فهنـــاك أخطـــاء شـــائعة فـــي صـــناعة الحلـــوى الطحينيـــة منهـــا-:

-1حدوث تسكير للحلوى وخشونة في قوامها ويرجع ذلك لقلة إضافة حامض الستريك أو عدم إضافته أساسا.

-2زيـادة ميوعـة الحلـوى نتيجـة زيـادة كميـة الحـامض عـن الـلازم حيـث تمـتص رطوبـة مـن الجـو.

-3زيادة تماسك وتصلب قوام الحلوى مما قد يؤدى لخروج بعض الزيت من الحلوى بسبب زيادة كمية عرق الحـــــــــــ

-5خلط مكونات الحلوى على درجة حرارة مرتفعه يؤدى لانفصال جزء من الزيت وتلف قوام الحلوى.
-6عدم إتمام التحميص يؤدى لعدم تجانس الحلوى مع خشونتها .

أهم المقترحات لحل هذه المشاكل-:

-1التقليل من تناول الحلوى في الوجبات الغذائية وخاصة لكبار السن حيث يضاف أكثر من ٥٥% سكر المائدة إلى الطحينية السائلة مما يؤدى لزيادة الوزن حيث أنها تحتوي على نسبه كبيرة من السعرات الحرارية كما تؤدى لحدوث السمنة وارتفاع السكر في الدم كذلك كثرة تناولها للأطفال مع عدم العناية بنظافة الأسنان تؤدى لحدوث تسوس الأسنان..

-2زيادة الرقابة على تصنيع الحلوى ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية وعدم استخدام التيتانيوم فى تبييض الحلوى من قبل الجهات المراقبة والمتابعة للتصنيع من استخدام هذه المادة لتلافى طمع وجهل المصنعين.

-ضبط كمية الحامض المضافة وعدم زيادتها أو نقصها.

-4إضافة عرق الحلاوة بكميات مناسبة وعدم تعديه النسب المسموح بها لأنه قد يسبب حدوث إسهال Diarrhea كما قد يسبب تكسير خلايا الدم الحمراء لاحتوائه على مادة السابونين.

-5ضبط درجة حرارة تحميص السمسم وضبط درجة الحرارة بصفه عامه أثناء الصناعة حتى لا يتكون اللون البني مما يدفع بعض المصنعين إلى إضافة بعض المواد الكيمائية التي تزيل اللون البني وتعطي الحلاوة لوناً ابيض بتركيزات عالية منها مما يضر بصحة المستهلك.

-6القائمين والعاملين على صناعة الحلوى ذات خبرة ودراية كافية بأساسيات التصنيع ومراعاة الضمير فى إنتاج مثل هذه المنتجات التي سيتم ضخها فى الأسواق فالمتضرر الوحيد هو المستهلك.

-7تعبأ الحلوى فى عبوات مناسبة تمنع نفاذ الرطوبة إليها وتمنع نفاذ الحشرات إليها وعوامل الفساد الأخرى

** مواصفات الحلاوة الطحينية ذات الجودة العالية :

١ - الطعم والرائحة : أن تكون ذو مذاق حلو مقبول ولا يتبقى منها شئ عند استحلاب جزء منها في الفم وخاليه من التزنخ أو اى طعم غير مرغوب فيه .

٢- اللون : أن يكون لونها ابيض ناصعا ، وقد يضاف ماده أكسيد التيتانيوم لتحسين لون الحلوى إلا أن التشريعات الدولية حظرت استخدامه نظرا لسميته .

٣ - القوام والتركيب : ذات قوام ناعم متجانس وخاليه من العروق السكرية الناتجة من عدم كفاءة عمليه الخلط .

** العيوب التي قد توجد في الحلاوة الطحينية :

١- الطعم الردئ : نتيجة استخدام مواد خام رديئة أو نتيجة سوء التخزين .

٢- الطعم الخشن : نتيجة عدم نضج السكر جيدا أو لعدم كفاءة العجن .

٣- الطراوة والتعجن : نتيجة زيادة نسبه الطحينة أو عدم تحميص بذور السمسم للدرجة المطلوبة لاستخراج الطحينة أو نتيجة ارتفاع الرطوبة بها نتيجة لارتفاع الرطوبة النسبية في المخازن .

٤- الجفاف : نتيجة طول فتره التخزين وانفصال الزيت منها أو نتيجة نقص الزيت في الطحينة البيضاء ويمكن علاج هذا العيب بإضافة نسبه ضئيلة من المواد المستحلبة .

٥- التركيب المفكك : نتيجة نقص نسبه الطحينة في خلطه الحلوى أو زيادة عمليه العجن اليدوي أو الالى .

عوامل جودة الحلاوة الطحينية :

١- يجب أن تكون المواد الاولية الداخلة في الانتاج مطابقة للمواصفات القياسية الخاصة بكل منها .

2- يكون المنتج خاليا من التزنخ و الرائحة و الطعوم الغريبة الاخرى .

3- يكون المنتج خاليا من الحشرات و أطوارها و أجزائها و إفرازاتها .

4- يحتفظ المنتج بخواصه الطبيعية خاصة عدم انفصال الزيت و خلوه من البقع البيضاء و الداكنة .

5-يتميز المنتج بقوام متماسك سهل القطع .

6- أن لا تزيد نسبة الحموضة في المنتج النهائي مقدرة كحمض ستريك على ٠,٢ % بالوزن .

7- أن لا تزيد نسبة الرماد في المنتج النهائي عن ٢ % بالوزن الجاف. الا تزيد نسبة الرماد غير الذائب في الحمض على بالوزن % ٠,٢ .

8- أن لا يقل نسبة الدهن (الناتج زيت السمسم عن ٢٥ % بالوزن

فوائد الحلاوة الطحينية:

(1يحافظ زيت السمسم على صحة الإنسان عمومًا، فهو يحتوي على ٢٠% بروتينات عالية الجودة، و٥٠ %دهون غير ضارة وكالسيوم وحديد وفيتامينات ب١ و ب٢ وفيتامين د.

تعدّ الحلاوة الطحينية مصدر طاقة للجسم، فهي تزيد من قوة العضلات.

(3تنشط الحلاوة الخلايا والأنسجة، وتزيد من فعالية وظائفها.

(4تزيد الحلاوة من وقاية الجسم من أمراض السرطان والقلب والشيخوخة المبكرة، وتقي من خطر الإصابة بتصلب الشرايين.

(5تحمي الحلاوة جسم الإنسان من سرطان الجلد والقولون.

(6تحمي الحلاوة الجلد عمومًا، وتنشط وظائف القناة الهضمية.

(7تساعد الحلاوة على الهضم، والتخلص من الإمساك.

(8تقضي الحلاوة على الديدان الموجودة في الأمعاء.

(9عنصر غذائي هام لتغذية شبكة الأوعية الدموية في الجسم.

(10تقوي رد الفعل المناعي للجسم.

(11تعتبر وجبة مهمة للنفساء بعد الولادة حيث تساعد على إدرار الحليب.

كثرة تناول الحلاوة الطحينة يمكن أن يسبب بعض المشاكل الصحية ومنها :

١- تؤدي كثرة تناول الحلاوة الطحينية إلى زيادة في الوزن بسبب نسبة السكر العالية فيها كما أنها مضرة لمرضى السكر.

٢-وجود مواد مضافة تمنح الحلاوة اللون الأبيض تبين فيما بعد أن هذه المادة يمكن أن تسبب السرطان.

المتطلبات التي يحتاجها التصنيع لمراعاة صحة المستهلك وعدم تضليله وسلامة صحته :
١-عدم وجود بقع بيضاء وداكنة

٢-عدم انفصال الزيت عن الحلاوة

٣-أن يكون النوع متماسك القوام سهل القطع

٤-خالي من الطعم والرائحة الزنخة أو إي طعم غريب

٥-خالية من الحشرات وأجزائها وإفرازاتها

٦-خالية من أي انباتات فطرية ظاهرة

٧-خالية من المواد المالئة العضوية مثل (النشا – الدقيق) أو غير العضوية أو أية محليات صناعية

٨-لايسمح بإضافة المواد الملونة

٩-خالية من زيوت أو مواد دهنية خلاف زيت السمسم

١٠-تستخدم السكريات المغذية الطبيعية في التحلية

١١-يجوز إضافة مكسرات (اللوز – الفستق – الجوز) والفاكهة المسكرة أو المجففة ومسحوق الكاكاو

١٢-يجوز استخدام مستحلبات الدهون

١٣- تطابق المكونات مع ما نصت علية المواصفة

١٤- تعبأ في عبوات مناسبة مغلفة لتحمي المنتج من الرطوبة والتلوث

١٥-لايسمح بالتصاق الحلاوة الطحينية ببطاقة التغليف

١٦-حماية المنتج من المؤثرات الجوية المختلفة التي تعرضه للتلف أو تغير صفات

١٧-تخزن بعيدا عن مصادر الحرارة والشمس وأية مواد تؤدي إلى التلوث

١٨-البيانات الإيضاحية اسم المنتج (حلاوة طحينية)

ويجوز كتابة مصنوع من السكروز ١٠٠%في حالة استخدام السكروز فقط وذكر قائمة المكونات مع بيان أسماء السكريات الطبيعية المستخدمة

بيان وجود مكسرات ومواد نكهة

تاريخ الإنتاج والانتهاء

تغش الحلاوة الطحينية بوسائل متعددةمنها اضافة شراب الغلوكوز وانواع من دقيق الذرة والارز ،كما توجد هناك اخطاء في صناعتها نذكر اهمها:

١- قلة الجزء المحول من السكاروز الى غلوكوز وفركتوز اما لقلة حمض الليمون المضاف اولقصر فترة الطبخ .

٢- زيادة سيولة الحلاوة او ضعف قوامها بسبب زيادة كمية حمض الليمون المضاف على الحد المناسب .

٣-تماسك قوام الحلاوة وصلابته وخروج بعض الزيت منها وهو ما يعرف بانفصال الزيت ويعود

ذلك الى زيادة كمية عرق الحلاوة عن الحد المطلوب.

٤- يؤدي خلط الحلاوة اثناء اعدادها بالمرحلة الاخيرة على درجة حرارة مرتفعة الى تلف قوام الحلاوة وانفصال جزء من زيتها .

٥- تؤدي زيادة عملية خلط الطحينة بالمحلول السكري الى تصلب قوام الحلاوة مما يجعل تقطيعها اكثر صعوبة .

٦- يؤدي ارتفاع درجة حرارة تحميص السمسم على الحد الملائم التلف صفات البذور مع تكون طبقة صلبة على السطح بينما يظل لبها رطبا فتعطي بالنهاية طحينة غير متجانسة وبخاصة من حيث النعومة والتحبب .

٧- يؤدي عدم اتمام التحميص كما هو مطلوب الى عدم تجانس الحلاوة والى خشونتها .

تغش الحلاوة الطحينية بوسائل متعددةمنها اضافة شراب الغلوكوز وانواع من دقيق الذرة والارز ،كما توجد هناك اخطاء في صناعتها نذكر اهمها:

١- قلة الجزء المحول من السكاروز الى غلوكوز وفركتوز اما لقلة حمض الليمون المضاف اولقصر فترة الطبخ .

٢- زيادة سيولة الحلاوة او ضعف قوامها بسبب زيادة كمية حمض الليمون المضاف على الحد المناسب .

٣-تماسك قوام الحلاوة وصلابته وخروج بعض الزيت منها وهو ما يعرف بانفصال الزيت ويعود ذلك الى زيادة كمية عرق الحلاوة عن الحد المطلوب.

٤- يؤدي خلط الحلاوة اثناء اعدادها بالمرحلة الاخيرة على درجة حرارة مرتفعة الى تلف قوام الحلاوة وانفصال جزء من زيتها .

٥- تؤدي زيادة عملية خلط الطحينة بالمحلول السكري الى تصلب قوام الحلاوة مما يجعل تقطيعها اكثر صعوبة .

٦- يؤدي ارتفاع درجة حرارة تحميص السمسم على الحد الملائم التلف صفات البذور مع تكون طبقة صلبة على السطح بينما يظل لبها رطبا فتعطي بالنهاية طحينة غير متجانسة وبخاصة من حيث النعومة والتحبب .

٧- يؤدي عدم اتمام التحميص كما هو مطلوب الى عدم تجانس الحلاوة والى خشونتها.

الفصل الحادي عشر

تقانة صناعة الشوكولاه

تعد الشولولاه من اكثر الاغذية شيوعا في العالم لها تاريخ حافل لبكهتها الذيذة وتركيبتها الغنية . فنحصل على الشوكولاه من حبوب شجرة الكاكاو التي تم زراعتها في امريكا منذ ٤٠٠٠ عام ،و في القرن الثاني عشر شربت العائلات الهندية مشروب الكاكاو في مناسبات الزواج والاحتفالات الاخرى . ولكن الشوكولا لم تعرف في اوروبا حتى عام ١٥٢٨ م حين اتى بها المستكشف الاسباني Hernan Cortes ومنذ ذلك الحين اصبح تناول مشروب الكاكاو شائعا في اسبانيا وباقي دول اوروبا ،، وبعد ٣٠٠ عام قام عالم هولندي محب للكاكاو بصنع الواح من الشوكولا فغدا الناس ياكولون الشوكولاه ومع مر الايام قامت بعض الدول مثل بلجيكا وسويسرا وانكلترا بصنع انواع متعددة منها .هناك اسباب عديدة جعلت الشوكولا من ضمن الاغذية الاكثر شيوعا في العالم ،

لطعمها اللذيذ وغناها بالسعرات الحرارية كما ان بعض الناس يجد ان الشوكولاتكون الذ مذاقا عندما تضاف اليها الفاكه والمكسرات و جوز الهند .بالاضافة الى ذلك فان اكل الشوكولا يساعد على زيادة الجهد العضلي لان السكر والدسم الموجود في الشوكولا يزود الناس بالقدرة السريعة ،ولهذا السبب فان متسلقي الجبال يحملون الشوكولاه بين امتعتهم تحسبا للحالات الطارئة كما ان الناس يسارعون التناول حبات الشوكولاه في حالة شعورهم بالتعب ، ان الشوكولاه لها تاثير على القدرات الذهنية لذلك فان معظم الناس يقولون بانهم ياكولون الشوكولاه في حالات شعورهم بالضغط النفسي ،ويفسر ذلك علماء التغذية بان مركب الفينول فثالين يقوم بخفض الضغط النفسي بالجسم . وفي النهاية لابد من القول ان طعم الشوكولاه وتاثيرها البدني والذهني على الانسان جعلها واحدة من الاغذية المفضلة لدى الناس في كافة انحاء العالم . عرف الشعب AZETICS المكسيكي شجرة الكاكاو و بالتالي قاموا بإنتاج شراب من هذه الشجرة بعد تحميص حبوبها ثم طحن هذه الحبوب و إضافة الماء البارد إليها و مزجها فيه ، ثم إضافة العسل و بعض التوابل مما أعطى طعماً منعشاً. كان رئيس القبيلة يشرب كل يوم 50 كوب بقصد تجديد شبابه ، و كان الكوب عبارة عن أوراق نبات السلوى .

انتقلت هذه النبتة إلى أمريكا عبر الفتوحات التي قام بها كريستوف كولومبس ، واعتبرت هناك تحفة نادرة لأنها مجددة للشباب و كانت أسعارها مرتفعة بشكل كبير ، و بالتالي اقتصرت على الأغنياء في أوربا في 1727 ثم إضافة الحليب إلى شراب الكاكاو .

في عام 1828 قام العالم Hutmen **VAN** الهولندي بعد معرفته أن الشوكولا لا يمكن تصنيعها من حبوب الكاكاو لأنها تعطي كتلة صلبة جداً ولأنها لا تحوي نسبة دهون كافية ، فقام بتحميص حبوب الكاكاو ثم طحنها وعصرها فتنتج زبدة الكاكاو ، و كتلة جافة تسمى ماس الكاكاو وهو عبارة عن (زبدة الكاكاو + مسحوق حبوب الكاكاو المحمصة) و بالتالي شوكولا .

في عام 1876 جاء العالم السويسري دانيال قام بإضافة الحليب (السائل) إلى المزيج السابق ، واستطاع نزع الماء الموجود في هذا المزيج ، وسمي شوكولا فتات الحليب .

ازدادت الكميات المشحونة من أمريكا إلى أوربا ، و زادت المنتجات ، و أضيف الحليب الجاف (بودرة) إلى شوكولا لإنتاج شوكولا الحليب

شجرة الكاكاو

ساق تخرج منها عدة فروع غليظة طولها m (1-1.5) ينتهي كل ساق بأغصان على شكل المروحة وبالتالي تشكل كتلة خضراء .

تعتبر شجرة غريبة لأن الأغصان تشكل مروحة ، وكما أن الأزهار تظهر على الساق وعلى الأغصان ، وتغطي ثمار الكاكاو ، وطول الشجرة (٦ م) وهي تحب الظل لذلك ، يتم زراعتها بين الأشجار الكبيرة ، وبالتالي لا يمكن للأعشاب النمو بينها .



أوراق الشجرة طويلة (30 cm) ، أزهارها قطرها (1.5 cm) بيضاء أو وردية تلقح بواسطة الحشرات ، وتنتج ثمار الكاكاو ، ولكي تنضج هذه الثمار تحتاج إلى ٦-٧ أشهر.

وإن هذه الزهرة على شكل نورات ، لا تلقح جميع الأزهار ، بعضها يلقح وبعضها يضمر نموها ، الثمار العالية تقطع بأداة حادة وهي لا تنضج مع بعضها (بشكل تدريجي) ، مثل ثمرة التين ، الثمار غير الناضجة تكون حامضية قابضة غير صالحة لصناعة الشوكولا ، ويتحول لون الثمار عند النضج من الأخضر إلى الأحمر أو البرتقالي ويكون طول الثمرة 30 cm ، تشبه ثمرة البطيخ .

تفصل البذور عن الثمار إما بضربها بالعصي أو السكاكين وتنزع البذور مع جزء من اللب المحيط بها الغني بالمواد السكرية ، إن نضج الثمار عامل محدد هام في إعطاء نكهة الشوكولا .

وأما بالنسبة للدسم الموجود في البذور يتأثر بالظروف المناخية بالنسبة إلى نسبته ، درجة انصهاره ، في حال تم النضج في درجات حرارة منخفضة نحصل على دسم ذو درجة حرارة انصهار منخفضة ، وفي حال تم النضج في درجات حرارة عالية نحصل على دسم ذو درجة حرارة انصهار عالية ، ولذلك يفضل الكاكاو المنتج من ماليزيا ثم المنتج من غرب إفريقيا ثم المنتج من البرازيل .

حبة الكاكاو

تشبه حبة الفول ثنائية الفلقة يحيط بها قشرة صلبة جدا وتحوي فلقتي الحبة على نسبة عالية من الدسم ، في البداية تكون نسبة الرطوبة % 70 وتنخفض إلى % (8-7) بعد التحميص ، كما تحوي الجنين اللازم لعملية الإنبات ، طول الحبة (٢-٣) سم ، وغالبا لونها قرمزي مائل إلى البني إذا كانت الظروف ملائمة لعملية الإنتاج .



تخمير ثمار الكاكاو

عملية هامة جدا لإعطاء النكهة ، توضع البذور مع جزء من اللب المحيط بها في كوم وتغطى بقشور الموز وتخلط كل فترة ، والطريقة الأفضل أن توضع الحبوب في صناديق مثقبة أو قاعدتها تكون على شكل قضبان ، وذلك للتهوية وخروج السوائل الناتجة عن التخمير.

وأثناء عملية التخمير تحدث تحولات كبيرة أساسها اللب والتي تقوم بها خمائر وبعد استهلاك الأوكسجين تتحول السكريات إلى كحول . وبعد التقليب يعود الأوكسجين ويدخل إلى اللب فتنشط البكتيريا التي تحول الكحول إلى حمض الخل ، ترتفع درجة الحرارة لتصل 45 مْ و تنشط بكتيريا حمض اللبن.

و بما أن حبوب الكاكاو حساسة فهي تموت نتيجة الحرارة و ارتفاع الحموضة ، عند موت الحبة (الجنين) تتمزق أغشية الخلايا الموجودة داخل الحبة مما يؤدي إلى اتصالها مع بعضها ، مما يؤدي إلى انزياح مادة الأنثوسيانين إلى كامل الحبة . تعد عملية التخمير غير رجعية أي الخطأ الذي يحدث لا يمكن إصلاحه .

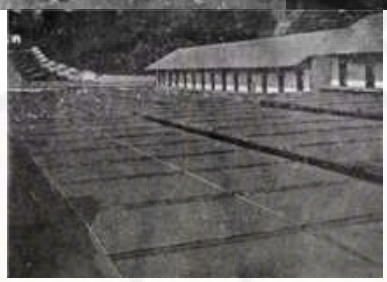
عملية التجفيف

بعد التخمير تكون نسبة الرطوبة في الحبة % 70 ، و بالتالي لا يمكن الاحتفاظ بها بسبب نشاط عمليات الأكسدة ولذلك لا بد من تجفيفها ، و ذلك بنشرها على سطح التربة أو مساطب اسمنتية تحت أشعة الشمس . و بما أنه في الليل تكون نسبة الرطوبة عالية و في النهار الحرارة عالية لذلك تجمع على شكل كوم و تغطى و تنشر في النهار .

و يمكن أن تنشر على أسقف موضوعة على عربات لسحب العربات في حال المطر، أو توجد أسقف تغطي هذه العربات ، يجب الانتباه في عملية التجفيف باستخدام حرارة غازات الاحتراق خوفاً من تسرب جزء منها ، لأنها تعطي نكهة لا يمكن إزالتها لاحقاً ، تحتاج هذه الطريقة إلى (2-1) يوم ، و بالتالي يحدث جفاف للطبقة السطحية مما يقلل من انتقال الرطوبة إلى السطح و لذلك توقف

عملية التجفيف في الليل و تشغل في النهار مما يسمح بتجانس الرطوبة في الحبة ، يقدر الإنتاج العالمي من حبوب الكاكاو بـ ٢,٤ مليون طن .





و أكثر الدول إنتاجاً هي

ساحل العاج	يقدر إنتاجها	8000000 طن
يليها البرازيل	يقدر إنتاجها	3000000 طن
غانا	يقدر إنتاجها	280000 طن
اندونيسيا	يقدر إنتاجها	240000 طن
ماليزيا	يقدر إنتاجها	200000 طن

يخزن الكاكاو في أكياس من الخيش ، و توضع في خزانات خشبية تيم تهويتها دائماً ، ما عدا في حال حدوث أمطار لمنع دخول الرطوبة . يشحن الكاكاو في البواخر التي تكون على شكل حاويات معدنية ، حيث تكون ظروف التعبئة 30 مْ ، % 70 رطوبة جوية ، رطوبتها % 7 ، و بما الإنتاج في النصف الجنوبي (صيفاً) من الكرة الأرضية و يتجه نحو النصف الشمالي (شتاءً) . مما يؤدي إلى تكاثف الرطوبة على سقف الحاويات.

السكر

يفضل أن يطحن السكر مع حبوب الكاكاو لأنه عبارة عن بلورات متوسطة القوة ، إن عمليات الطحن عبارة عن عمليات ضغط وسحق.

يحيط بلورة السكر سكر غير متبلور ٣-٥ % ، وله محاسنه ومساوئه.

مساوئه: شره جداً لامتصاص الرطوبة وبالتالي سوف يمتص كمية كبيرة من الماء تعادل ٣٠

% من كمية السكر غير المتبلور وهي كمية كبيرة ، وبعد فترة وجيزة يحدث جفاف للسكر غير المتبلور فتقوم هذه الرطوبة بإحاطة جزيئات السكر ، مما يؤدي إلى التصاق هذه الجزيئات مع بعضها وتشكل غشاء محلول سكري ، وعند تبخر الماء تتشكل كتل.

محاسنه: بودرة السكر شرهة لامتصاص النكهة ، فإذا طحن السكر مع مادة أخرى فإنه يمتص نكهتها ، ووجد أن الشوكولا المصنعة من بلورات السكر ذات طعم غني ممتاز أفضل من الشوكولا المصنوعة من بودرة السكر ، لذلك يضاف الكاكاو إلى بلورات السكر وتسحق معاً.

لإنتاج سكر غير متبلور يتم ضخ محلول سكري على شكل رذاذ في خزان ذو درجة حرارة مرتفعة يحوي هواء جاف ، فتتشكل حبيبات السكر غير المتبلور ، أو يوضع المحلول تحت التفريغ.

إن السكر غير المتبلور يرفع من درجة حرارة انصهار الشوكولا ، وذلك عن طريق تشكيله كتلة لبادية (مُتلبّدة) كثيفة من الخيوط الرفيعة التي تدخل في نسيج الشوكولا.

لا يفضل إضافة الغلوكوز كمادة محلية إلى الشوكولا لأنه وحيد الرطوبة ($C_6H_{12}O_6.H_2O$) ، وأثناء مرحلة الكونج يتحرر الماء المرتبط مع جزيئة الغلوكوز والذي يقدر بـ (٧–٨ %) مما يعطي الطراوة للشوكولا.

تستخدم الكحولات السكرية لمرضى السكري والتي نحصل عليها بإرجاع السكريات

الغلوكوز ← سوربيتول

مانوز ← مانيتول

يفضل استخدام الفركتوز في صناعة الشوكولا لأنه مناسب لمرضى السكري حيث أن استقلابه بطيء ونسبة قليله منه تتحول إلى غلوكوز ، والأهم أن الفركتوز لا يحتاج إلى أنسولين لاستقلابه ، وإنما يستقلب في الكبد وبالتالي لا يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم.

لا يمكن النظر إلى حلاوة الشوكولا من خلال حلاوة السكريات الداخلة فيها وإنما يحدث تداخل فيها.

قلونة حبات الكاكاو

وذلك بإضافة مادة قلوية $CaCO_3$ لتعديل الحموض وزيادة إنضاج حبيبات الكاكاو.

ويجب الانتباه بحيث لا تزيد كمية القلوي حتى لا تحدث عملية التصبن ، ويتم التحكم بذلك بإضافة حمض الليمون.

تفيد إضافة المادة القلوية في صناعة شرابات الكاكاو ، وذلك عن طريق منع تشكيل مركبات النكهة.

تحميص الكاكاو

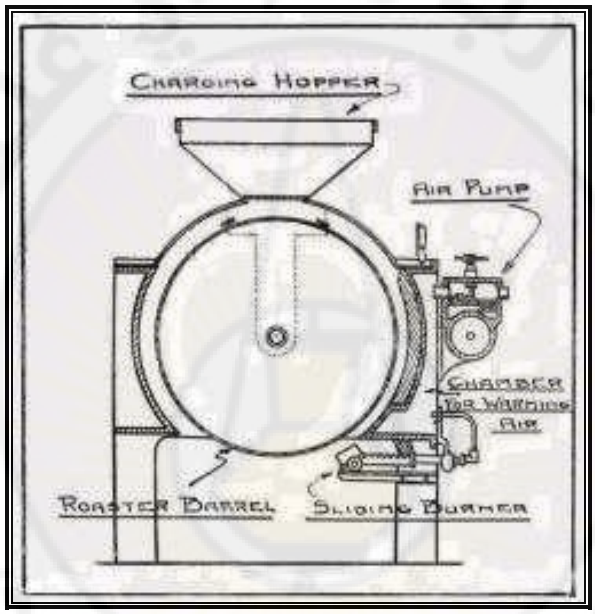
فوائدها:

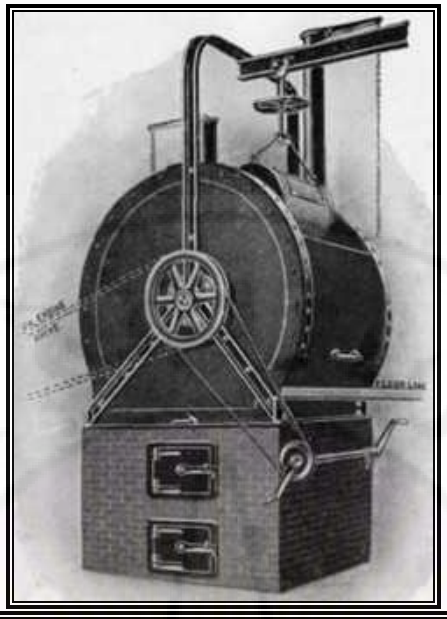
١. تسهل عملية انفصال القشرة عن اللب ، بالتحميص يبتعد القشر عن اللب

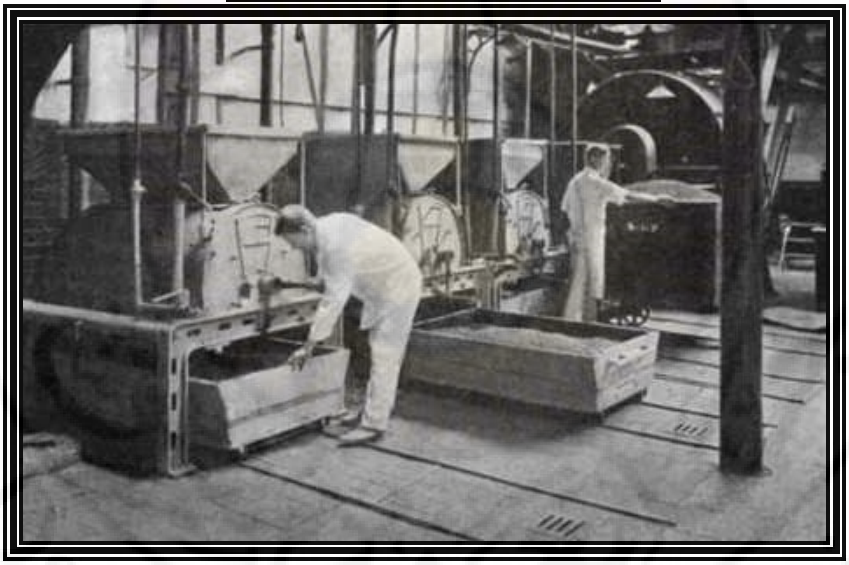
٢. تسهل انفصال وخروج الدسم

٣. تساعد في تشكيل مركبات النكهة

تحوي الحبيبات على بروتينات وسكريات ، ونتيجة التحميص يحصل تفكك للسكريات إلى سكريات محولة ، ويتفكك جزء من البروتينات إلى حموض أمينية يتفكك جزء منها مما يؤدي إلى تشكل تفاعل ميلارد الذي يتم على مراحل متعددة.







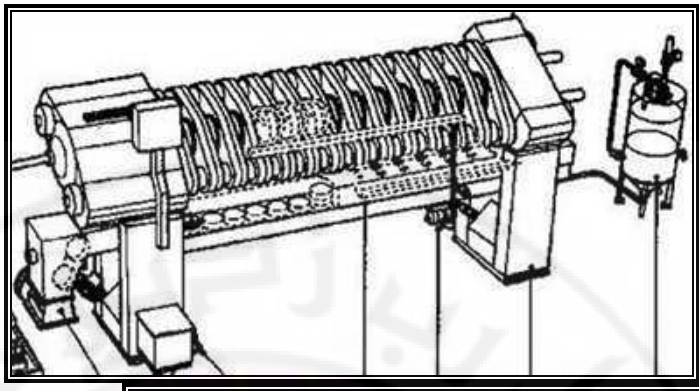
ثم تتم عملية تبريد مباشر ثم جرش ، والهدف من الجرش إلى قطع هو فصل اللب عن القشرة.

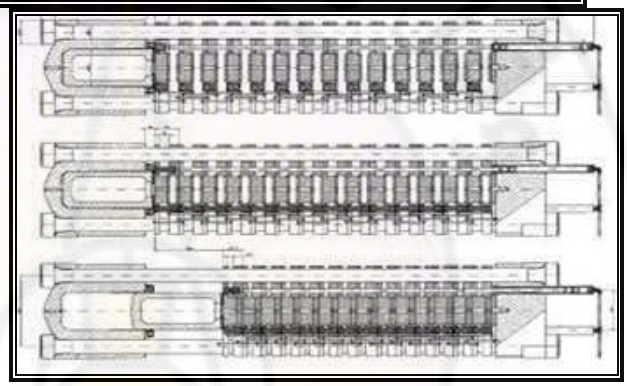
سحق اللب

يؤدي إلى خروج الدسم ، والذي يسهل خروجه هو عملية التحميص التي أدت إلى إنضاج الخلايا الحاوية على الدسم.

يتم عصر اللب لنحصل على زبدة الكاكاو والباقي هو ماس الكاكاو ، وتكون نسبة الدسم فيه (١٠-٢٠%) ، ثم نضيف الماء إلى ماس الكاكاو ، ويبخر تحت التفريغ مما يؤدي إلى تطاير النكهات غير المرغوبة و الحموض الطيارة.

مما يمكن من تقصير زمن الكونج.





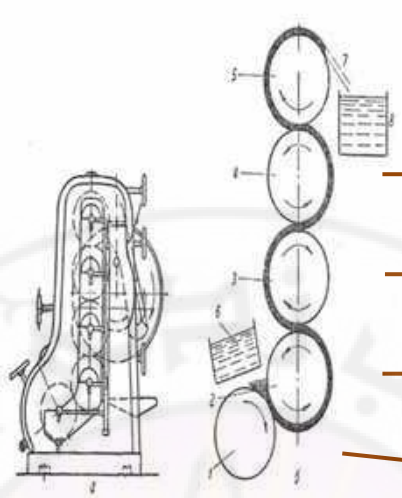
خلط السكر مع الكاكاو

الجهاز عبارة عن حوض يحوي بداخله دولابين دوارين

التنعيم

تنعم المنتجات باستخدام خمس اسطوانات سرعة الاسطوانات غير متماثلة

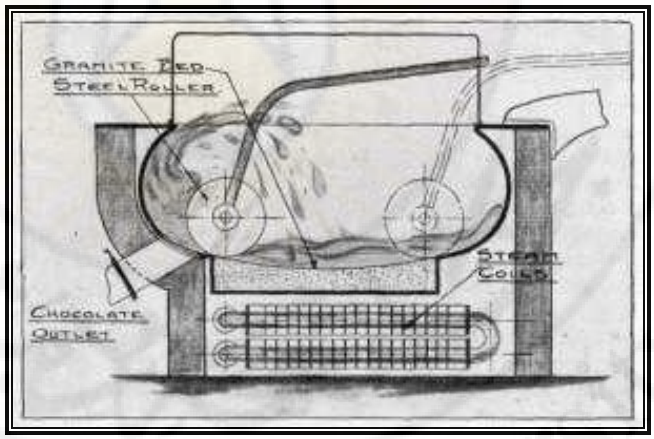
، فسرعة الاسطوانة الأولى هي الأقل وتزداد سرعة الاسطوانات التالية تدريجياً ، يؤدي اختلاف سرع الاسطوانات إلى زيادة فعالية عمليات الطحن والتنعيم.

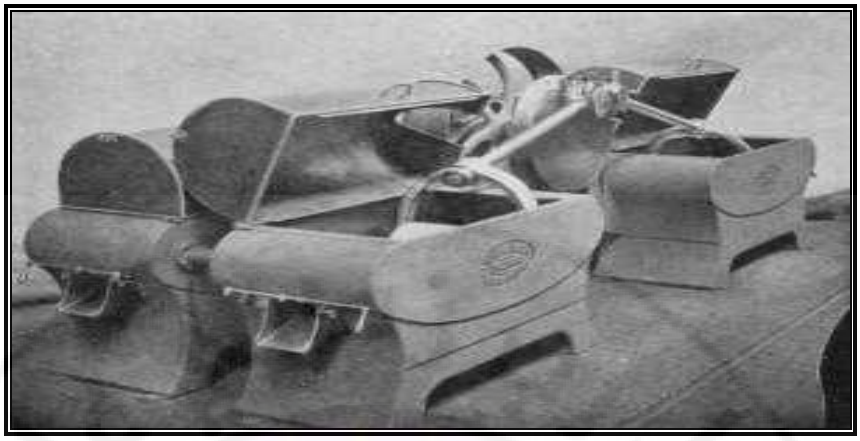


تخرج المادة على شكل ناعم ،كرمل البحر، غير متماسكة لأن جزيئات الدسم بينها قليلة ، وبالتالي لا ترتبط الحبيبات مع بعضها.ثم تخضع المادة لعملية خلط ثم عملية سحق.

الكونج

هي عملية تحريك ومزج ، تتم في حوض يحوي اسطوانتين تتحركان في الحوض مما يؤدي إلى عمليات قص وضغط.





تؤدي إلى قص الجزيئات المفصولة عن بعضها ، والغاية منها هو فصل الجزيئات عن بعضها (٢٠) ميكرون وتغطيتها بغلاف من الدسم مما يخفف من الطعم المر للكاكاو ومن الطعم الحلو للسكر.

مما يحدث تبخر جزء كبير من المواد النافعة الطيارة ، كما يحدث تفاعل ميلارد مما يكسب الشوكولا نكهة.

فترة الكونج الطويلة تعوض عن درجة حرارته المنخفضة ٧٠ C° ، وبالتالي تسير تفاعلات ميلارد بشكل بطيء ، مما يعطي الشوكولا إغناء لطعمها.

في المرحلة الأخيرة نضيف الليستين ، وهي المادة التي تؤدي إلى خفض معامل اللزوجة ، لا يضاف الليستين في البداية لأنه يحيط بحبيبات الكاكاو وبالتالي يمنع تطاير المواد الطيارة.

يغطي الليستين حبيبات السكر أكثر مما يغطي حبيبات الكاكاو.

التعديل الحراري

تتصلب الشوكولا نتيجة تبلور جزيئات الدسم ، ووجد أن بلورتها لا تكون بشكل منتظم.

يوجد خمس أشكال من بلورات الدسم ، الحالات ١-٢-٣ تكون حالات غير مستقرة ، والحالتين ٤-٥ تكون مستقرة.

لذلك تتم عملية بلورة جزيئات الدسم بكميات كبيرة ، مما يؤدي إلى انتظام عملية البلورة.

في حال كانت البلورة غير منتظمة نحصل على شوكولا خشنة يصعب إخراجها من القالب ، وعند تجميد الشوكولا إلى الدرجة ٥٠ C° ثم إلى الدرجة ٣٢ C° في هذه المرحلة يبدأ تبلور الدسم وعند الدرجة ٢٧ C° تتبلور كامل جزيئات الدسم ، فيتم دفع درجة الحرارة إلى ٣٢ C° مرة أخرى

لتذوب بلورات الدسم غير المستقرة ، ومن ثم يعاد تبريده ، مع عمليات تحريك مستمرة لنحصل على بلورات جزيئات الدسم بشكلها المستقر.

بعدها توضع الشوكولا في قوالب وتبرد في البراد حتى ١٥ C° فتتجمد ويصغر حجمها مما يسهل خروجها من القالب.

الفصل الثاني عشر
تقانة صناعة السكاكر المتبلورة والكراميل

١-مقدمة :

٢-المواد الأولية في صناعة السكاكر و والكراميل والفوندات:

٣-خطوات تصنيع السكاكر:

٤- خطوات تصنيع:

تعد هذه المنتجات من المنتجات الحبيبية Grained Food والتي تغطي بمعناها العام عدداً كبيراً من المنتجات التي ترتكز في صناعتها على السكر كمادة أساسية .تشكل دقائق بلورات السكر في هذه المنتجات معلقاً كثيفاً على صورة شراب مشبع مع منتجات الدهون أو الحليب .وتقدر جودة الناتج على أساس نعومة ودقة تبلور السكر حول النويات بعد غلي المزيج إلى درجة ما فوق التشبع.تُعد في هذا المجال صناعة الفوندان اصعبها بالرغم من الطرائق الآلية المستمرة والمتبعة في تصنيعها حالياً، حيث يتطلب نجاح صناعتها إلى إحداث أو خلق فجائي من نوى التبلور والتي تحقق بالتبريد الفائق للمزيج المحضر إلى ما فوق التشبع علاوة على استخدام الطاقة ذات التأثير الكبير مثل عملية الضرب أو الدق لخلق بلورات بحجمها المثالي والتي من المفترض أن تكون أقل من ١٥ مل ميكرون ، تجدر الاشارة إلى أن ضبط التبلور والتحكم به يتأثر أيضاً بشراب الغلوكوز المضاف كماً ونوعاً بالمكونات

الأخرى غير السكرية

أولاً: الكارميلات والتوفي:

تعتبر الكارميلات والتوفي من السكاكر الطرية المتشابهة من حيث الشكل و التكوين، تتكون اساساً من السكر الأبيض وشراب الغلوكوز والدسم والماء كما يُضاف لها مواد اختيارية (نشاء ،ملح طعام، جلاتين، صمغ، أحماض عضوية، حليب) وتختلف اختلافاً جذرياً عن السكاكر القاسية من حيث النسب المئوية العالية من الماء المتبقية فيها فبينما نجد السكاكر القاسية تحتفظ بنسبة (١-٢%) من الرطوبة نجد أن نسبة الرطوبة في التوفي (٨-١٠%) وهذا يتوقف على درجة الطبخ النهائية للكتلة كلها .

أنواع التوفي:

١- التوفي العادي: هو المنتج المصنع من المكونات الأساسية وهو خال من الحشوات.

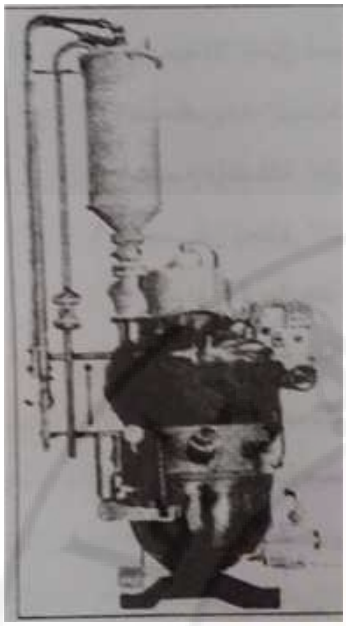
٢- التوفي بالحليب : هو المنتج المصنع من المكونات الأساسية إضافة للحليب بأحد اشكاله بنسبة لا تقل عن ٥% وبعض المواد الاختيارية الأخرى.

٣- التوفي المحشي: وهو توفي عادي أو بالحليب يحتوي على نكهاتٍ ممزوجة بالخلطة أو على شكل حشوة.

صناعة الكراميل و التوفي:

تمر صناعة الكراميل والتوفي في عمليات الانتاج التالية:

١- الطبخ:



يكون جهاز الطبخ من وعاء محكم الاغلاق ويعمل بالبخار تحت ضغط يتألف من نصفي كرة من معدن النحاس او المعدن غير القابل للصدأ ، لكل من نصفي الكرة ذراع علوي يمكن التحكم به اثناء التفريغ .

يُزود الطباخ بميزان حرارة وميزاني ضغط، الاول لقياس ضغط بخار الماء في الوعاء السفلي ومدرج من ٠-١٠ والثاني لقياس الضغط الواقع على الطبخة ، يجهز الوعاء العلوي بغطاء محكم يتم من فتحة فيه إضافة المواد الأولية ويرتكز عليه ذراع معدني لفتح الفجوة الواقعة بين الوعائين وبالتالي إنزال الطبخة من الوعاء العلوي إلى الوعاء السفلي بعد الانتهاء من عملية الطبخ.

يزود الطباخ بمقلب معدني لتقليب المزيج أثناء الطبخ تفادياً لإحتراقه.

يُذاب السكر بالماء والمكونات الأخرى بوجود حمض الليمون حتى تصل درجة الحرارة إلى ١٠٣-١٠٥ °م حيث يُضاف شراب الغلكوز ويُطبخ المزيج تحت ضغط للوصول إلى درجة حرارة ١٢٠°م وأحياناً الى ١٣٠°م عندما يراد الحصول على منتج متكرمل.

تستغرق مدة الطبخ نحو نصف ساعة حيث تبلغ نسبة الرطوبة المتبقية فيها نحو ٢٠% تُترك في الوعاء السفلي حتى تبرد لدرجة ٨٥ °م ثم تُنقل إلى وعاء يسكبها من الوعاء السفلي بتدويره بواسطة الذراع الى ما يقارب ٩٠°

مع الإنتباه إلى أن الغليان السريع ولدرجات حرارية عالية يعطي منتج توفي صلب وهش (سريع الإنكسار) وبالعكس فإن الطبخ البطيء والطويل لدرجاتٍ

حرارية منخفضة يعطي منتج توفي ناعم ولين.

٢- الخفق :

يتم بواسطة الخفاقة وهي حوض معدني بشكل متوازي المستطيلات بقاع مقعر أو منحني يوجد على جانبيه ذراعان معدنيان يدوران متعاكسين حيث يُضاف إلى الطبخة المقدار المقرر من مادة الكوكوزال والصبغات وملح الطعام والحليب يخفق المزيج على درجة حرارة نحو ٦٠°م لمدة من نصف الى ثلاثة ارباع الساعة وتُنقل بعدها إلى لوحة التبريد ولغرض الحصول على طبخة توفي ممتازة يجب خلط المواد الأولية جيدا وبطريقة ممتازة لكي تكون متجانسة ولغرض الحصول على طبخة متجانسة

٣- التبريد:

يتم بواسطة طاولة معدنية ذات سطح مزدوج الجدران من الصفيح السميك يتخلله انابيب الماء البارد يدهن سطح الطاولة بزيت البارفين ثم ترش ببودرة التلك لتكوين مادة عازلة له تمنع التصاق العجينة بالسطح .تجمع العجينة يدويا وتعجن لتصبح متجانسة.

٤- الكد أو التجنيس:

يتم بواسطة جهاز يعرف بالكدادة المؤلفة من ذراعين يتحركان و باتجاه معاكس لبعضهما حول ذراع ثابتة توضع عليها العجينة، بحيث تطوى وتفرد بفعل الذراعين ولمدة ١٠-١٥ دقيقة ، ثم توضع على طاولة خط التشكيل والتقطيع واللف حيث تترك لمدة ساعة لتبرد، تفيد هذه العملية بخلط العجينة واعطائها المرونة المرغوبة وادخال الهواء الى داخل العجينة لتسهيل ذوبانها وتحسين مذاقها.

٥- التشكيل والتقطيع والتغليف والتعبئة:

تتم العملية في خط خاص يتكون من حوض معدني مخروطي الشكل مفتوح من الاعلى يحتوي بداخله على إسطوانات مخروطية ذات أسنان حلزونية، تدور متناوبة حيث تقوم بتليين العجينة وجعلها تأخذ شكل المخروط حيث يتشكل حبل إسطواني من عجينة الكراميل التي تُلقم إلى قسم السحب المكون من لوحة معدنية تحتوي على ثلاثة أزواج من أقراص دائرية و المسافة بين كل زوج تنازليا ٥،٣،٢ سم إبتداءً من الدفع والسحب إلى قسم التقطيع ويسخن كل زوج من هذه الأقراص كهربائياً لإعطاء العجينة المرونة المرغوبة وتسهيل عملية سحبها و رشها ببودرة السكر تمر العجينة فوق صفيحة معدنية يوجد في نهايتها إسطوانتان متعامدتان تؤدي إلى قطع العجينة لتمر بعدها في ميزابه طويلة تنتهي بقرصين معدنين ومن ثم تمر على سكين حيث تقطعها إلى قطع الكرميلا المناسب ، يحتوي جهاز التغليف على مقص آلي يقطع الورق الخاص بالتغليف من لفافة حسب الطول و الحجم المناسبين يستعمل عادة الورق الخاص بالتغليف من لفافة حسب الطول والحجم المناسبين يُستعمل عادة الورق المكون من طبقتين ، الداخلية مدهونة بطبقة شمعية والخارجية مغطاة بورق الالمنيوم الرقيق.تقوم بعملية التغليف ملاقط خاصة للف الورق حول القطعة ونهايتها ثم تُمر القطعة على سخانة لتكوي الورقة ثم تنتهي القطعة إلى ساعد يقوم بلف الورقة من الجوانب بشكل معاكس ثم تجفف إلى الرطوبة وتعبأ بالعبوات المناسبة وتخزن.

المواصفات والشروط الصحية:

١. يجب أن تكون المكونات الأساسية الإختيارية مطابقة للمواصفات القياسية الخاصة بها

٢. يجب أن يكون المنتج ذا نكهة وطعم مقبولين وأن يتراوح قوامه بين القياسي العلوك إلى الطري لدى قضمه.

٣. يجب أن يكون المنتج خالياً من المحليات الصناعية مثل السكرين والدولسين وأملاح السكلامات.

٤. يجب أن يكون المنتج خالياً من المواد المالئة بكافة أشكالها مثل الدقيق ومسحوق القضامة وغيرها.

٥. يجب أن يكون المنتج خالياً من الشموع والغراء.

٦. يجب أن يكون المنتج غير متميه أو متكتل مع بعضه.

٧. يجب ألا تقل نسبة السكروز عن ٣٠% والغلكوز عن ٦٠% من مجموع السكريات المستخدمة.

٨. يُسمح بإضافة الملونات والمنكهات المصرح بها.

٩. يجب أن يحقق المنتج الشروط الأتية:

-النداو ٥% كحد أقصى ٨%.

- رماد كلي كحد أقصى ٢,٥% مقدرة على أساس المادة الجافة.

- رماد غير ذواب في الحمض كحد أقصى ٠,٢% مقدرة على أساس المادة الجافة.

- دسم كحد أدنى ٤% مقدرة على اساس المادة الجافة.

- مجموع السكريات كحد ادنى ٨٠% مقدرة على اساس المادة الجافة.

١٠. يجب أن يكو نالمنتج خاليا من النموات الفطرية والحشرات واجزائها ومفرزاتها.

١١. يجب ألا تزيد الملوثات المعدنية عن:

زرنيخ ٠,١ مغ/كغ رصاص ٢ مغ/كغ

نحاس ٥ مغ/كغ قصدير ٥ مغ/كغ

بعض وصفات تصنيع الكرميلا والتوفي:

كرميلا بالحليب:٦ كغ سكر أبيض- ٢ كغ سكر مطحون- ١٤ كغ قطر DE38- ٢,٥ كغ ماء - ١٠ كغ حليب كامل الدسم مكثف- ٢,٥ كغ زبدة مهدرجة درجة ذزبانها ٣٤°م- ١٥ غ ليستين-٧٥ غ ملح- ٣٠ غ فانيليا.

توفي العرق سوس:٣٠ كغ سكر أبيض- ٣٦ كغ قطر- ٦ كغ زبدة مهدرجة- ١٢ كغ حليب مكثف كامل الدسم- ٨ كغ خلاصة عجينة العرق سوس- ٦٠ غ ليستن- ٢٠٠ غ نكهة العرق سوس- ١٠٠ غ لون أسود مسموح به.

توفي القهوة:١٠ كغ سكر أبيض- ١٠ كغ سكر مطحون- ١٠ كغ قطر DE38- ٧ كغ ماء شريب- ٢ كغ زبدة مهدرجة درجة ذوبانها ٣٥ °م ٢٠ غ ليستين- ٦ كغ حليب كامل الدسم مكثف- ٢٠٠ غ زبدة- ١٠٠ غ ملح ٢٠٠ غ خلاصة قهوة.

ثانيا: السكاكر:

تشبه صناعة السكاكر صناعة الكراميل مع اختلافات بسيطة:

خطوات التصنيع:

١- الطبخ :

تتم بجهاز شبيه بذلك الخاص بصناعة الكراميل والمسمى جهاز الطبخ تحت الضغط ، يُضاف من فتحة الوعاء العلوي الماء بمقدار ٥ كغ و ٢٥ كغ من شراب الغلوكوز و ٢٥كغ من السكر للطبخة الواحدة و تضبط درجة حرارة الجهاز ما بين ١١٥-١٢٠°م وفقاً لنوع السكر ثم يُضاف إليها ٢٠٠ غ من كلور الصوديوم و ٢٠٠ غ ملح ليمون ثم يُدار المقلب ويستمر بالطبخ لمدة ١٠-١٢ دقيقة حيث يتم ذوبان السكر وتحول جزء منه وعند الوصول الى درجة الحرارة المطلوبة ينقل المزيج إلى الوعاء السفلي بواسطة عملية مص

أو تفريغ تؤدي إلى نزول المزيج والتخلص من الرطوبة الزائدة حيث تُنقل بوعاء إلى لوحة التبريد.

٢- التبريد:

يتم على طاولة معدنية تبرد بتيار من الماء كما سبق شرحه حيث يُضاف إلى العجينة ٢٥٠ غ من ملح الليمون و ٢غ عطورات لكل ١كغ ثم الملونات.تقلب العجينة باستمرار يدوياً على طاولة التبريد مع تجنب جفافه ثم تُفرد الطبخة لمدة ساعة ونصف وتُنقل بعدها إلى جهاز التقطيع والتغليف.

٣- التقطيع والتغليف :

ويتمان بآلية مشابهة لتلك الخاصة بالكراميل.

٤- التخزين:

تعبأ في أكياس من النايلون ذات وزن معين توضع في علب من الورق المقوى ثم تسوق.يجب عدم اطالة فترة تخزين الكراميل لأن ذلك يعمل على جفافها وتحويلها إلى قطع صلبة وتغير في طعمها إما نتيجة التزنخ أو التخمر وتحدث للسكاكر إذا طالت فترة تخزينها تغيرات فيزياكميائية.

ثالثا: الفوندان :

يشتق اسم فوندان من الفرنسية وتعني كلمة المنصهر أو العجينة التي تذوب في الفم وبالواقع هي مصهور السكر ويوجد منه أنواع منها فوندان كريمي وفوندان سكري وفوندان تغطيس وفونادن محشو .وتتطلب صناعة الفوندان نظافة عالية سواءً للمواد أو في خطوات الإنتاج.يُصنع الفوندان اساساً من السكر ، الغلوكوز الجلاتين و أصبغة وعطورات تُصب بعد تحضيرها بقوالب من النشاء.

تتكون الطبخة الواحدة من الانواع الاتية بالوزن الجدول ( ):

الجدول ( ) يبين مكونات الفندان

سكر	٣٢ كغ
شراب الغلوكوز	٦ كغ
ماء	٧ كغ
جيلاتين	١،٢٥ كغ

خطوات التصنيع:

١-الطبخ:

يتم الطبخ في مراحل مسخنة بالبخار بعد وضع المكونات بها.تُراقب درجة الحرارة باستمرار ، يذاب السكر بالماء على درجة ١٠٠°م ويُفصل الزبد المتشكل على السطح، تُضاف الكمية المقررة من شراب الغلكوز عند الوصول إلى درجة ١١٠°م ، يستمر بالطبخ حتى الوصول لدرجة ١٢٠°م حيث تنتهي عملية الطبخ تُبرد الكتلة إلى درجة حرارة بين ٥٠-٧٠°م ويُسرع في ذلك إضافةكمية قليلة من الغلكوز حيث تساعد على تسريع ذوبان ما تبقى من بلورات السكر حيث تصبح الكتلة نقية شفافة لا لون لها وصلبة ثم تُنقل إلى الخفاقات لإكسابها خفةً في الوزن ومرونةً في القوام.

٢-صب الفوندان :

يجري صب الكتلة المخفوقة في قوالب من النشاء بعد طبخه ويتم الصب بواسطة صبابات آلية بقوالب ذات اشكال مختلفة منها اللعب القباقيب.كما توجد آلات خاصة بصب الفوندان المحشي وتدعى بآلات الصب المضاعف حيث يمكن باستعمالها حشي الفوندان بحشوات مختلفة مثل الفاكهة ، لب الثمار والمربيات المختلفة.

٣-تجفيف الفوندان:

توضع القوالب المصبوبة ضمن غرف التجفيف لمدة ٢٤ ساعة وعلى درجة حرارة من ٤٠-٥٠ °م حتى يمكن فصل قطع الفوندان من قوالب النشاء وذلك بآلية الصب نفسها حيث تكون مجهزة بأجهزة شفط تفصل ذرات النشاء الجافة بعيداً عن الفوندان وتعيدها ثانية إلى خزان النشاء تتم هذه العملية آليا حيث يتم الصب والتفريغ في الالة بصورة ذاتية.

٤-التعبئة:

يعبأ الفوندان ضمن أكياس من النايلون سعة ١ كغ التي تعبأ في علب كرتون تحوي الواحدة على ١٠ أكياس.

رابعا: الفودج:

هو ايضاً من السكريات المتبلورة يختلف عن الفوندان بأن الحليب هو أحد مكوناته الأساسية الذي يمنحه النكهة المرغوبة والقوام المحبب الناعم الذي يمكن تحقيقه عن طريق الخلطة بشكل متوازن.

بعض التوصيات للحصول على فودج يتمتع بخواص ممتازة:

١- يجب التأكد من أن كميتي الحليب والدهن المضافة إلى الخلطة كافية لمنع التبقع والقوام الرخو.

٢- يجب إضافة الدهن لمنع الفودج من الجفاف.

٣- يجب عدم اجراء الطبخ الزائد للخلطة وذلك تحاشياً لظهور القوام الرخو.

٤- تجنب قطع عمليةالصب بشكل مفاجئ.

٥- التأكد من أن الطبخة ذات قوام كريمي لتعطي القوام المرغوب.

٦- عدم الطبخ والتبريد ببطئ تحاشيا لشياط الطبخة.

٧- يجب العناية بعملية الخلط فإن الخلط البطيئ جداً أو بدرجة حرارة عالية يؤدي لظهور تحبب خشن.

٨- استعمل البيض المثلج بهدف تحقيق الرقة والخفة بالمنتج.

المواصفات والشروط الصحية:

١. يجب أن تكون المكونات الأساسية و الاختيارية مطابقة للمواصفات القياسية الخاصة بها.
٢. أن يكون المنتج ذا مظهر ونكهة جيدة ولونه معتما غير شفاف.
٣. يجب الا يكون ملتصقا بغلافه.
٤. أن تكون القطع غير صلبة ولا تتكسر وسهلى التفتيت.
٥. أن تكون بلورات السكر صغيرة سهلة الاستحلاب.
٦. يجب الا تزيد نسبة الرطوبة على ١١%.
٧. الا تزيد الحموضة مقدرة كحمض ليمون على ١,٤%.
٨. لا يسمح باضافة المحليات الصناعية كالسكرين والدولسين.
٩. يسمح بإضافة الملونات المسموح بها على الا تزيد عن ٥٠٠ مغ /كغ كحد أقصى.
١٠. يسمح بإضافة مضادات الاكسدة المسموح بها.
١١. أن يكون المنتج خالياً من العفن والتزنخ.

المواد المستخدمة في الصناعة:

أولاً: السكريات المستخدمة في التصنيع:

يستخدم في تصنيع السكاكر و الحلويات العديد من السكريات النباتية، تشمل السكر الأبيض(السكروز) والقطر الإفرنجي (الغلوكوز) والفركتوز.

١. السكروز:

هو سكر ثنائي يعطي عند حلمأته وحدتين من السكريات الأُحادية هما

الغلوكوز و الفركتوز .وهو مادة غذائية هامة لأنه الصورة الأكثر شعبية وقبولا للمواد الكربوهيدراتية ، و للسكروز العديد من المزايا سواءً من ناحية احتوائه على قدر مركز من الطاقة أم تعدد أوجه استعماله واستخدامه في شتى الصناعات الغذائية أم كونه مادة مرغوبة الطعم رخيصة الثمن نسبياً . والسكروز مادة كثيرة الانتشار في الطبيعة لوجوده في معظم عصارة الفاكهة وكثيرٍ من عصائر الخضر وينتشر بتركيزات عالية في بعض جذور النباتات كالشوندر السكري وفي بعض السوق كقصب السكر .

السكر الأبيض:

وسكر السكروز المنتج من قصب السكر والشوندر بعد عملية التكرير والتنقية لا يبقى أي فرق بينهما من ناحية التركيب الكيميائي ، ولكن من الملاحظ أنه عند استعمال سكر القصب في طبخة سكاكر يمكن أن تحدد إضافة شراب القطران أكثر أو اقل من طبخة ثانية يستعمل فيها سكر الشوندر وذلك حسب نوع القطران . كذلك يمكن أن تكون قطعة الحلوى المصنوعة من سكر الشوندر المطبوخ مع شراب القطران الناتج من البطاطا أكثر قابلية للكسر من قطعة أخرى مصنوعة من سكر القصب المطبوخ في شراب القطران الناتج عن الذرة علما أن نقاوة السكر تعتمد أساسا على طريقة صنعه وعلى نسبة المواد غير السكرية الموجودة داخل

بلوراته أو الملتصقة بسطحها الخارجي مما يؤثر على نوعية الطبخة وبالتالي على لون الحلويات المنتجة رغم أن نقاوة السكر قد تصل إلى 99.9% ولكن لضخامة الكميات المنتجة، لها نفس النسبة من النقاوة، وربما يتبادر إلى الذهن عدم أهمية الشوائب نظرا لضآلة نسبتها المئوية في السكر ولكن ذلك غير صحيح لأنها تؤثر على نوعية السكر وصفاته ، وأهم العوامل التي تحدد نوعية السكرهي الشوائب واللون والحجم (حجم البلورات)،أما الشوائب فتحل بشكل رئيسي السكريات المختزلة والرماد والماء ، فالسكريات المختزلة ليست ضارة أو عديمة القيمة بحد ذاتها ولكنها مواد قيمة ومغذية إلا أنها صعبة التبلور وشديدة الهكروسكوبية Hygroscopic (محبة للماء) فارتفاع نسبتها ولو قليلاً في السكر، يؤدي إلى زيادة الماء الممتص وبالتالي نشوء ظاهرة اللزوجة غير مرغوبة في السكر، هذا فضلاً عن أن الرطوبة الممتصة تعمل على إذابة جزء جديد من السكروز مؤدية إلى زيادة تحوله إلى سكريات مختزلة مما يسبب تدهور صفات السكر ونسبة الرطوبة في السكر تفعل الفعل نفسه وتؤدي إلى النتائج نفسها.

أما بالنسبة للرماد فهو عامل مهم تعتمد عليه (بالإضافة للون) معظم المقاييس التي تحدد درجة جودة السكر ويترك نسبة الرماد على مدى نجاح عملية التنقية والتكرير فهي أهم دليل يمكن بواسطته معرفة التغيرات الحاصلة أثناء الصناعة لذا

يستخدم تحليل الرماد بكثرة في مصانع السكر، إضافة إلى كشف بعض العناصر في الرماد والتي تعتبر وجودها سامة كالزرنيخ والرصاص لذا لا يسمح أن تزيد نسبة الرصاص في السكر المكرر عن 0.02 % جزء في المليون أما الزرنيخ فلا تزيد نسبته عن 0.05 % جزء في المليون، أما المواد الغريبة غير الذائبة في الماء كالغبار والألياف وغيرها فتقلل كثيرا من جودة السكر.

كذلك يلعب لون السكر وحجم البلورات دوراً كبيرا في تحديد جودة السكر والحلويات المنتجة منه والجدير بالذكر أن حجم البلورات المرغوب فيها يختلف من بلد لأخر ومن منطقة إلى أخرى.

وقد أثبتت التجارب بأن البلورات السكرية الكبيرة الحجم أكثر نقاوة من البلورات الصغيرة الحجم لأن مساحة سطوحها الخارجية أصغر وبالتالي كمية الشوائب العالقة بهذه السطوح أقل . لذا يلاحظ عند الطبخ أن البلورات الكبيرة الحجم تعطي طبخة صافية.

الشروط الواجب توافرها فيه ليكون صالحا لصناعة السكاكر:

١. أن تكون بلوراته شفافة ونقية.
٢. أن تكون خالية من الطعم و الرائحة الغريبين.
٣. أن تنطبق عليه الشروط الميكروبية الآتية:

-ألا تزيد عدد بوغات الجراثيم المحبة للحرارة على ١٥٠ بوغة في مقدار ١٠ غ سكر وكمعدل وسطي ١٢٥ بوغة.

-ألا يزيد العدد الكلي لبوغات الجراثيم الهوائية المسببة للحموضة الكريهة على ٧٥ بوغة في مقدار ١٠ غ سكر وكمعدل وسطي ٥٠ بوغة.

-ألا تزيد عدد البوغات اللاهوائية المحبة للحرارة مولدة الهدرجين وغير المنتجة للكبريت على ٥ بوغات في مقدار ١٠ غ سكر.

-ألا يزيد التعداد العام للجراثيم المحبة للحرارة المعتدلة على ١٠٠ في مقدار ١٠ غ سكر.

-ألا يزيد عدد الفطور والعفنيات على ٢٠ في مقدار ١٠ غ سكر.

-ألا يظهر في مقدار ١٠ غ سكر عصية جرثومية واحد من الاشيريا كولي.

-ألا يزيد عدد عصيات الكوليفورم عل ١٠ في ١غ سكر.

-ألا يظهر في مقدار ٢٥ غ سكر عصية سالمونيلا واحدة.

-ألا يظهر في مقدار ٥ غ سكر مكورة معوية واحدة.

السكر الأسمر: يُكسب السكر الأسمر بعض الحلويات طعم الكراميل ، لذا فإن السكر الخام(غير المكرر) مفيد لصناعة لبعض المنتجات والسكر الأسمر على نوعين: السكر الأسمر الفاتح. والسكر الأسمر الغامق الجدول ( )،وإن استعمال السكر الأسمر الغامق يجعل طعم السكاكر المنتجة قابل للتغير بعد مدة من إنتاجها . وفي بعض الأحيان يعمل المصنعون لتغطية بعض الشوائب التي تظهر في السكر الأسمر عند الإذابة بإضافة كميات قليلة من الشحوم أو زبدة الكاكاو أو المواد المانعة

للرغوة .

جدول ( ) يوضح مقارنة السكر الاسمر والسكر الابيض

البيان	السكر الاسمر	السكر الابيض
النقاوة	% ٩٢	% ٩٩,٨
الرطوبة	% ٣,٥	% ٠,٠١
السكر المحلول	% ٤	% ٠,٠٥
رماد	% ٠,٥	% ٠,٠٢
شوائب اخرى	صفر	% ٠,٠٠٥

٢. الجلوكوز:

يعتبر هذا السكر من أكثر السكريات انتشارا في الطبيعة بسبب دوره في العمليات الكيمياحيوية ويتواجد في حالة حرة في كل الفاكهة الناضجة والأزهار, والاوراق والجذور ونسيج النباتات.وعموما فان D–جلوكوز يُحضر عن طريق التحلل المائي للنشاء، ويعد الدكستروز الخام والدكستروز النقي وشراب الذرة من منتجات الكلوكوز التجارية .والجلوكوز ينتج إما من التحلل بواسطة الحامض ويرمزله ب A أو بواسطة الأنزيم وترمز له E ويتم تمييز الشراب بواسطة مقياس البوميه BE

إن عصارات الجلوكوز عبارة عن مواد سائلة ذات درجة تركيز عالية تتراوح حلاوتها من خفيفة الحلاوة إلى الحلوة الطعم. تنتج من مزيج لأنواع من السكر سهلة الهضم (مواد سكرية) و الإنتاج الصناعي يتم بطريقة تحليل جزئي للنشويات (تحليه بالسكر كبديل) ويفضل نشاء الذرة.

يتم تحليل النشاء بالوساطة التفاعلية مع حوامض باستعمال مزدوج لحامض وأنزيمات، أو مع أنزيمات فقط، في هذه العملية تتحلل جزيئات النشاءالكبيرة غير القابلة للانحلال في الماء إلى مزيج من السكرايد القابلة للانحلال في الماء .

في التحليل ذي الدرجة الواحدة يتحلل النشاءإلى مادة سكرية سائلة مع كميات ضئيلة من حامض مخفف وذلك في ظروف درجات حرارة عالية ١٣٥ °م وضغط عالي (بطريقة شارجن) .

إن العصارات الناتجة تعادل بمحلول الصودا(كربونات الصوديوم)، هنا تنفصل الكميات الضئيلة من ملح الطعام ، وبواسطة المعاملة بالكربون النشط وتبادل الأيونات تزال من العصارات جميع المواد العضوية الملازمة والأملاح المعدنية القابلة للانحلال، إن العصارة الكثيفة الخالصة والصافية تركز عندئذ في الفراغ حسب نسبة الاحتواء للمواد الجافة (الأجسام الصلبة) التي يرغب بها.

بواسطة تحليل حامض تنتج فقط عصارات الجلوكوز بدرجة (دي) لغاية (55 –

٨٥) تقريبا ،بالاستمرار في عملية التحليل ترتفع نسبة ال (دي – جلوكوز) أكثر من الحاجة، وان ال (دي– جلوكوز) يتعرض للتبلور في حالة خزن عصارة الجلوكوز .

من أجل إنتاج عصارة الجلوكوز ذات مكافئ دكستروز عال، فإن عملية تبديل الحامض الأنزيمي تكون ضرورية في عملية التبديل (الحامض الأنزيمي ذات الدرجتين): يتم اخضاع محلول النشا(المحلل مسبقا بصورة خفيفة بحوامض) لتأثير الأنزيمات النوعية التي تؤدي دور التحلية السكرية تحت درجات حرارة ودرجة كثافة وحموضية مثالية. أما بالنسبة للزوجة الغلوكوز فإن لزوجة عصارة الجلوكوز تتوقف على نسبة احتوائها على المواد الجافة وعلى تركيبها السكري. في درجة حرارة ثابتة ترتفع درجة اللزوجة مع ارتفاع نسبة المواد الجافة وتنخفض مع درجة ارتفاع التحلية بالسكر .وبالنسبة للحلاوة تختلف حلاوة عصارات الجلوكوز حسب درجة تحليتها السكرية وتركيبة السكر فيها، لأن الحلاوة ترتفع مع ارتفاع درجة التحلية بالسكر.

الخصائص الوظيفية لعصارة الغلوكوز:

عصارة الجلوكوز لا تستعمل في تصنيع المواد الغذائية لقيمتها الغذائية وقدرتها الحلوية فحسب، وانما بسبب خاصيات وظيفية مختلفة ولهذه الخاصيات ارتباط قوي بدرجة التحلية بالسكر لعصارة الجلوكوز

- مادة ذات استقرار رطوبي جيد

• ذات قيم غذائية متساوية

• تمنح اللمعان للمواد الغذائية التي تدخل في إنتاجها

كما تبين أن عصارات الجلوكوز المحلاة بالسكر بدرجة عالية مع نسبة عالية من الدكستروز مع

المالتوز أو المالتوز فقط:

- تقلل حالات التيبس
- تساعد على التلون البني
- تساعد على تكون النكهة وعلى التوصيف
- سهلة الاختمار بواسطة الخميرة
- تساعد على خفض نقطة الانجماد ورفع نقطة الغليان
- ترفع ضغط الإرتشاح الغشائي وبذلك تملك خاصية حفظ جيدة

وتبين أيضا أن عصارات الجلوكوز المحلاة بالسكر بدرجة منخفضة وبصورة طبيعية:

- تعطي المواد الغذائية شكلا تجسيميا وتركيبيا جيدا
- تخفف من حدة الحلاوة
- تعيق الامتصاص غير المحبب بالماء .
- تزيد من اللزوجة
- تعيق تبلور السكريات الأخرى وكذلك اللاكتوز والسكروز
- تعيق تكون البلوريات الخشنة أثناء الانجماد
- تملك قابلية جيدة غشاء خارجي حافظ

قابلية تخزين عصارة الغلوكوز:

بسبب النسبة العالية للمواد الجافة يمكن أن تبقى عصارة الجلوكوز محفوظة من التلف بشكل غير محدود على أن يلاحظ عدم تكون ماء مكثف في البراميل أو الخزانات التي يتم فيها حفظ عصارة الجلوكوز (وذلك من جراء تغيير شديد بدرجات الحرارة مثلا)مما يؤدي إلى تخفيف موضعي بعصارة الجلوكوز.

في حالات الخزن الطويل الأمد وبصورة خاصة تحت ظروف حرارة عالية يأخذ لون عصارة الجلوكوز بالزيادة في الغمق . ان عصارة الجلوكوز التي تبدو مصفرة اللون يمكن استعمالها في المواد الغذائية من دون أي تحفظ ، إلا إذا كان المطلوب أن تكون المواد المنتجة عديمة اللون.

من الشروط العامة التي يجب ان تتوافر في قطر الغلوكوز :

- ألا تقل المواد الصلبة عن ٧٠ %.
- ألا تقل المواد السكرية عن ٦٨ %.
- ألا تزيد نسبة البروتين على أساس المادة الجافة عن ٠،١ %.
- أن يكون رقم PH بين ٥-٦.
- أن يكون خاليا من النشاء.

٣. شراب الذرة :

هو شراب الغلكوز الناتج من الشراب المركز المنقى للسكريات الغذائية الحاصل عليها من حلمهة النشاء والتي تملك مكافئا دكستروزيا ٢٠ فأكثر بينما لا يزال يسمى

ناتج حلمهة نشا الذرة في كندا وامريكا شراب الذرة ، بينما اوصت منظمة الغذاء العالمي ١٩٧٠ بأن يعرف شراب الغلكوز بالمحلول المركز المنقى للسكريات الغذائية الناتجة من حلمهة النشاء .

ممكن ان يكون بديلاً اقتصادياً للسكروز وتقوم صناعته على أساس ثلاث عمليات رئيسية:

١. حلمأة النشا الى دكسترينات.
٢. تحويل الدكسترينات الى غلكوز.
٣. تحويل الغلكوز الى فركتوز.

٤. السكر المتكرمل:

يستخدم السكر المتكرمل كمادة ملونة و مكسبة للطعم في تصنيع بعض السكاكر والمشروبات وينتج من السكروز أو من الغلكوز لرخص ثمنه،وعملية كرملة السكر تتم حراريا وتستدعي الحذر الشديد بحيث لا يسمح للسكر اثناء كرملته انتاج الكربون الذي يتسبب في اعطاء نواتج حرارية مستهجنة تعزى النكهة المتشكلة فيه الى تحول جزيئات الغلوكوز الى انواع متعددة من الالدهيدات مثل الاكرولين والاست الدهيد والكيتونات والاحماض العضوية وبعض المركبات الحلقية

ثانيا: الأحماض العضوية:

تضاف الاحماض العضوية بهدف إعطاء النكهة أو لمنع حدوث التسكير وهو أيضا يعطي الثبات لحمض الاسكوربيك تم فصله وبلورته لأول مرة من عصير الليمون كما يوجد في عصائر الفاكهة يُنتج حاليا من تنمية بعض

الأعفان من نوع Aspergillus nigerعلى أوساط المولاس وعصير التمر يوجد على شكل بلورات عديمة اللون نصف شفافة أو مسحوق أبيض اللون وحمض الليمون الجيد هو الذي تنطبق عليه الشروط والمواصفات الآتية:

١. يكون عديم الرائحة مع طعم حمضي قوي.
٢. يكون قابلا للانحلال في الماء والكحول الايتيلي وضعيف الانحلال في الايتر.
٣. يكون محلولا رائقا في الماء.
٤. ألا تقل كمية حمض الليمون أحادي الماء ك/ك فيه عن ٩٩،٥.
٥. ألاتقل الهالوجينات محسوبة كلور عن ١٠ مغ/كغ.
٦. ألا تزيد النسبة المئوية للرماد الكبريتي ك/ك عن ٠،١.
٧. ألاتزيد المعادن الثقيلة عن ١٠ مع/كغ و لايشكل الزرنيخ منها اكثر من ١ مع/كغ.
٨. ألا تزيد كمية ثلاثي دودسيل أمين عن ٠،١ مغ/كغ.

ثالثا: الدهون:

تعتبر الدهون من المواد الأساسية في صناعة الحلويات والسكاكر كما لها دور مهم في قوام وطعم الحلوى، وتستعمل عل الغالب الزيوت النباتية مثل زيت النخيل وجوز الهند وفستق العبيد وزبدة الكاكاو وأيضا تستعمل الزبدة الحيوانية والسمن المهدرج ،ونتيجة للتطور الحاصل في علم صناعة الحلويات تم فرض قيود جديده على صناعة الزيوت و الدهون بحيث أصبحت الدهون المتداولة في صناعة حلويات ذات مواصفات خاصة وذات درجة معينة من الهدرجة ودرجة الذوبان.

الشروط الواجب توافرها عند اختيار السمن :

١. أن يكون لونه متجانسا بين الابيض والمائل الى الصفرة قليلا
٢. أن يكون ملمسه مرهميا أو حبيبيا و خاليا من التكتل
٣. أن يتمتع برائحة وطعم مميزين
٤. أن يخلو من التزنخ
٥. أن يكون معبأ ضمن عبوات مناسبة

رابعا: الحليب والقشدة:

يدخل غالبا في عملية التصنيع الحليب المجفف كامل الدسم أو الحليب المجفف المقشود والذي يجب ان يتمتع بنكهة مقبولة ولون طبيعي وان يكون خاليا من التزنخ و العفن والتكتلات(التي يدل وجودهاالى تسرب الرطوبة الى داخل العبوة).كما يمكن استخدام الحليب المكثف المحلى اوغير المحلى،أما القشدة المستخدمة يجب ايضا ان تكون خالية من التزنخات والتكتلات

خامسا: المالت:

هو الشعير المنبت والمجفف حتى رطوبة لا تزيد عن ٥ %

سادسا: المواد المهلمة :

١. البكتين:

وهو من السكريات المعقدة التي ليس لها قيمة غذائية ينتشر في جميع الانسجة النباتية وتختلف كميته حسب نوع الثمار ودرجة نصجها وتعتبر قشور الحمضيات وثمار التفاح هي المصدر التجاري في انتاجه

٢. النشاء:

من السكريات المعقدة يوجد بكثرة في النباتات ويعتبر المادة الكربوهيدرتية الاحتياطية بالنسبة لها،يدخل النشاء بشكل رئيسي في تصنيع الفوندان وبشكل مكمل في تصنيع الكرميلات والتوفي.

النشاء الجيد هو الذي تنطبق عليه الشروط الاتية:

-أن يكون خاليا من المواد الغريبة .

-أن يكون خاليا من التزنخات والتعفنات و الروائح الغريبة.

-أن يكون ذا لون ابيض متجانس و خاليا من الملونات والمواد المنكهة والمحلية.

-أن يكون خاليا من المواد المنكهة.

٣. الجيلاتين:

عبارة عن منتج مستخرج من التحليل الجزيئي للكولاجين الذي هو أحد مصادر الجلد وهو كذلك الأنسجة الرابطة البيضاء مع العظام للحيوانات والجيلاتين يتكون من 18 حامضاً مرتبطة مع بعضها بنظام خاص ، معدل الوزن الجزيئي للأنواع المختلفة من الجيلاتين يتراوح بين ٢٠,٠٠٠-٢٥٠,٠٠٠ الاوزان الجزيئية تعتمد على درجة تحلل الكولاجين وهناك عدة صفات مثل قوة الجلي واللزوجة ، ونقطة تكون الجلي والإذابة لها علاقة بالوزن الجزيئي.

والجيلاتين هو بروتين غير كامل لأن الأحماض الأمينية الضرورية مثل tryptophan غير موجودة والميثونين موجود بكمية قليلة جداً .

ويوجد نوعان من الجيلاتين : جيلاتين (AوB) .الجيلاتين A ناتج من

معاملة الكولاجين بالحامض وله pH (I.E.point) بين 7-9 .بينما الجيلاتين B ناتج من معاملة الكولاجين بالقلوي وله pH (I.E.point) بين 5-4 وإن هذه الاختلافات في (I.E.point) تعتبر ضرورية في بعض الحالات مثل استعمال الجيلاتين كمثبت بالمستحلبات.

سابعا: الصموغ:

هي مركبات تحتوي على وحدات مختلفة من السكريات الأحادية و مشتقاتها وهي غالباً ما تكون ذوابة في الماء مشكلةً محلولاً غروياً لزجاً و تصنف الصموغ حسب مصدرها إلى :

- صموغ مستخلصة من البذور: صمغ بذور الخروب وصمغ الجوار.
- صموغ مستخلصة من الاشجار: الصمغ العربي وصمغ التراجانات وصمغ اشجار الشربين وصمغ اللبان.
- صموغ مستخلصة من الطحالب البحرية : الآجار والكارجينات والالجينات

ثامنا: مواد الاستحلاب:

هي مواد تضاف لخلطة السكاكر والحلويات لتثبيت قوامها و لسهولة خلط مكوناتها المختلفة المكونة عادةً من مركبات مختلفة التجانس وعادة يستخدم اللستين كما تستعمل مواد كيميائية بديلة مثل (Monopalmitin sulfate,Monopalmitin Sulfom cetale, monomyristi Diacetyl Tartrata)

ومن فوائد عوامل الاستحلاب هذه هي:

١. إعطاءتوزيع أسهل للمواد الدهنية ولجميع عناصر الطبخة المستعملة.

٢. تعطي وقتا أقل عند الطبخ.

٣. تمنع ترشح الدهن إلى خارج البضائع المنتجة.

٤. تمنع الرغوة أثناء عملية الطبخ.

٥. تخفف من التصاق التوفي أثناء التصنيع بجميع القطع المعدنية التي يلامسها وبالأخص السكاكين القاطعة لآلة التغليف مما يجنب الالتفاف على ورق التغليف ولهذا علاقة بتقنية الإقلال من المصاعب التي قد تواجهنا أثناء عملية التقطيع واللف.

اللسثين Lecithin

اللسثين هو المنتوج الطبيعي لأنسجة النبات والحيوان وسوائل صفار البيض ، الحليب، فول الصويا ، بذور القطن ، جوز الهند والفول السوداني . وهو ينتج على نطاق تجاري في بريطانيا منذ 1940وهناك الكثير من البحوث على خواص هذه المادة والكثير عن كتب عن اللسثين وهناك فوائد يمكن إيجازها بما يلي:

الإقلال من الشد السطحي حيث تعمل كمادة استحلابية ، وفي الوقت نفسه تعمل كمادة ضد الأكسدة تساعد بإعطاء الشكل البلوري وتستعمل هذه المادة بصورة رئيسية في صناعة الشوكولاته.

فاللسثين عبارة عن فوسفوليبد وبه شق جلسرين وحامضين دهنيين وشق فوسفوكولين .وقد تختلف الأحماض الدهنية في جزيئة اللسثين وبذلك نشاهد في الطبيعة عدة أنواع من اللسثين مختلفة التركيب والخواص كالمنتشرة في الكلى والقلب وا لكبد والمخ والبيض ونخاع العظام.

ويتحلل اللسثين مائيا فينتج جلسرول وكولين وحامض الفوسفوريك وأحماض دهنية أهمها: البالميتيك والاستياريك والاولئيك واللينوليك واللينولينيك

ويحضر اللسثين تجاريا من زيت الفول وزيت الذرة ويكون مختلطآ ببعض الكيوتكل والجليكوسيدات والفوسفوتيدات بنسب متعادلة واللسثين يضاف إلى الحلويات لإعطاء جودة وقوام مسامية وطعم وملمس ولون إضافة إلى ثبات النكهة

تاسعا: مضادات الاكسدة:

تُضاف عادةً هذه المواد لخلطات السكاكر والحلوى التي تدخل فيها المواد الدسمة كالكرميلات والتوفي بغية منع أكسدة الدهن وبالتالي حمايتها من إكتساب أي نكهة غير مرغوبة ومن المواد المستخدمة في هذا المجال:

- Butylated hydroxyanisole(BHA)
- Butylated hydroxytoguen(BHI)
- Prpyl gallate (PG)
- فيتامين E مع فيتامين C
- كبريتات الصوديوم وحمض الاثروبيك Eryhorbic acid

المنكهات:

يستعمل في صناعة الحلويات وبكثرة مختلف النكهات والطعوم لإعطاء الحلويات السكرية النكهة المميزة وهنا يجب أن نعرف الفرق بين المواد الطبيعية التي تستعمل

كالعسل والمالت والفواكه وبين النكهات المستخلصة من زيوت أصلية وأرواح ومساحيق تطعيم حيث المواد الطبيعة تعطي خصائصها الواضحة في المنتوج وتكون أسعار هذه المنتوجات أعلى من الحلويات التي تضاف إليها الزيوت، حيث تستخرج الزيوت العطرية ذات الروائح المميزة من أجزاء بعض النباتات المختلفة كالبراعم ، والأزهار والثمار، البذور، الأوراق، السيقان ، القلف، الخشب، الجذور والدرنات ، واللباليب

وتقسم هذه الزيوت حسب موقعها الجغرافي أو على أساس استعمالها آو على أساس التقسيم النباتي ، أو تبعا لطرق التصنيع وتتميز الزيوت العطرية برائحة الجزء النباتي المستخرج منه هذا الزيت

وتكون الزيوت العطرية عديمة اللون أو مصفرة قليلا خصوصا بعد عملية تقطيرها وقد تأخذ لونا أحمر ولونا أزرق بتأثير المواد الغريبة التي قد يوجد بها

الأرواح:نحصل على الأرواح العطرية من إذابة الزيوت العطرية أو مزيج الكيميائيات المصنعة الممزوجة لكي تعطر الطعم الطبيعي للمنتوج وتعتبر هذه العملية أرخص بكثير من استعمال الزيوت العطرية

الماء:يجب استعمال الماء الصالح للشرب الذي يجب ان يكون:

- مقبولاً من حيث الرائحة واللون والطعم - يسراً بالقدر المطلوب - خالياً من المواد السامة.
- الا يحتوي على ميكروبات مرضية- خالياً من التلوثات بمياه المجاري

الفصل الثالث عشر

المحليات الصناعية

مقدمة:

تزايد عدد المواد المحلية بشكل كبير في الوقت الحاضر بعد ان كان عددها لايزيد عاى عشر عام ١٩٥٠ ، وهي تقدر الان بعدة مئات ، واتجهت الابحاث من جانب الى الاصطناع الكيميائي بتحسن العارف حول الادراك الكيميائي للطعم الحلو ، ومن جانب اخر ، الى البحث في الطبيعة عن انواع نباتية حاوية على المحليات . وهذه الاخيرة وجدت في السنوات الاخيرة اهتماما اكبر كارسال البعثات العلمية الى المناطق الغنية نباتيا والتي لم تكتشف بشكل كاف (افريقيا ، وامريكا الجنوبية)،والسبب في ذلك ان مكونات نباتية طبيعية تستهلك احيانا منذ زمن طويل من قبل بعض الشعوب يمكن اخضاعها لالختبارات السمية وبالتالي السماح باستخدامها في التغذية البشرية.

يمكن تقسيم المواد المحلية الى ثلاث مجموعات :

✱–السكريات : السكاروز ، قطر الغلوكوز ، السكر الونقلب (المتحول)الايزو غليكوز ،الديكستروز ،وغيرها ، وتمثل هذه السكريات اساس الصناعات الغذائية (الربيات وغيرها).

✱– السكريات الكحولات:

السوربيتول ، الكزيليتول ، المانيتول ، قطر الغلوكوز المهدرج ،وتمثل اساس صناعة الغذية بدون السكر الطبيعي .

✱– المحليات ذات القدرة العالية على التحلية :

السكارين ،السيكلامات ،الاسبارتام ، وغيرها ويمكن تقسيم هذه المجموعة الى فئتين :

- محليات طبيعية المصدر : وهي منتجات نباية خضعت للاستخلاص وبعض التغيرات الكيميائية .
- محليات صنعية .

تشمل المجموعتان الاولى والثانية على المحليات التي تملك قدرة تحلية ادنى او مساوية للتي يملكها السكاروز ،حيث تضاف بكميات كبيرة الى المادة المصنعة لكي توفر مستوى كاف من التحلية ، وتشكل جزءا كبيرا من مجموع مكونات المادة الغذائية النهائية،وبالتالي لايمكن عدها كمواد مضافة .

بالقابل ، هناك المحليات ذات القدرةالعالية عاى التحلية والتي تملك قدرة تحلية اعلى من السكاروز بمقدار يتراوح بين عشر مرات الى الوف المرات ، وهي لاتمثل الا نسبة وزنية صغيرة جدا من المادة الغذائية النهائية ، ويمكن عد هذه المحليات كمواد مضافة ،وتكتسب هذه المجموعة من المحليات اهمية كبيرة حاليا نظرا للزيادة السريعة في استهلاك الاغذية و بخاصة المشروبات ذات الطاقة المنخفضة .

المحليات الصناعية وتطبيقاتها في أغذية الحمية

مقدمة :

تعد الرغبة في الطعم الحلو صفة طبيعية لدى الانسان منذ ولادته . ومع انها تقل في العمر، الا ان الاستمتاع في الحلاوة في الطعام والشراب يستمر . واكثر السكريات استخداما لتحقيق ذلك هو سكر المائدة (السكروز) الذي يزود الجسم بالطاقة ، الا ان استعماله يقترن بالسمنة و بعدد من الحالات المرضية. لذا فانه في هذه الحالات تستعمل البدائل الطبيعية للسكروز والتي تكون اكثر حلاوة منه، وكذلك البدائل الصناعية التي تزود الجسم بكميات مهملة من الطاقة نظرا لكونها عالية جدا في درجة حلاوتها. وهي عبارة عن مواد غذائية شديدة الحلاوة تعطى كميات بسيطة وضئيلة من السعرات الحرارية .والغرض الأساسي من استخدام هذه المركبات هو تحليه الأطعمة والمشروبات دون الإمداد بالطاقة أو زيادة مستوى جلوكوز الدم، ولذلك فهي تستخدم في وجبات إنقاص الوزن للمصابين بالسمنة ، وكذلك تدخل في غذاء مرضى السكر. والتي اشتهر عنها كونها خالية او منخفضة السعرات الحرارية وسلاح فعال في محاربة تسوس الاسنان، والسمنة، وبعض الامراض المزمنة كالسكري . واهم هذه البدائل الصناعية للسكر، والتي اقرتها مؤسسة الغذاء والدواء الامريكية FDA: الاسبرتام والسكرين و السيسولفام ك و نيوتام و السكرلوز وهي

اعلى في حلاوتها من سكر المائدة ب ٢٠٠ مرة ،٢٠٠٠ –٧٠٠ مرة، ٢٠٠ مرة، ٧٠٠٠– ١٣٠٠٠ مرة ، ٦٠٠ مرة على التوالي. فالاسبرتام مكون من حمضين امينيين ، وهو امن وكثير الاستعمال ، الا انه ينبغي عدم استعماله من قبل مرضى الفينيل كيتونوريا ، وعدم تجاوز ما يتناول منه يوميا ٥٠ ملغرام لكل كيلو غرام من وزن الجسم . واما السكرين فقد رافق استعماله جدل كثير نظرا لاشاعة احتمال تسببه بسرطان المثانة. الا ان البحوث الحديثة رجحت بانه امن الستعمال، ومع هذا ينصح بان لا يتجاوز تناوله اليومي ٥ ملغرام لكل كيلو غرام من وزن الجسم. وفيما يتعلق بالاسيسولفام ك فينصح باستعماله في كل الاطعمة ماعدا اللحوم و الدواجن فيما لا يتجاوز ١٥ ميلغرام لكل كيلو غرام ، مع عدم وجود تحذيرات اخرى حول استعماله. ويعتبر النيوتام بديلا جيدا للسكر و ذا استعمال شامل باستثناء استعماله مع اللحوم و الدواجن و على الا يتجاوز المتناول منه ١٨ ملغرام باليوم. اما السكرلوز الذي هو مشتق كيماويا من السكروز، فهو محلي عام الاستعمال ولا يهضم ولا يمتص. وينصح باستعماله فيما لا يتجاوز ٥ ميلغرام باليوم. ويوجد محليات اصطناعية اخرى الا ان استعمالها لم يقر من الجهات المعنية كمؤسسة الغذاء والدواء الامريكية، ويقترن استعمالها بتحذيرات توضع على بطاقة البيان . لذلك تبقى الانواع المذكورة الاشهر استعمالا و خاصة في حالات السمنة و السكري.

مهما كان رايك بالمحليات الصناعية الا انه قد يكون اصبح من الصعب جدا في وقتنا الحالي تفاديها بشكل كامل، حيث تدخل في صناعة العديد من المنتجات: كالمشروبات والحلويات والوجبات الجاهزة، وانواع مختلفة من الكعك، والعلكة وحتى معاجين الاسنان.

ولقد برزت المخاوف الاولى بشان تاثيراتها الضارة المحتملة منذ ظهور المحلي الصناعي الاول عام ١٨٧٩ الا وهو: السكرين، والذي كان يعرف باسم " سكر الفقراء The poor man's sugar".

ومن اهم المخاطر التي قد يظهر بانها ترتبط باستهلاك المحليات الصناعية: السرطان ، والسكتات الدماغية، وانخفاض الوزن عند المواليد ، وارتفاع ضغط الدم ، والقيء، والدوار.

نظرية الحلاوة:

من المعروف ان الانسان يحب الاطعمة الحلوة. وكما يستجيب الصغار و الكبار للطعم الحلو كذلك يستجيب له المواليد وحتى الكثير من الحيوانت و الحشرات. و الحلاوة ظاهرة حسية وصفية تتاثر بعدة عوامل منها الفيسيولوجية و السيكولوجية و البيئية. ويتم الحساس بالطعم الحلو بتفاعل المركبات الكيميائية المسؤولة عن الطعم مع خلايا متخصصة تعرف باسم البراعم الذوقية توجد على اللسان. ولكن مازال هناك الكثير من الغموض حول نوعية و ميكانيكية التفاعل الذي يتم بين المركبات والبراعم الذوقية . وتشير الابحاث الى وجود بروتينات متخصصة في خلايا البراعم الذوقية تتفاعل بروابط ضعيفة مع المركيات الكيميائية . و يقدر الزمن اللازم للاستجابة للطعم بحوالي ٢٥ ميللي ثانية . وقبل الاحساس بالطعم يتم ادمصاص المركب الكيميائي على سطح البرعم الذوقي مما يؤدي الى حدوث تغيرات في تركيبه وبالتالي السماح بتبادل الايونات على سطحه . و يتبع هذا حدوث استقطاب كهربائي مما يؤدي الى بداية ارسال الاشارات العصبية. والعلاقة بين تركيز المنبه (المركب الكيميائي) و الاستجابة العصبية غير بسيطة، فكلما زاد تركيز المنبه زادت درجة الستجابة و لكن بمعدل يتناقص الى غاية الوصول الى تركيز لا يحدث بعده زيادة في درجة الاستجابة. ووضع بيدلر (Beidler) عام ١٩٥٤ معادلة لتوضيح العلاقة بين تركيز المنبه و درجة الاستجابة وهي :

ت/ح = ت/ح ق + ١/ك ح ق

حيث :

ت = تركيز المنبه

ح = درجة الاستجابة

ح ق = درجة الاستجابة القصوى

ك = ثابت التوازن لتفاعل المنبه مع البرعم الذوقي .

و تبلغ قيمة ك كما وجدها بيدلر للعديد من المركبات مابين ٥ – ١٥. و يدل

انخفاض قيمة ك على ان الروابط بين المنبه و البرعم ضعيفة . كما يدل التناقص في درجة الاستجابة بزيادة تركيز المنبه على ان عدد البراعم محدود .

- العلاقة بين التركيب الكيميائي للمنبه والحلاوة :

في الأصل ارتبط طعم الحلو بالمواد السكرية . وبتنقدم علم الكيمياء اتضح أن السكاكر تختلف عن بعضها في شدة حلاوتها . كما تأكد أن الحلاوة ليست خاصية للمواد السكرية فقط وإنما هناك العديد من المركبات المختلفة لها مذاق حلو مثل مركبات عديدات الكحول الأليفاتية (الإيثلين جلايكول والغليسيرين مثلاً) . ونظراً لتشابه التركيب الكيميائي بين هذه المركبات البسيطة وبين السكريات يمكن افتراض أن درجة الحلاوة ترتبط بعدد مجاميع الهيدروكسيل التي يحتويها المركب . ولكن سرعان ما بطل هذا الافتراض حيث نجد أن بعض السكريات تحتوي على نفس العدد من مجاميع الهيدروكسيل ولكنها تختلف كثيراً في درجة حلاوتها (مثل الجلوكوز والجالاكتوز) ، كما وجد أن بعض عيديدات الكحول (الزايلتول) الذي يحتوي على خمسة مجاميع هيدروكسيل أشد حلاوة من مثيله السوربيتول الذي يحتوي على ستة مجاميع هيدروكسيل .

كما ثبت أن إحداث تغيرات بسيطة على تركيب المنبه تؤدي إلى حدوث تغير كبير في درجة ونوعية الطعم من حلو إلى مر أو عديم الطعم . فمثلاً تبلغ درجة حلاوة السكرين حولي (٥٠٠) مرة حلاوة السكروز . وتنحفض هذه الدرجة إلى النصف بمجرد إضافة مجموعة ميثيل أو كلور على الموقع بارا للسكرين ، ويتحول السكرين من مركب شديد الحلاوة إلى مركب شديد المرارة بمجرد إضافة مجموعة نترو إلى أعلى الموقع ميتا .

التاثير التعاوني للمحليات :

تسلك المحليات سلوك الكثير من المركبات الاخرى في العلاقة بين زيادة تركيز المركب وفعله.

ففي بعض الاحيان تكون العلاقة خطية ، أما في اغلب الاحيان فهي تكون

منحرفة . كما تتشابه المحليات مع المركبات الاخرى في علاقة تراكم تاثير مخاليطها . فعندما يكون تاثير خليط اثنين او اكثر من بعض المركبات اكبر من حاصل جمع تاثير كل مركب على حدى للقيام بمهمة معينة فان هذا يعرف باسم التراكم الايجابي . وعندما يكون تاثير الخليط اقل من حاصل جمع كل مركب على حدى يعرف باسم التراكم السلبي وفي حالة ما يتساوى تاثير الخليط مع تاثير حاصل جمع كل مركب على حدى فيعرف باسم التراكم البسيط .

وفي ما يخص المحليات نجد ان شدة حلاوة بعضها تزداد بمعدل اكبر من الزيادة المتوقعة بزيادة تركيز المحلي . ومع بعضها الاخر نجد العكس فمثلا نجد ان زيادة تركيز الغلوكوز بنسبة ١٠ : ١ في سلعة غذائية معينة يؤدي الى زيادة شدة الحلاوة باكثر من عشرة اضعاف . وتتشابه الملوحة مع الحلاوة في هذه العلاقة ، وتختلف عنهما المرارة والحموضة .

كما ثبت وجود علاقة تراكمية ايجابية في حلاوة مخاليط من الفركتوز والسكروز حيث وجد ان حلاوة ١٠% محلول يتكون من ٦٠% سكروز و ٤٠% فركتوز له درجة حلاوة تبلغ ١,٣ من شدة حلاوة ١٠ % سكروز و ١,١ من شدة حلاوة ١٠% فركتوز .

وفي دراسة اخرى حول تاثير حلاوة المحليات على بعضها وجد ان العلاقة بين مخاليط من اللاكتوز والسكرين كانت تراكمية بسيطة . بينما اللاكتوز مع الزايلتول كانت تراكمية ايجابية . اما مع اللاكتوز والغالاكتوز كانت تراكمية سلبية . كما وجد ان العلاقة بين السكروز والغلوكوز كانت تراكمية ايجابية تبلغ حوالي ٢٠ – ٢٥ % ومع الغلوكوز والسكلامات كانت تراكمية بسيطة .

التداخل بين الحلاوة والمرارة :

اثبتت الابحاث وجود علاقة قوية بين مكنيكية الاحساس بالحلاوة ومكانيكية الاحساس بالمرارة . وبالتالي فان كلا الاحساسين يعتمد الى حد كبير على الكيمياء

الفراغية للمركبات . ومن السهل جدا تحويل بعض السكاكر الحلوة الى مشتقات مرة . ومن المدهش بالسكاكر التي لها تركيب غلوكوبيرانوسايد ان نجد المواقع ١ ، ٢ ، ٦ وذرة اكسجين الحلقة جميعها يشارك في اضفاء الطعم المر ، وعلى وجه الخصوص ذرة اكسجين الحلقة والتي لم يثبت ان لها دور في اضفاء الطعم الحلو . وهذه الملاحظة تسوقنا الى الاعتقاد بان كل طرف من جزء السكر له القدرة على استحتاث نوع معين من البراعم الذوقية .

وهذا بدوره يجعلنا نتسائل حول وجود ترابط او تداخل بين البراعم الذوقية المتخصصة للطعم الحلو وتلك المتخصصة للطعم المر .

وهناك عدد من المركبات البيسطة التي تتميز باعطاء طعم حلو وطعم مر في نفس الوقت . واذا ما تم حقا بسط هذه الجزيئات على البرعم الذوقي بحيث يستطيع كل من طرفي المركب بعث طعم يختلف عن الطرف الاخر فانه هنالك احمتالين لتعليل هذا التاثير . فاما ان تقوم الجزيئات بتوزيع بعض منها على براعم استقبال الطعم المر والبعض الاخر على براعم استقبال الطعم الحلو ، واما ان يقوم كل جزء منها ببسط نفسه على كل من برعمي الاستقبال المختلفين في ان واحد . ويتطلب الاحتمال الخير وجود براعم لاستقبال الطعم الحلو وبراعم لاستقبال الطعم المر على نفس الخلية . ولقد بينت التجارب التي اجريت على سكر ميثيل – الفا – ى – مانوبيرانوسايد الذي له طعم حلو ومر صحة الاحتمال الخير . فلو فرضنا ان الجزء يقوم ببسط نفسه على برعم الاستقبال فان تشبيع براعم استقبال الطعم الحلو بمحلول مركز من السكروز يجب ان يمنع احد نوعي الترابط ، بينما لو فرضا ان الجزيئات تقوم بتوزيع نفسها على كل من براعم استقبال الطعم الحلو وبراعم استقبال الطعم المر فاننا لا نتوقع حدوث تاثير على الترابط . وتشير نتائجج هذه الدراسات الى ان مرارة ميثيل – الفا – ى – مانوبيرانوسايد تختفي بعد تشبيع اللسان بمحلول من السكروز ، بينما تشبيع اللسان بمركب الكوينين (مركب شديد المرارة) ليس له تاثير . وبالتالي فان اختفاء مرارة هذا المركب بعد تشبيع اللسان بالسكروز ربما تدل على ان الجزئ يقوم

ببسط نفسه على كل من براعم استقبال الحلاوة وبراعم استقبال المرارة في ان واحد ، وان تعطيل احد انواع الترابط (الحلو) بالسكروز يؤثر على الاخر (المر) . وبعد اعادة التجربة بشكل اخر ، وذلك بتشبيع البراعم بالكوينين ، ظهرت نفس النتيجة . وهكذا فانه على الاقل البعض من براعم استقبال الحلاوة وبراعم استقبال المرارة يجب تواجدها بجوار بعضها وعلى مسافة ٣ – ٤ انغستروم كما يدل على هذا حجب مرارة بعض الاطعمة بزيادة درجة حلاوتها او العكس . أي ان كلا من المنبهين يتنافسان على اجهزة الاستقبال المشتركة .

المحليات الطبيعية الأولية :

هي تلك المواد المحلية التي يتم الحصول عليها من مصادر طبيعية وتستخدم بكثرة في تحلية المواد الغذاية وحتى أوائل هذا القرن كان استعمال السكر مقصور أساساً على استعمالها في البيوت . أما حديثاً فإن معظم ما نتناوله من سكر يصل إلينا من خلال المنتجات الغذائية المصنعة . ولقد كان للسكر دور هام في تطور وتقدم الصناعات الغذائية . حيث نجد أن الكثير من الصناعات الغذائية تعتمد على حد كبير على السكر أو على محليات بديلة أخرى . وزيادة إقبال واعتماد الأفراد على المنتجات الغذائية المصنعة زاد على الإعتماد على السكر أو بدائله مما أدى إلى ارتفاع معدل استهلاك الأفراد من المحليات .

وترتب على هذه الزيادة ظهور الكثير من الجدل والاستفسارات حول علاقة هذه المحليات بصحة الإنسان . وعليه بدأت الجهات المسؤولة في العديد من الدول بالاهتمام بسلامة هذه المحليات ووضع اللوائح والقوانين المنظمة لإنتاجها واستخدامها في غذاء الانسان .

السكروز :

وهو المعروف بسكر المائدة وينتج تجارياً إما من سيقان قصب السكر الذي يمثل ٦٠ بالمائة من انتاج العالم من السكروز ، أو من جذور نبات الشوندر السكري والذي يمثل ٤٠ بالمائة من انتاج العالم من هذه المادة . ويحتوي عصير قصب السكر من

١٠ إلى ٢٠ بالمائة من السكروز وهذا التباين يعود إلى الاختلاف في ظروف ومناطق النمو ، مثلاً يكون تركيز السكروز في عصير قصب السكر المزروع في المناطق الاستوائية أعلى من المزروع في المناطق المعتدلة . أما الشوندر السكري فإنه يحتوي على حوالي ١٨ إلى ٢٠ بالمائة سكروز .

درجة الحلاوة :

ليست لجميع المحليات نفس درجة الحلاوة . ولقد بينت التجارب أن كلاً من المحليات الطبيعية او الصناعية تختلف عن بعضها اختلافا كبيرا في شدة الحلاوة. فكلما كانت درجة حلاوة المادة المحلية عالية كلما كانت الحاجة منها اقل للحصول على نفس درجة الحلاوة للمادة الغذائية. ويتم تحديد درجة حلاوة المواد المحلية مقارنة بحلاوة السكروز وهي تساوي تركيز السكروز مقسوما على تركيز المادة المحلية الاخرى عند تساوي درجة الحلاوة. درجة الاس الهيدروجيني ونوعية الوسط المستخدم للقياس. ويبين الجدول الحلاوة النسبية للمحليات المختلفة مقارنة بالسكروز الذي يعطى درجة تساوي واحد .

الجدول –١– الحلاوة النسبية للمحليات

المحلى	الحلاوة النسبية	المحلى	الحلاوة النسبية
سكروز	١,٠	زايلتول	١,٠
فركتوز	١,٣	سكلامات الصوديوم	٣٠ – ٨٠
زايلوز	٠,٧	سكرين	٢٠٠– ٧٠٠
سوربيتول	٠,٥	اسبرتام	١٠٠– ٢٠٠

مانيتول	٠,٧	اسيسلفام – ك	١٣٠

مجالات الاستخدام:

علاوة على الحلاوة التي يضيفها السكروز على الاغذية التي يضاف اليها فان له مهام اخرى عديدة في مجال الصناعية الغذائية. فعند تركيزات عالية يعمل كمادة حافظة. وقد يصل تركيزه الى ٥٥- ٦٥ % كما هو الحال في المربيات وعجائن الفواكه. والسكروز ليس له تاثير سلبي على نمو الكائنات الحية الدقيقة من حيث المبدا وانما العكس هو الصحيح. حيث يعتبر السكروز مادة جيدة للحصول على الطاقة وتشجيع النمو وانما ياتي الحفظ عند التركيزات العالية من خلال ربط السكر للماء. و بالتالي تنخفض درجة النشاط المائي الى حد لا يسمح بنمو معظم الكائنات الدقيقة.

الجوانب الصحية:

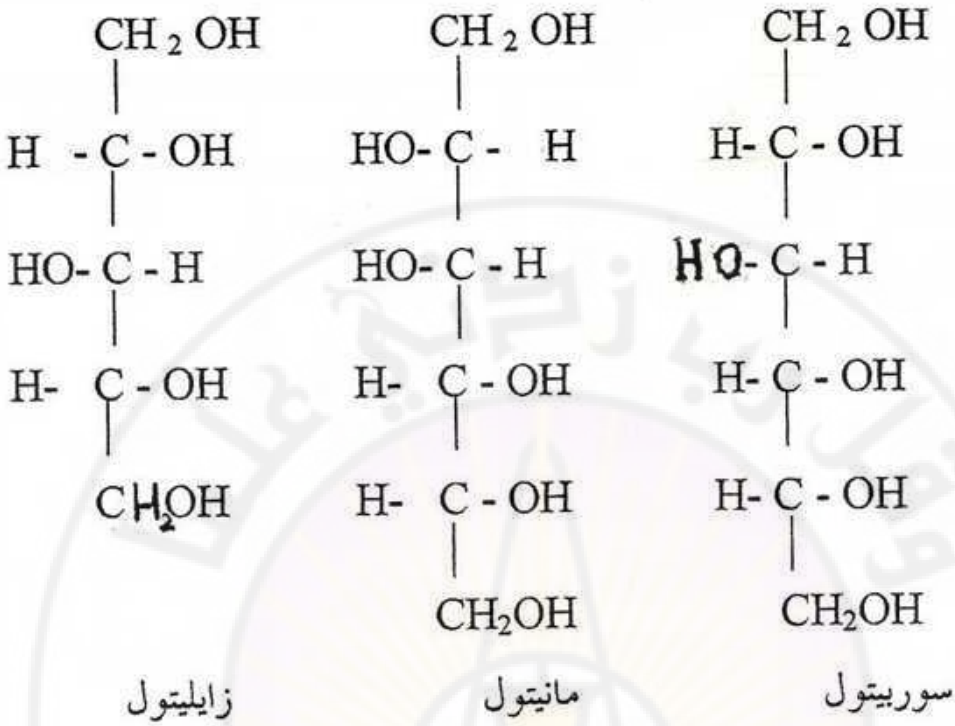
في منتصف هذا القرن تعرض السكروز لهجمات متكررة بوصفه المسبب لكثير من الامراض العصرية التي يعاني منها الانسان حيث يبقى غذاء الانسان هو احد اهم هذه الاسباب. وهذا ادى الى التركيز على دراسة علم التغذية وتحديد العناصر التغذوية الضرورية لحياة الانسان. ولكن الابحاث الحديثة التي ركزت حول ايجاد اية تاثيرات من استهلاك السكر على صحة الانسان لم تثبت وجود اية اضرار. وعلى الرغم من هذا فانه مازالت المحاولات مستمرة لتاكيد وجود علاقة من عدمها بين استهلاك السكر و السمنة او نخر الاسنان او مرض السكري او امراض القلب التاجية. ولقد وصلت الابحاث الى ان السكر ليس هو الوحيد ولا حتى احد العوامل المهمة في تسبب امراض السمنة فلها اسباب عديدة منها الوراثي و الاجتماعي و الكيميائي و العصبي و النفسي و غيرها بما فيها العلاقة بين نشاط الفرد و كمية السعرات الحرارية التي يتناولها. اما نخر الاسنان فله اسباب عديدة و اولها وجود بكتريا streptococcus mutans في الفم ، كما ان نخر الاسنان يتاثر بوجود او

عدم وجود عنصر الفلور في مياه الشرب بالاضافة الى اتباع الاساليب الصحية في تنظيف الفم و الاسنان من عدمها. ولكن السكروز يعتبر مادة اولية مناسبة لنمو بكتريا s.mutans التي تقوم بتخميره و انتاج الحموضة مما يؤدي الى تاكل و نخر الاسنان.

ا– الكحولات السكرية (المحليات ذات المصدر النباتي)

للكحولات السكرية (sugar al cohols , poly hidric alcohols or polyols) استعمالات خاصة في الصناعات الغذائية . وهي تختلف عن السكريات الأخرى في كونها عبارة عن هيدروكربونات اليفاتية تم فيها احلال اثنين او اكثر من ذرات الهيدروجين بإثنين او اكثر من مجاميع الهيدروكسيل ، انظر الشكل –١٣– لذلك فهي لا تحتوي على مجاميع وظيفية (الدهيد او كيتون) . واهم الكحولات السكرية المستعملة في مجال الصناعات الغذائية هي : البروبيلين جلايكول ، الجلسيرول ، السوربيتول ، المانيتول والزايلتول .

وسنتحدث في هذا الجانب عن اخر ثلاثة من هذه المجموعة . وتوجد الكحولات السكرية طبيعية في العديد من المصادر النباتية . عرف استعمالها في الصناعات الغذائية للعديد من السنوات وحديثا هناك اتجاه لاستعمال الزايلتول وشراب النشاء المهدرج (السوربيتول) كمحليات بديلة وترجع أهمية هذه المحليات لما تضيفه من طعم وقوام وبنية للمادة الغذائية . فمثلا تعتبر الكحولات السكرية مواد شرهة للماء مما يجعلها مناسبة لاستعمالها كمواد استرطابية للمحافظة على رطوبة وطراوة المادة الغذائية ومنع جفافها .



الصيغ الكيميائية للسوربيتول، المانيتول و الزايلتول .

جدول رقم -٢-

محتوى بعض الخضر و الفاكهة من الكحولات السكرية محسوبة على اساس ملغ / ١٠٠ غم من المادة الجافة.

السلعة	أرابيتول	زايلتول	مانيتول	سوربيتول	جالاكتيتول
الموز	-	21	-	-	-
الكمثرى	-	-	-	4600	-
الفراولة	-	362	-	-	-
الخوخ	-	-	-	960	-

أ – السوربيتول :

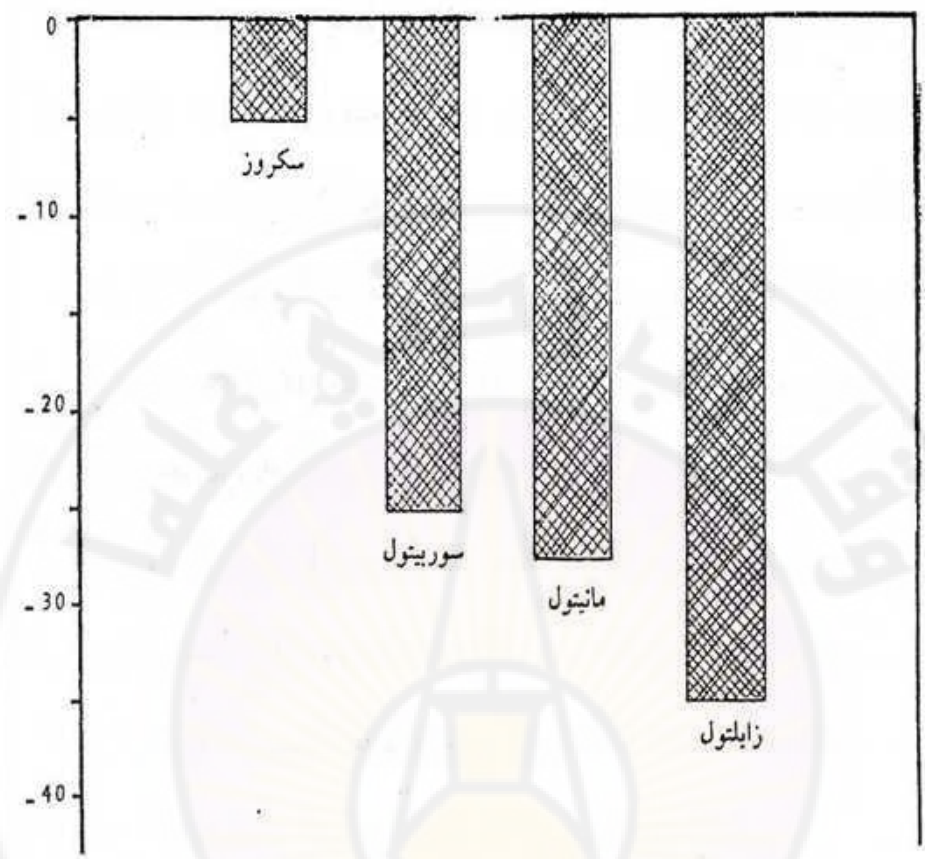
يوجد طبيعيا في العديد من النباتات والفواكه والطحالب . وصناعيا كان يتم تحضيره بالاختزال الكهروكيميائي لسكر الغلوكوز . وحديثا يتم تحضيره بهدرجة الغلوكوز او السكر المقلوب في وجود عوامل حفازه مثل النحاس او الكروم او النيكل عند درجة حرارة ١٢٠ – ١٦٠ درجة مئوية وضغط يبلغ ٧٠ – ١٥٠ ضغط جوي .

ومن الناحية الاقتصادية وعلى اساس تكلفة وحدة الحلاوة يعتبر السوربيتول ارخص من الكحولات السكرية ولكنه مازال اغلى من السكريات الاعتيادية .

جدول(٣) مقارنة تكلفة التحلية ببعض المحليات الكربوهيدراتية

المحلـي	الحلاوة النسبية	السعر دولار /رطل	سعر وحدة الحلاوة	النسبة
سكروز	1.0	0.15	0.15	1.0
لاكتوز	0.4	0.44	1.10	7.3
جلوكوز	0.7	0.12	0.17	1.1
فركتوز	1.5	0.75	0.50	3.3
مانيتول	0.4	1.57	3.93	26.2
سوربيتول	0.5	0.58	1.16	7.7
زايلتول	1.0	2.72	2.72	18.1

ومسحوق السوربيتول يكون ابيض اللون وعديم الرائحة ويتميز بمذاق حلو بارد ومستساغ . والتأثير البارد للسوربيتول على اللسان يعود لحرارة الذوبان السالبة –٢٥ سعر /الغرام .



الشكل(٢) حرارة الذوبان السالبة للسكروز و الكحولات السكرية سوربيتول، مانيتول و زايلول

وتبلغ شدة حلاوة السوربيتول ٠,٤٨-٠,٥٤ من حلاوة السكروز وعدم وجود مجموعة الدهيد تعني ان السكر غير مختزل وغير قابل للتخمر بواسطة الخمائر وغير مناسب لنمو الكثير من انواع البكتريا عليه .

ومن الناحية التغذوية فإنه يعتبر سليم الاستعمال بالنسبة للانسان وله قيمة حرارية تساوي القيمة الحرارية للسكريات الاخرى والتى هي حوالي ٤,٠ سعر/الغرام . ويتم ايضه داخل الجسم كما يتم ايض الغلوكوز وهو لا يؤدي الى ارتفاع حاد في مستو سكر الدم حيث يقوم الكبد بتحويل معظمه الى فركتوز كما ان له تاثير ملين عند استعماله بكميات تفوق ٥٠ – ٨٠ غرام /اليوم .

نسب استخدام السوربيتول:

تتوقف النسبة المستخدمة من السوربيتول و توقيت ذلك الاستخدام على نوع المنتج و الخصائص المرغوب توافرها فيه.

و كقاعدة عامة: يمكن احلال السوربيتول السائل محل من (٥- ١٥ %)من كمية السكر المدرجة في وصفة تحضير المنتوج غي انه يجب مراعاة كية المواد الصلبة، اذ ان ماتحتويه ٥ كغ من السوربيتول يتكافأ مع كمية ٣,٥ كغ سكر ، كما يجب ملاحظة ان السوربيتول يضفي على المنتوج النهائي عند احلاله محل قطر الذرة – الطراوة و النعومة في القوام ، و هذه الصفة تزداد وضوحا بازدياد الكمية المستخدمة منه .

في الجدول (٤) يبين نسب استخدام السوربيتول السائل في منتوجات متنوعة من الحلويات ، الا انه يبقى من الضروري تنفيذ تجارب استقصائية على كميات محدودة لتحديد افضل النسب التي ينبغي تبينها للحصول على افضل النتائج في المنتوج النهائي.

الجدول(٤)يبين نسب استخدام السوربيتول

المنتـــوج	نسبة الاستخدام
حشوات الكريمة لمختلف المنتوجات المجوفة وأصابع الشوكولاة	15-10
الفونـدات وحشـوات الفونـدات ومنتوجات مماثلة أساسها الفوندات	10-5
حشوات للكاراميلا القاسية	10-5
التوفي والكاراميلا الطرية	10-5

ب – المنيتول :

ينتشر المنيتول في العديد من المحاصيل النباتية ولكن بتركيزات منخفضة وفي الأصل كان يستخلص من نبات المن وفي بعض الاعشاب البحرية يوجد المنيتول بنسبة تبلغ ٢٠ % مما يجعلها مصدرا اقتصاديا لاستخلاصه منها . ويوجد مسحوق المنيتول في صورة بلورات بيضاء وهو غير شره للماء وله مذاق حلو يبلغ ٠,٥٥ – ٠,٦٦ حلاوة السكروز ويستعمل في الصناعات الغذائية كمادة مالئة ومحسنة للقوام والبنية . وقد وجد ان عملية تحضير السوربيتول بالاختزال الكهروكيميائي للغلوكوز ينتج عنها حوالي ٢٥ % منيتول واختزال الغلوكوز الى سوربيتول او منيتول يعتمد على العديد من العوامل . الا انه في الظروف القاعدية نجد ان الغلوكوز يتحول الى خليط من الغلوكوز والفراكتوز .

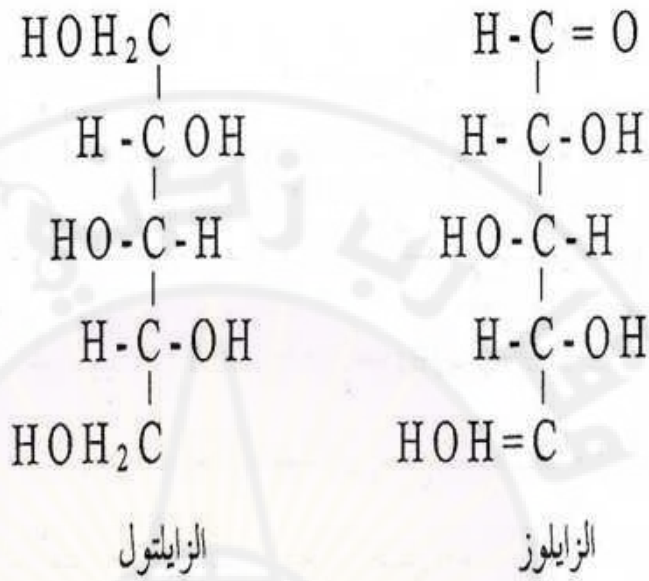
كما يتجه الاهتمام حديثا الى انتاج المنيتول باستعمال التخمرات الصناعية ، وجد ان بعض الاعفان Aspergillus تستطيع تحويل ٥٠ % من الغلوكوز الى منيتول في حوال ١ – ٢ شهر . كما تستطيع خميرة Torulopsis تحويل العديد من المواد الكربوهدراتية من الملتوز واللاكتوز والزايلتول الى مانيتول . أما خميرة Candida Lipolytica فتستطيع انتاج المانيتول بتركيزات عالية تسمح ببلورته مباشرة من حساء التخمير

ج – الزايلتول :

يوجد طبيعيا في الكثير من الفواكه والخضراوات مثل القرنبيط ، الخس ، الفراولة ، ولكن بكميات قليلة لا تجاوز ٩٠٠ ملغرام / كيلو غرام (جدول رقم ٥)

ومصدره التجاري هو همي سللوز زايلان (Xylan) الموجود بوفرة في كثير من المخلفات الزراعية خصوصا بعض انواع الخشب وقشور اللوز وغيرها وتبدا عملية تصنيعه بتحليل الزايلان بواسطة الاحماض الى زايلوز (Xylose) ثم هدرجة الزايلوز الى زايلتول .

تركيب الزايلوز والزايلتول



جدول رقم (٥)

محتوى بعض الخضراوات والفواكه من الزايلتول

السلعة	تركيز الزايلتول . ملغ / 100 غ من المادة الجافة
فراولة	362
خس	131
كرنب	300
باذنجان	180
سبانخ	107

درجة الحلاوة :

للزايلتول حلاوة نسبية تساوي ١ وهذا يعني انه عند نفس التركيز تكون حلاوة محلول الزايلتول تساوي حلاوة محلول السكروز ، وهذه الخاصية تسمح باستبدال السكروز بالزايلتول في بعض الاغذية دون احداث اي تغيير في نسبة المكونات .

درجة الذوبان :

عند ٣٠ درجة مئوية تكون نسبة ذوبانه تساوي نسبة ذوبان السكروز ويكون اقل ذوبانية منه عند درجات حرارة اقل من ٣٠ مئوية واكثر ذوبانية من السكروز عند درجات حرارة اعلى من ٣٠ درجة مئوية .

تأثيره البارد :

نظرا لارتفاع قيمة حرارة الذوبان السالبة للزايلتول فان استعماله في الاطعمة الجافة مثل الحلوى ومنتجات الشوكولا وغيرها يؤدي الى خفض درجة حرارة اللعاب وبالتالي الاحساس بالبرودة والانتعاش .

وهذا الاحساس يختلف عن برودة وانتعاش المنتول حيث ترجع برودة الزايلتول الى حرارة الذوبان السالبة اذ ان الزايلتول يحدث انخفاض حقيقي في درجة حرارة اللعاب عند ذوبانه فمحلول الزايلتول الذي تركيزه ٥٠ % يحدث انخفاض في درجة الحرارة بمقدرا ١٢ درجة مئوية والمحلول الذي تركيزه ١٠ % زايلتول وهو التركيز المستعمل في المشروبات الغازية ، يؤدي الى انخفاض درجة الحرارة بمقدار ٣ درجة مئوية . كما ان احتواء المشروبات الغازية على بكربونات الصوديوم وحمض السترك يساعد على اضهار برودة الزايلتول .

الثبات الكيميائي :

ان عدم احتواء الزايلتول وبقية الكحولات السكرية على مجاميع الدهيد او كيتون يحد من نشاطها الكيميائي . لذلك فان الزايلتول لا يدخل في تفاعل ميلارد عند وجود الاحماض الامينية وبالتالي فان الاغذية البروتينية يمكن معاملتها حراريا دون فقد الاحماض الامينية الاساسية خصوصا اللايسين وكذلك دون احداث اسمرار بها .

الثبات المكروبي :

لقد تبين ان الزايلتول لا تتم مهاجمته بواسطة بكتريا Streptococcus Mutans التي لها علاقة بتخر الاسنان لذك فان استعمال هذا المحلي خصوصا في العلكة يفيد في وقاية الاسنان وتكمن اهمية الزايلتول في وقاية الاسنان من النخر في ثلاث عوامل:

١- علاوة على ان بكتريا streptococcus mutans لا تستطيع مهاجمة الزايلتول فانه يعتبر مثبطا لها و مانع لنموها.

٢- وجد ان تناول الزايلتول يفيد في افراز اللعاب مما يؤدي الي رفع درجة الاس الهيدروجيني بالفم ، و هذا بدوره لا يفيد في الوقاية فقط بل يساعد في شفاء الاسنان التي مازالت في المراحل الاولية من النخر.

٣- ان الزايلتول يرفع نسبة البروتين في اللعاب والتي بدورها تزيد من قدرة اللعاب على معادلة الحموضة.

و في دراسة استمرت مدة سنتين اجريت على ١٢٥ متطوعا ثم تقسيمهم الى ثلاث مجاميع كانت تحلية طعام المجموعة الاولى ٣٥ متطوعا بالسكروز و المجموعة الثانية ٣٨ متطوعا بالفركتوز و المجموعة الثالثة ٣٢ متطوعا بالزايلتول. و بعد سنتين من التجربة وجد ان متوسط الزيادة في عدد الاسنان المنخورة و المخلوعة و المحشوة هي ٧,٠ لمجموعة السكروز ، و ٣,٨ لمجموعة الفركتوز و ٠,٠ لمجموعة الزايلتول.

الايض :

يحصل الجسم من الزايلتول على نفس الكمية من الطاقة التي تحتويها المواد الكربوهدراتية الاخرى وهي حوالي ٤ سعر / غرام وترجع اهمية الزايلتول وغيره من الكحولات السكرية بالنسبة لمرضى السكري الى عدم حدوث ارتفاع حاد في مستوى سكر الدم وهذا يرجع الى الاختلاف في طريقة امتصاص وايض هذه المحليات عن طريق امتصاص وايض سكر الغلوكوز او وحدة الغلوكوز الموجودة في السكر الثنائي السكروز . و ذلك لارتفاع معدل امتصاص الجلوكوز من الامعاء و الذي يتم بواسطة طريقة النقل النشط ، بينما معدل امتصاص الكحولات السكرية ، و بالاضافة الى

الفركتوز ، و دخولهم مجرى الدم يكون اقل من الغلوكوز . و بعد امتصاص الغلوكوز او الكحولات السكرية فان معظم ايضهم يتم في الكبد و بدون الاعتماد على الانسولين.و لكن حيث سيتم تحويل معظمهم الى غلوكوز فان تمام ايضهم لا يعتبر مستقلا بالكامل عن الانسولين.

و يبدا ايض السوربيتول و الزايلتول في الكبد ، حيث يتم تحويل السوربيتول الى فركتوز و الزايلتول الى ٥- فوسفات الزايليولوز ثم الى فوسفات و الجليسر الدهايد و فوسفات الفركتوز من خلال مسار فوسفات البنتوز. و بعدها يتم تحويل ٦- فوسفات الفركتوز الى جلوكوز و جليكوجين وحمض لاكتيك خلال مسار الجليكو.

و اوضحت نتائج دراسة الحيوانات المخبرية ان معظم الفركتوز و السوربيتول و الزايلتول تتحولل بسرعة الى جلوكوز في الكبد من خلال التفاعلات سالفة الذكر و بدون الاعتماد على الانسولين. و لكن ايض هذا الجلوكوز في الكبد او غيره من الانسجة يحتاج الى انسولين.

و انخفاض معدل امتصاص هذه المحليات مع اختلاف مسار ايضها هو الذي يفسر عدم حدوث الارتفاع الحاد في مستوى سكر الدم. مقارنة بجرعات مماثلة للغلوكوز او السكروز و لكن في النهاية يحتاج ايضها جميعا اى نفس الكمية من الانسولين و تبقى ميزة الفركتوز و الكحولات السكرية في احتياجها الى فترة لتحويلها و على مراحل الى غلوكوز.

الجوانب الصحية :

يتم امتصاص الزايلتول في القناة الهضمية ببطء . لذلك فان تناوله بجرعات كبيرة يؤدي الى حدوث مغص معوي واسهال . وينصح الافراد البالغين الذين يتناولون الزايلتول لاول مرة بعدم تجاوز ٣٠ غرام / اليوم . وبعد ان يتعود الجهاز الهضمي عليه يستطيع الفرد تناول ٢٠٠ – ٣٠٠ غرام / يوم .

القوانين الغذائية :

تسمح الان ٢٨ دولة باستخدام الزايلتول في العديد من المواد الغذائية وحسب

التقرير رقم ٢٧ للجنة الفنية المشتركة لصناعات الاغذية المنبثقة عن منظمة الاغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية التابعين للامم المتحدة لم يتم تحديد الكمية التي يتناولها الفرد في اليوم . وتسمح الكثير من الدول باستعماله في الادوية في محاليل التشريب (وهي تلك السوائل التي تعطي عن طريق الوريد) ، العلكة ، الشوكولا ، الحلويات وغيرهم .

المحليات الصناعية (ذات المصدر الكيميائي):

كان المبرر الاساسي لاستعمال المحليات الصناعية في الاغذية هو تمكين مرضى السكري من تناول اطعمة حلوة دون حدوث ارتفاع في مستوى سكر الدم.

العامل الثاني الذي ساعد على انتشار المحليات الصناعية هو انتاج الاطعمة الخفيفة وهي التي تحتوي على سعرات حرارية اقل من مثيلاتها المحلاق بالسكريات الطبيعية و هذه الانواع من الاطعمة تفيد في علاج او تفادي السمنة. و العامل الثالث هو وقاية الاسنان من النخر ، و اخيرا لخفض تكلفة انتاج المواد الغذائية.

لذلك تم انتاج مجموعة من المحليات الصناعية تمتاز بشدة حلاوتها مما يجعل كمات قليلة منها تغني عن استعمال الكمات الكبيرة من السكريات ، وهي لا تمد الجسم بسعرات حرارية اطلاقا او تمده بقدر بسيط جدا.

و حيث ان هذه المركبات صناعية فان هنالك الكثير من التحفظ في استعمالها.

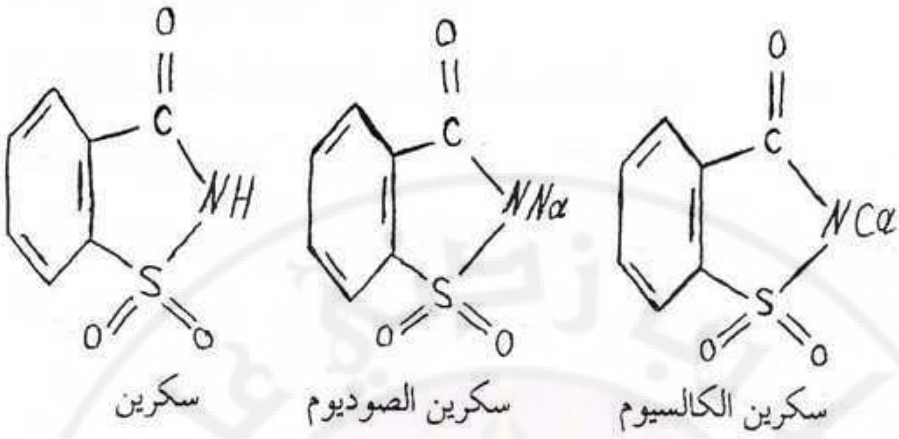
لذلك نجد ان معظم دول العالم تهتم بوضع اللوائح و القوانين الخاصة بتداول و استعمال هذه المحليات و بنظرة سريعة الى تاريخ جميع المحليات الصناعية المعروفة نجد ان بعض المحليات قد يسمح استعماله في بلد ما بينما يمنع استخدامه في بلد اخر. كذلك نجد ان احد هذه المحليات يسمح باستعماله لفترة ثم يمنع استعماله ثم يسمح به مرة اخرى كمحلي في نفس الدولة . و بالتالي كان المهتمون بالمحليات الصناعية دائما يبحثون عن جديد ينال رضى جميع الاطراف ذات العلاقة و يجب ان يتمتع المحلي الصناعي بالخصائص التالية:

١- يجب ان تكون حلاوته لا تقل عن درجة حلاوة السكروز و مشابهة اليهاما امكن ذلك كما يجب ان يكون عديم اللون و الرائحة.

٢- يجب ان يكون من المركبات التي تذوب بالماء. و ان لا يدخل في تفاعلات كيمائية ، و ان لا يتاثر بالمعاملات الحرارية يكون تصفيته و تنقيته من الشوائب سهلا.
٣- يجب ان لا تكون له أي تاثيرات سامة او طرحه من الجسم دون تغيير.
٤- يجب ان يكون استعماله و تنقيته من الشوائب سهلا
٥- يجب ان يكون استعماله يتلائم مع التقنية الموجودة حاليا.
٦- يجب ان يكون ثمنه ينافس ثمن المحليات الصناعية البديلة.
١- السكرين :

كان اكتشاف السكرين Saccharin كمادة محلية من وليد الصدفة . وحدث هذا أثناء الدراسة التي كان يقوم بها العالمان رومسون وفاهلبرج عام ١٨٧٩ بجامعة جون هوبكن بأمريكا على أكسدة مركب أ ، تلوين سلفونمايد O – Toluene sulfonamide وكان استعمال السكرين في البداية كمادة مطهرة وحافظو ويعتبر السكرين اول محلي صناعي يستعمل في الصناعات الغذائية . حيث كانت بداية استعماله تجاريا كمحلي غير حراري عام ١٩٠٠ . وهذا يعني ان تاريخ المحليات الصناعية يبلغ حوالي ١٠٠ سنة . مما ادى الى زيادة استعمال السكرين في الصناعات الغذائية هو نقص السكر خلال الحرب الاولى والثانية

والاسم الكيميائي للسكرين هو اورثو – بنزوسلفيمايد (ortho – benzosulfimide) ويوجد اما في صورة حمض او املاح الحمض التي اهمها ملح الصوديوم والكالسيوم . كما يوجد ايضا في صور ملح النشادر وغيرها ولكن بدرجة محدودة .



شكل (٦) تركيب السكرين و املاح الصوديوم و الكالسيوم له.

والصور المستعملة للسكرين في الصناعات الغذائية هي اما سكرين الصوديوم او سكرين الكالسيوم . اما الحمض فلا يمكن استعماله وذلك لقة ذوبانيته في الماء .

جدول رقم -٦-

ذوبانية السكرين وأملاحه في الماء غرام/ 100 غرام ماء

درجة الحرارة مْ	سكرين	سكرين الصوديوم	سكرين الكالسيوم
25	0.2	–	55
35	–	138.5	–
45	0.6	–	115.5
50	–	186.8	–
65	1.1	220.2	194.7
75	–	253.5	–
85	–	289.5	–
90	–	–	262.0

جدول رقم –٧–

ذوبانية السكرين و املاحه في محلول

ايتانول ماء غرام /100غمحلول عند 25ْم

٪ إيثانول بالوزن	سكرين	سكرين الصوديوم	سكرين الكالسيوم
20.7	0.6	87.3	58.6
43.7	1.8	60.2	60.2
69.5	4.0	23.9	55.0
92.5	4.1	2.6	30.5

المذاق :

تمتاز المحليات السكرية بسرعة استهلال واختفاء مذاقها الحلو والصافي . اما السكرين والكثير من المحليات الصناعية فهي تعاني من تاخر في استهلال الحلاوة . ثم تاخذ الحلاوة في الزيادة الى ان تصل ذروتها ، وبعد الفراغ من تناول ذلك الغذاء المحلي بالسكرين ياخذ المذاق الحلو في الاختفاء ببطء وعلى فترة من الومن والتي خلالها يبدا الاحساس بطعم جانبي مر وقابض يعرفه كل مرضى السكري . وللتغلب على هذه المشكلة قامت الشركات بانتاج خليط من السكلامات والسكرين بنسبة ١٠ : ١ وخليط من السكرين والفركتوز يحتوي ٣ % سكرين . وتتفاوت الحلاوة النسبية للسكرين من ٢٠٠ – ٧٠٠ ضعف حلاوة السكروز.

وهذا التباين يرجع الى عدة عوامل مثل نوعية المادة الغذائية، درجة الحرارة او نسبة التركيز. و يبين جدول رقم –٩– التفاوت في حلاوة السكرين في المحاليل المائية مقارنة بالسكروز عند تركيزات مختلفة.

جدول رقم –٩–

الحلاوة النسبية للسكرين والسكلامات عند تركيزات مختلفة من السكروز

تركيز السكروز، ٪	الحلاوة النسبية للسكرين	الحلاوة النسبية للسكلامات
2	500	40
5	360	36
10	330	33
15	300	27
20	200	24

الاستعمالات:

يستعمل السكرين في تحلية الكثير من المنتجات الغذائية مثل المشروبات الغازية ، الفواكه المعلبة ، الحلويات ، المربيات، معاجين الفواكه و صناعة الخبيز. كما يستعمل في البوت كبديل لسكر المائدة لتحلية الشاي، القهوة او غيرهم . وهو غالبا لا يستخدم بمفرده و انما مخلوطا مع بعض المحليات الصناعية الاخرى خصوصا الاسبرتام و السكلامات او مع بعض السكريات الطبيعية مثل الاكتوز و الفركتوز و ذلك لاجل الحصول على مذاق حلو خالي من الطعوم الجانبية غير المرغوب فيها .

و يجب الا يغيب عن الاذهان ان استبدال السكرين او اي محلي صناعي اخر بدل السكريات في المنتجات الغذائية ليست مجرد استبدال محلى بمحلى اخر . فالامر غاية في التعقيد و ذلك لان السكريات لا تضاف للاغذية من اجل التحلية فقط . فكما سبقت الاشارة ان للسكريات مهتم عديدة في الصناعات الغذائية مما يوجب الاهتمام بالعجز الذي تخلفه السكريات ورائها عند استبدالها بالسكرين او غيره . وهذا يفرض اعادة صياغة تركيب المادة الغذائية من جديد ، و ذلك لان النكهة او الطعام او الخصائص الحسية الاخرى للاغذية ليست مجرد حاصل جمع وظائف تلك العناصر مع بعضها. لذلك فان المنتجات الغذائية ذات الصيغ و التركيبات المحكمة سوف

يختل توازنها بمجرد استبدال عنصر من عناصرها بعنصر اخر مثل استبدال السكروز بالسكرين. فمثلا المشروبات الغازية التي يتم استبدال السكريات فيها بالسكرين تعاني من رقة البنية. كما ان ظاهرة التدفق الناتجة عن عدم قدرة المشروبات الغازية بالاحتفاظ بالغازات تكون اكثر في حالة استعمال السكرين بدل السكريات. كما ان استعمال السكرين في صناعة المربيات تؤدي الى فقدان القوام، و بالتالي يجب استعمال أنواع من البكتين تستطيع تكوين هلام دون الحاجة الى تركيزات عالية من المواد الصلبة، وفي صناعة المرطبات وجد ان استبدال السكريات بالسكرين نتج عنه انخفاض في نسبة الرطوبة و بالتالي نقص في الاسترطاب و زيادة في سرعة جفاف هذه المنتجات مما يؤدي الى اتلافها. كما حدث انخفاض في الحجم و خلل في بنية اللب. علاوة على ذلك كانت تلك المنتجات فقيرة في النكهة و لون القشرة، وهذا راجع الى عدم قدرة السكرين على المشاركة في تفاعلات الاسمرار غير الانزيمية (الكرملة و تفاعل ميلارد) الضرورية لاعطاء اللون و النكهة لكثير من المنتجات الغذائية.

كما ان الاستبدال الجزئي او الكلي للسكريات بالسكرين يزيد من قابلية المواد الغذائية للفساد. فانخفاض نسبة المواد الصلبة الذائبة في المنتجات المحلات بالمحليات الصناعية يجعلها اكثر عرضة للفساد الميكروبي الامر الذي يستدعي استعمال وسائل حفظ اخرى مثل حمض البنزوئيك و السوربيك او المعاملات الحرارية . و فساد الاغذية لا يقتصر على الفساد الميكروبي فقط وانما يشمل تغير المظهر و القوام او التصلب و الجفاف.

الجوانب الصحية:

هنالك تعارض كبير حول سلامة و اضرار السكرسن رغم كثرة المحاولات لمراجعة و تمحيص و نقد الابحاث المتعلقة بذلك و حتى المسوحات الاجتماعية التي اهتمت بتجميع معلومات حول المحليات الصناعية و امراض المثانة البولية كانت متعارضة ، و تمخضت جميع هذه الدراسات عن وجود علاقة فقط بين تناول المحليات الصناعية (السكرين و السكلامات) والاصابة بسرطان المثانة.

و تختلف نتائج الابحاث التي اهتمت بدراسة تاثيرات السكرين على الصحة من تصنيفه كمادة مسرطنة الى كونه مادة غير ضارة الى اعتباره مادة محفزة لمواد مسرطنة اخرى الي فعله كمادة واقية ضد فعل بعض المواد المسرطنة المعروفة. ويعود هذا التعارض الى اختلاف ظروف التجربة خصوصا الجرعة و مكونات الوجبة و نوع الحيوانات المعملية.

اما فيما يخص تسبب السكرين في احداث طفرات للكائنات الدقيقة فيمكن تلخيصه في النقاط التالية:

١- ثبت ان السكرين لا يتفاعل او يرتبط يالاحماض النووية

٢- نتائج دراسات تاثير السكرين على الاحماض النووية اما ان كانت سالبة او غير واضحة

٣- اورام المثانة السرطانية في الحيوانات المعملية كانت نتيجة احداث عيوب في الكروموزومات و ليس في الاحماض النووية

٤- السكرين مادة كيميائية خاملة و لا يتشابه تركيبه مع المركبات المسركنة المعروفة، و بالتالي لا يمكن ان يكون السكرين هو المسبب في احداث السرطانات الناتجة عن تفاعلات كيميائية

٥- السكرين يعتبر حمض قوي و يرتبط مع البروتينات و يثبط العديد من الانزيمات . لذلك فان الجرعات العالية منه قد تحدث طفرات ولكن لا يكون هو السبب في احداث سرطانات.

القوانين الغذائية:

يعتبر تناول البالغين لواحد غرام / يوم سكرين غير ضار بالصحة . و على الرغم من الابحاث العديدة التي اجريت في اوائل السبعينيات و التي اشارة الى امكانية تسبب السكرين في سرطان المثانة فان استعماله مازال مسموحا به في معظم الدول، و ذلك لان بعض الابحاث الاخرى اشارة الي ان شوائب السكرين و ليس السكرين نفسه هو المتسبب في احداث سرطان المثانة. و على هذا الاساس تم في اواسط السبعينيات القيام بابحاث واسعة لتحديد سرطنة السكرين من عدمها ، و بعد تغذية الفئران على وجبات تحتوي على سكرين نقي و اخرى تحتوي على الشائبة أ–تولوين سلفونمايد(-0

toluene sulfonamide) اتضح عام ١٩٧٧ ان السكرين و ليس أ- تولوين سلفونمايد هو السبب في سرطان المثانة.

و بهذا تم تصنيف السكرين على انه مسبب ضعيف لسرطان المثانة في الحيوانات المعملية.

و لكن نظرا للحاجة الماسة لمحلي صناعي ،و عدم وجود بديل مناسب و ان فوائده تفوق و تبرر مضاره المحتملة لذلك فهو مازال واسع الانتشار في كثير من دول العالم حتى يومنا هذا .

٢- السكلامات:

كان اكتشاف السكلامات (Cyclamate) في عام ١٩٣٧ م . فبينما كان مايكل سفيدا طالب دراسات عليا بجامعة الينويز بالولايات المتحدة الأمريكية يبحث عن عقار جديد للحمى تحسس طعم حلو من سيكارته التي كانت بين أصابعه . وتلك الحلاوة كانت راجعة إلى تلوث السيكارة بأحد مشتقات مركب سايكلوهيكسايل أمين (Cyclohexyl amine) وهذا دفعه إلى إجراء المزيد من الاختبارات على المواد الكيميائية التي كان يعمل بها والذي أدى به إلى العثور على المادة الحلوة ألا وهي سكلامات الصوديوم .

ثم انفردت شركة دوبونت الأمريكية ببراءة أختراعه عام ١٩٤٠ م وبدأت شركة أبوت بتسويقه عام ١٩٥٠ م . إلا أن عمره في الأسواق الأمريكية لم يدم طويلاً حيث أمرت إدارة الأغذية والعقاقير الأمريكية (FDA) عام ١٩٧٠ م بمنع استعماله في الصناعات الغذائية واتلاف جميع المنتجات المحتوية عليه .

وتوجد السكلامات إما في صورة حمض السكلاميد الذي اسمه الكيميائي (حمض سايكلو هكسان سلفاميك) أو في صورة أملاح الصوديوم أو الكالسيوم له ، وتوجد السكلامات على هيئة مسحوق أبيض بللوري عديم الرائحة ، وغالباً ما تستعمل سكلامات الصوديوم في الصناعات الغذائية ولكن أحياناً يتم استعمال سكلامات الكالسيوم خصوصاً عند الرغبة في الحصول على وجبات منخفضة في الصوديوم .

وتذوب سكلامات الصوديوم بمعدل (١ غرام / ٤ ميلي ماء أو ٦٠ ميلي ايثانول أو ١,٥ ميلي بروبيلين جلايكول) ولا تذوب في البنزين ، الكلوروفورم أو الإيثر إطلاقاً .

المذاق :

للسكلامات حلاوة تبلغ ٣٠ – ٦٠ حلاوة السكروز . ونظراً للطعم الجانبي الغريب للسكلامات والمصحوب بتأخر استهلال واختفاء الحلاوة فإنه يصعب تحديد حلاوته النسبية خصوصاً عند التركيزات المرتفعة .

ولقد وجد أن خلط السكلامات بالسكرين يؤدي إلى حجب الطعم الجانبي الذي يكون ظاهراً عند استعمال كل منهما على حدة . لذلك أخذت بعض الشركات باستعمال مخلوط يحتوي على ١٠ أجزاء سكلامات إلى ١ جزء سكرين ، وعند استعمالهما بهذه النسبة فإن كل منهما يقوم بتزويد نصف حلاوة المنتوج الغذائي .

الجوانب الصحية :

أشارت التجارب الأمريكية على سلامة السكلامات بأنه يخرج من الجسم بدون أيض ، وفي الولايات المتحدة الأمريكية تم أدراجه في قائمة المواد المعروفة عموماً أنها سليمة عام ١٩٥٨ م وكان هذا حافزاً على انتشار الأطعمة الخفيفة وهذا أدى إلى إلحاق أضرار اقتصادية بشركات صناعة السكر والتي دخلت في معارك قانونية مع شركة أبوت التي تقوم بتصنيع السكلامات للتشكيك في سلامة السكلامات ، وفي خلال ٤ سنوات وذلك ما بين عام ١٩٦٣ م وحتى عام ١٩٦٧ م ارتفع معدل إنتاج السكلامات في الولايات المتحدة ثلاث أضعاف وذلك من خلال ٦ – ١٨ مليون رطل في السنة .

واستمر استعمال السكلامات على انه مادة سليمة الى غاية عام ١٩٦٦ حيث اثبت باحثان يابانيان وجود مركب سايكلو هكسايل امين في بول الانسان و الحيوانات المعملية بعد تناولهم السكلامات . وهذا يدل على ايض السكلامات داخل الجسم، وعليه اقترحت ادارة الاغذية و العقاقير الامريكية عام ١٩٦٨ ان المعدل المسموح به من السكلامات هو ٥ غم/ يوم . و في عام ١٩٦٩ انخفض الى ٣,٥ غم / يوم

للكبار و ١,٢ غم/ يوم للصغار .

كما ثبت عام ١٩٦٩ ظهور اورام في مثانات الحيوانات المعملية بعد تناولها خليط من السكلامات و السكرين بنسبة ١٠: ١ و هي النسبة المستعملة في معظم الصناعات الغذائية . و ان نصف تلك الاورام كانت سرطانية . كما تاكد ايض السكلامات الى سايكلو هكسايل امين وفي عام ١٩٧٠ اصدرت ادارة الاغذية و العقاقير الامريكية قرارا بمنع استخدام السكلامات في الصناعات الغذائية و مصادرة جميع المنتجات التي في الاسواق التي تحتوي على السكلامات و اعدامها.

القوانين الغذائية:

لا يستطيع الجسم ايض السكلامات و انما يقوم بتحويله الى سايكلو هكسايل امين و الذي يتخلص منه الجسم عن طريق البول، و بعد ان اشارت الكثير من الابحاث عن تسبب السكلامات في سرطان المثانة قامت الولايات المتحدة بمنع استعماله منذ عام ١٩٧٠ . الا ان استعماله مازال مسموح به في حوالي ٤٠ دولة اخرى، و يعتبر تناول ١,٥ غم / اليوم سكلامات لا يمثل ضرر على الصحة.

الاستعمالات:

يستعمل كبديل لسكر المائدة في البوت لتحلية المشروبات المنزلية . كما يستعمل في المستحضرات الدوائية، وفي مجالات الصناعات الغذائية فهو يستعمل في صناعة المشروبات الغازية ، عصائر الفواكه ، الفواكه المعلبة، الحلويات، الشيكولاته و غيرها.

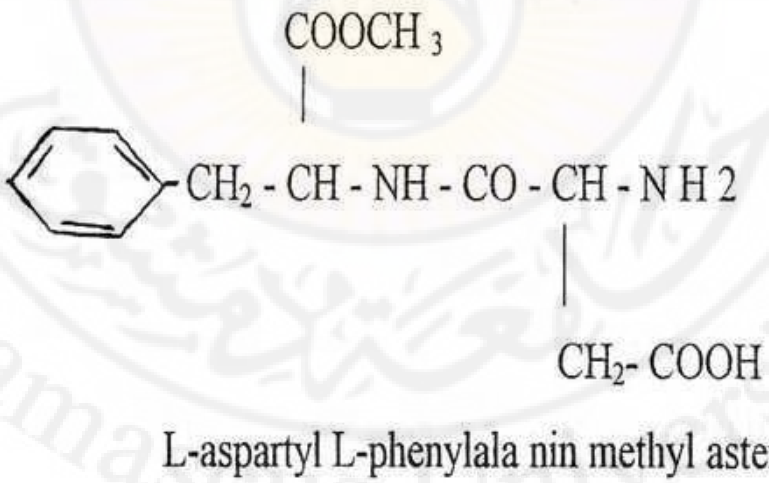
٣- الاسبرتام:

مثلما كان اكتشاف السكرين و السكلامات بالصدفة كان اكتشاف الاسبرتام (Aspertame) كذلك . حدث هذا في اواخر عام ١٩٦٥ عندما كان العالم جيمس شلاتر يبحث عن عقار جديد لعلاج القرحة . فبينما كان في مختبره يقوم ببعض الاختيارات على بعض الببتيدات و كان يريد ان يلتقط قطعة من الورق من على

المنضدة الامر الذي دفعه الى ان يبلل اصبعه بلعابه حتى يستطيع التقاط الورقة اندهش بالاحساس بطعم حلو من اصبعه. لذلك ازداد اهتمامه بتلك الببتيدات الى ان استطاع تحديد الببتيد المسؤول عن الحلاوة ، و بعد التحقق من تركيبه الكيميائي وجد انه عبارة عن ببتيد ثنائي يتكون من الحمض الاميني الاساسي فينيل الانين (Phenyl alanine) مرتبط مع الحمض الاميني حمض الاسبارتيك (Aspartic acid) . و لمنع حدوث تفاعل داخلي للمركب تم ربط مجموعة الكربوكسيل للفينيل الانين برابطة استر مع الميتانول و الحصول على استر الميتيل .

ويوجد الاسبرتام (استر الميثيل لثنائي الببتيد اسبرتايل فينايل الانين) في صورة مسحوق ابيض عديم الرائحة، و يعتمد ذوبانه في الماء على درجة الاس الهيدروجيني و درجة الحرارة . حيث تكون اعلى ذوبانية له عند الويد ٢,٢ و اقل ذوبانية عند نقطة التعادل الكهربي له وهي الويد ٥,٢ .

شكل رقم –٧– تركيب الاسبرتام



L-aspartyl L-phenylala nin methyl aster

المذاق :

للاسبرتام مذاق حلو كالسكر لا تشوبه مرارة او قبوضة كالتي يعاني منها السكرين

و السكلامات، و لا يوجد بين الاسبرتام و السكر اختلاف في المذاق الا في سرعة اختفاء الحلاوة بعد الاخلاص من تناول المادة الغذائية. حيث ان استهلال حلاوة الاسبرتام سريعة مثل استهلال طعم السكر و لكن اختفاء الطعم الحلو للاسبرتام يطول بعض الوقت.

و تتغير الحلاوة النسبية للاسبرتام بعدة عوامل اهمها نوع المادة الغذائية، درجة الحرارة و درجة الحموضة .

وكما يبدل الجدول فان درجة حلاوة الاسبرتام في الماء في الماء بتركيز يساوي حلاوة السكروز عند قيمة الاستهلال الذوقي للسكروز (٠,٣٤% سكروز) تعادل ٤٠٠ ضعف وكلما زاد التركيز تقل درجة الحلاوة . فعند زيادة تركيز السكروز من ٠,٣٤% الى ١٠,٠% تقل الحلاوة النسبية للاسبرتام من ٤٠٠ الى ١٣٣ . و لكن اذا ما تمت المقارنة في مشروب ليمون بدلا من الماء و عند تركيز ١٠,٠% سكروز تبلغ درجة حلاوة الاسبرتام ١٨٠ ضعف.

و بالاضافة الى استخدام الاسبرتام كمادة محلية فانه يمكن استعماله كمادة محسنة للنكهة خصوصا في الاغذية الحامضية مثل مشروبات البرتقال او الليمون . لذلك يستعمل الاسبرتام بكميات تتفاوت من ٠,٠١% كمادة محسنة للنكهة الى ٠,٦% كمادة محلية و في الغالي تبلغ درجة حلاوة الاسبرتام من ١٨٠-٢٠٠ ضعف حلاوة السكروز .

جدول رقم -١٠-

تأثير الوسط ودرجة الحرارة على الحلاوة النسبية للاسبرتام

الوسط	درجة الحرارة °م	نسبة السكروز في وسط التحكيم (٪)	الحلاوة النسبية للاسبرتام
ماء	22	0.34	400
		4.3	215
		10	133
		15	100
	8	2	182
		4	160
		12	100
	3	10	61
علكة	22	69	195-160
مشروبات غازية	8	10	180
شاي/ قهوة	70	6-4	180
فواكه معلبة	باردة	20	175

الثبات:

حيث ان تركيب الاسبرتام يحتوي على رابطة استر و رابطة ببتيد فان ثباته يعتمد على مدى مقاومة هاتين الرابطتين لتاثيرات بعض المكونات الاخرى للمادة الغذائية خصوصا الحموضة كما يعتمد على ظروف التصنيع و التخزين(درجة الحرارة و طول فترة التخزين للمنتوج النهائي). و هذا يعني ان ثبات الاسبرتام (في محلول او في مادة غذائية) يعتمد على كل من درجة الحرارة ، الحموضة و نسبة الرطوبة . و يبن شكل

تاثير الحرارة على ثبات الاسبرتام في الحالة الجافة . حيث يتمتع الاسبرتام الجاف بدرجة عالية من الثبات حتى عند ١٠٥ درجة مئوية . اما في الحالة الذائبة فيتعرض الاسبرتام للهدم بمعدلات اعلى حتى عند افضل الويد بثباته كما هو موضح بالجدول رقم -١١-

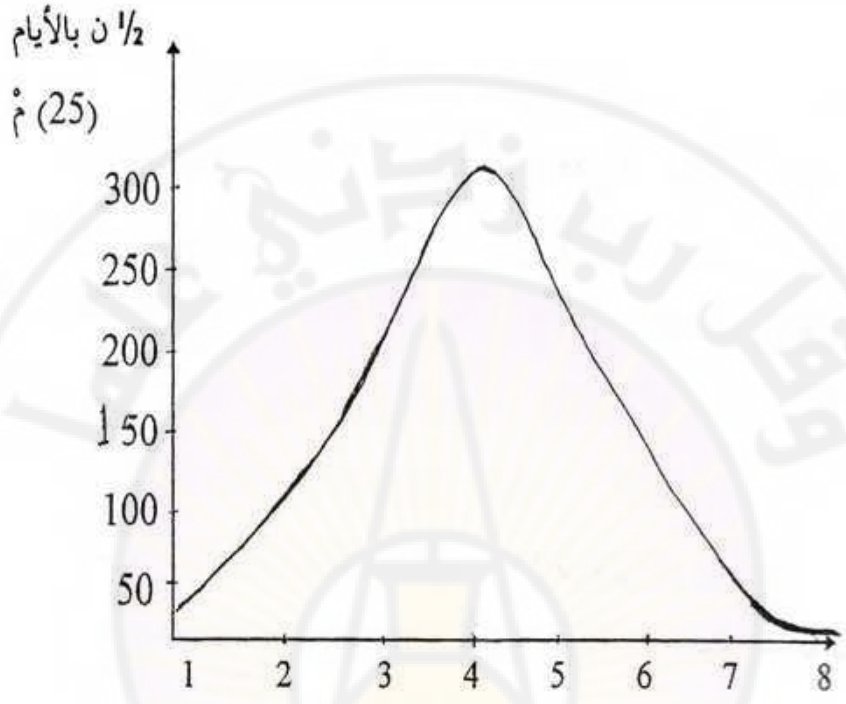
درجة حرارة التخزين ، مْ	زمن اختفاء 20٪ من الاسبرتام بالأيام
10	387
20	134
30	51
40	22
55	5
68	2
80	1
90	0.15

جدول رقم -١١-

تاثير درجة حرارة التخزين في ثبات الاسبرتام في المحاليل المائية عند PH= 4.0.

ويتاثر السبرتام الى حد كبير بدرجة حموضة المادة الغذائية الشكل تاثير درجة الاس الهيدروجيني على ثبات الاسبرتام عند ٢٥ درجة مئوية . و من الشكل نلاحظ ان افضل ثبات للمركب هو في الاوساط الحامضية الخفيفة، أي مابين الويد ٣,٥٠ – ٥,٥ ومن حسن الحظ ان اغلب السلع الغذائية تكون درجة حموضتها داخل هذا المدى مما يعطي الاسبرتام فرصة لاستخدامه في تحليتها.

شكل رقم –٨–



تأثير الحموضة على ثبات الاسبرتام عند 25 مْ

٢/١ ن = زمن نصف العمر و هو الوقت الازم لاختفاء ٥٠ % من الاسبرتام.

ورابطة الاستر هي الاكثر تاثرا بالحرارة و الحموضة . لذلك يبدا هدم السبرتام بتحليل هذه الرابطة لانتاج ميتانول و اسبرتايل فينايل الالانين (Methanol and aspertyl phenyl alanine) او تتحلل لانتاج ميثانول و المركب الحلقي المناظر ثنائي كيتو ببرازين (Diketo piprazine) و الذي بدوره تنحل حلقته لانتاج اسبرتايل فينايل الانين و الذي يمكن ان تنحل فيه رابطة الببتيد و يتحول الى احماض امينية حرة. و جميع هذه المركبات ليست حلوة . و يوضح الشكل مسار هدم الاسبرتام .

الجوانب الصحية :

يقوم الجسم بمعاملة الاسبرتام من هضم و امتصاص و ايض كما يعامل

البروتينات الاخرى . كما ان له قيمة حرارية مثل البروتينات الاخرى تساوي ٤ كيلو سعر/ غرام . ولكن درجة حلاوته العالية لا تسمح باستعماله الا بكميات قليلة فقط مما تجعله من المحليات غير الحرارية .

و ينتج عن هضم الاسبرتام حمض الاسبرتيك ، فينيل الانين و ميثانول و نظرا لبعض الافراد لا يستطيعون ايض حمض الفينيل الانين الامر الذي قد يتطلب تنبيه المستهلكين اليه من خلال ما يكتب على بطاقة معلومات الامادة الغذائية المحتوية عليه .

و لقد اكدت الابحاث العلمية سلامتة الاسبرتام و انه لا يمكن ان يكون مضرا للانسان اكثر من البروتينات الاخرى التي نتناولها . و هذا يعني ان استعمال الاسبرتام في الصناعات الغذائية لا يمثل أي خطر على الصحة العامة.

القوانين الغذائية:

لقد سبقت الاشارة الا ان اكتشاف الاسبرتام كان في الولايات المتحدة عام ١٩٦٥ . الا ان استعماله هناك لم يبدا الا عام ١٩٧٤ ثم منع عام ١٩٧٥ . و بعدها بدات جهات عديدة و منها الشركة المنتجة له في اجراء الكثير من الابحاث و الدراسات لاثبات سلامة الغذاء من عدمها . و بعد ان بينت الدراسات ان الاسبرتام لا يمثل خطر على الصحة العامة وافقت الجهات المختصة(FDA) في الولايات المتحدة على استعماله من جديد عام ١٩٨١ . و مازال استعماله هناك مسموح به الى الان .

كما قامت جهات عالمية اخرى بتقييم سلامة الاسبرتام و التي انفقت جميعها على سلامة استعماله في الصناعات الغذائية و من اهم الجهات التي اقرت سلامته هي اللجنة الفنية المشتركة لمضافات الاغذية المنبثقة عن منظمة الاغذية و الزراعة و منظمة الصحة العالمية التابعتين للامم المتحدة، كما اقرت بسلامته اللجنة العلمية للاغذية التابعة للسوق الاوروبية المشتركة بالاضافة الى اقرار جهات رقابية اخرى في حوالي ٥٠ دولة.

و تقدر الكميات المسموح بها يوميا من الاسبرتام بحوالي ٥٠ ملغرام / كغ من وزن

الجسم. و تشير بعض التقديرات الى انه في حالة استبدال جميع المحليات الصناعية الاخرى بالاسبرتام فقط فان الكميات المتناولة منه يوميا لا تتجاوز ٤٠ ماغرام / كغ من وزن الجسم و الذي هو اقل من الكمية المسموح بها .

الاستعمالات :

يفوق الاسبرتام غيره من المحليات الصناعية بالعديد من المزايا الجيدة . مهو يعتبر اكثرها امانا و اصفاها حلاوة و لولا عدم ثباته و تحلله تحت بعض الظلروف لتوقعنا اختفاء بقية المحليات الصناعية الاخرى . و لكن عدم تحمله للحرارة يحد من استعماله في المنتجات الغذائية التي تحتاج الى بسترة او تعقيم بالحرارة.

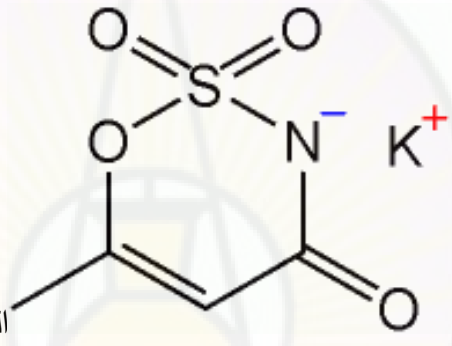
اما تاثير الحموضة عليه فنجد انه اكثر ثباتا عند الويد ٤,٣ (شكل رقم –٨–) كما ان ثباته عند الويد ٣ – ٥ يعتبر جيد و هذا المعدل يشمل معظم المنتجات الغذائية مما يسمح باستعماله في مثل تلك المنتجات التي بها الويد من ٣ – ٥ وعلى الرغم من هدم الاسبرتام بالحرارة او اذا كانت الويد خارج المدى ٣–٥ فانه يمكن التغلب على هذه المشكلة بتقدير نسبة الفقدان و اضافتها الى الكمية اللازمة للحصول على الحلاوة المطلوبة . فمثلا اذا كانت المادة الغذائية يجب ان تحتوي على ٠,٤ % اسبرتام عند تناولها و ان نسبة التلف من بداية التصنيع حتى الاستهلاك تبلغ ٢٠% . لذلك اذا اضفنا ٠,٥ % اسبرتام في البداية سقف يحتوي المنتوج عند استهلاكه على ٠,٤ % وهي النسبة المطلوبة.

اما عند استبدال الاسبرتام للسكريات فانه يجب الاهتمام بالوظائف الاخرى التي تؤديها السكريات كما سبق بيانه اثناء الكلام عن السكرين . و يستعمل الاسبرتام كبديل لسكر المائدة في البيوت . فهو يباع في صورة اقراص تحت اسم (Equal) في الولايات المتحدة و باسم في (Egual) في كندا و كاندرال في اوروبا. و الان اصبح استعماله يفوق غيره من المحليات الصناعية خصوصا في صناعة المشروبات الغازية الخفيفة العلكة ، الحلويات ، منتجات الالبان و غيرها.

٤- اسيسلفام _ ك :

كغيره من المحليات الصناعية، الكتشف العالم كلاوس (Clauss) الاسيسلفام – ك (Acesulfame k) بالصدفة عام ١٩٦٧ في المانيا الغربية. و تركيبه الكيميائي مشتق من حمض الاسيتو استيك (acetoacetic acid) والذي يحول كيميائيا الى السلفوناميد الحلقي (cyclic sulfonanamide)٣ ،٤–ثنائي هيدرو –٦–مثايل –١، ٢، ٣–اوكساثيازين–٤–أون– ٢، ٢–ثنائي اوكسايد (3,4- dihydro-6-methyle-1,2,3-oxathiazin-4-one-2,2-dioxid)

و الصورة التجارية له هي ملح البوتاسيوم للسلفوناميد الحلقي السالف الذكر ويعرف باسم اما اسيسلفام – ك او اسيسلفام البوتاسيوم.



درجـــــــــة الحلاوة:

تبلغ درجة حلاوة الاسيسلفام – ك ١٣٠ – ٢٠٠ ضعف حلاوة السكروز و يمتاز بسرعة استهلاك مذاقه الحلو و لكنه يعاني من و تاخر اختفاء المذاق و الذي يتبعه طعم جانبي قابض و مر . و لكن مازال يعتبر مذاقه افضل من مذاق السكرين.

الخصائص الطبيعية:

للاسيسلفام ذوبانية اعلى في الماء حيث يمكن تحضير محلول يحتوي ٢٧ % اسيسلفام عند ٢٠ درجة مئوية . و لكنه قليل الذوبان في الايتانول الا ان اضافة قليل من الماء يزيد من درجة ذوبانيته فيه.

كما يمتاز الاسيسلفام بدرجة عالية من الثبات . فقد وجد انه لا يتاثر بالتخزين عن درجة حرارة الغرفة لمدة ١٠ سنوات . كما انه لا يتاثر بالحموضة حتى ph ٣,٠ اما عند ph ٢,٥ لمدة ستة شهور فلقد حدث له هدم و لكن بنسبة ضئيلة لا تعتبر مهمة من ناحية استعماله في المنتجات الغذائية.

علاوة على ذلك فان الاسبرتام يعتبر اكثر ثباتا من السكروز حيث انه لا يتاثر بالمعاملات الحرارية للاغذية متل البسترة او الخبز.

القوانين الغذائية:

يعرف الاسيسلفام – ك باسمه التجاري سونيت (sunette) . ولا يتم ايضه بواسطة الانسان و الحيوانات المخبرية كما انه لا يتراكم في الجسم و انما يتم افرازه مع البول في صورته الاصلية. ووجد ان الجرعة اللازمة لاحداث تسمم حاد للفئران بهذا المركب هي ٧,٤ ملغ/ كغ من وزن الجسم .

ولكن لم تظهر اي اعراض تسمم للفئران لدى تغذيتها لمدة ٩٥ يوم على وجبات تحتوي ٥ % اسيسلفام . و تعتبر بريطانيا اول دولة تسمح باستعماله فس الصناعات الغذائية من عاك ١٩٨٣ . و يسمح الان باستعماله في اكثر من ٢٠ دولة منها ، سويسرا، ايرلندا ، بلجيكا ، المانيا ، استرالية ، فرنسا ، ايطاليا ، و غيرها . و لقد اوصت اللجنة الفنية المشتركة لمضافات الاغذية المنبثقة عن منظمة الاغذية و الزراعة و منظمة الصحة العالمية التابعتين للامم المتحدة ان تناول ٩ ملغ / كغ من وزن الجسم في اليوم يعتبر مقبولا . كما سمحت باستعمالهالولايات المتحدة عام ١٩٨٨ . و اقرت ادارة الاغذية و العقاقير الامريكية (FDA) ان تناول ١٥ ملغ / كغ من وزن الجسم في اليوم يعتبر مقبولا .

ومما هو جدير بالملاحظة هنا ان معدل استهلاك الافراد من الكثير من اضافات الاغذية هو اقل بكثير من الكميات التي تسمح بها الجهات الرقابية .

فمثلا اذا سمحنا ٦٠ * ١٥ =٩٠٠ ملغ/ يوم / الفرد . وحيث ان درجة حلاوة الاسيسلفام تساوي ٢٠٠ ، سكروز / يوم او ١٨٠ غ سكروز / يوم

او ١٨٠ * ٣٦٥ =٦٥٧٠٠ سكروز / سنة او حوالي ٦٦ كغ سكروز / سنة و الذي هو اعلى من مدى الاستعمال الفعلي للافراد من السكروز .

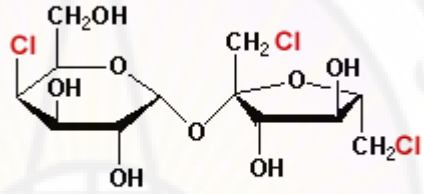
الاستعمالات :

يستعمل الاسيسلفام حاليا كبديل لسكر المائدة في البيوت. كما انه يستعمل كغيره

من المحليات الصناعية الاخرى في المشروبات الغازية، العلكة ، الحلويات و غيرها من المنتجات الغذائية.

٥- السكرالوز(Sucralose) :

هو عبارة عن مركب مصنوع من السكروز عن طريق استبدال ثلاث مجموعات هيدروكسيل بثلاث ذرات كلور. تم اكتشافه بواسطة باحثون بريطانيون في عام 1976م. وتبلغ درجة حلاوته (٦٠٠) ضعف درجة حلاوة السكر وهو شديد الثباتية أثناء المعاملات الحرارية وقد اعترفت به إدارة الغذاء و الدواء الأمريكية (FDA) عام ١٩٩٨م بعد مراجعة أكثر من (١١٠) دراسة علمية حيوانية وانسانية للتأكد من سلامته .



Sucralose
(Splenda)

الشكل ( ) الصيغة الكيميائية للسكرلوز.

يدخل في صناعة الأغذية والمشروبات واللبان والحلويات المجمدة والعصائر وغيرها وهو يعطي مذاق السكر الطبيعي لأنه مصنوع من سكر المائدة ولكن لا يمكن هضمه وبالتالي لا يعطي أي سعرات حرارية

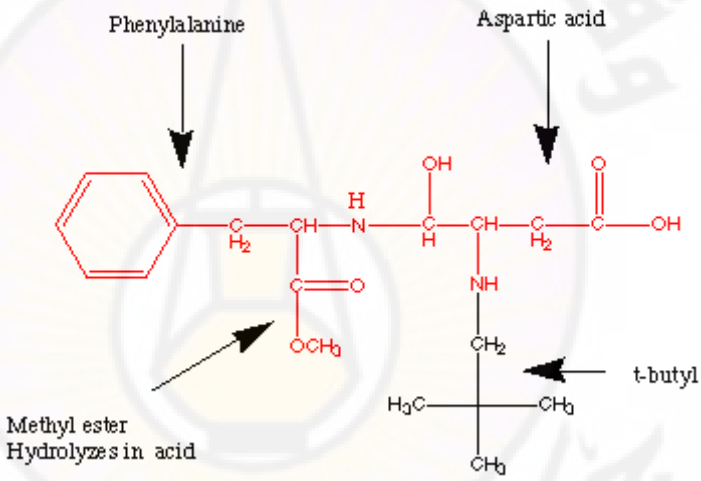
كمايلاحظ أن وزن كمية السكرالوز التي يجب إضافتها يماثل تقريبا وزن سكر الطعام وذلك بسبب مزجه بالمالتوديكسترين Maltodextrin كمادة مالئة Bulking Agent.

والكمية المسموح بتناولها يوميا من السكرالوز (١٥) ملجم / كجم من وزن الجسم.

٦- نـيـوتـــيم (Neotame)

يتكون من حمضيين أمينيين و هما (aspartic acid and phenylalanine):

ومجموعة ميثيل وبيتيل ، وهو أحلى من السكر العادي ب ٧٠٠٠ إلى ١٣٠٠٠ مرة .



وعند تجربة النيوتيم على حيوانات التجارب فإنه أظهر نتائج تدل على سلامته من أي أعراض جانبية سرطانية أو تناسلية أو عصبية ، ولقد صرحت إدارة الأغذية والأدوية الأمريكية (FDA) باستخدامه في سنة ٢٠٠٢م كمحلي للأغذية باستثناء استخدامه في اللحوم والدواجن .

و بالرغم من تشابه نيوتيم كيميائيا مع الأسبرتيم، إلا أن الدلائل تشير إلى عدم التخوف من إمكانية الضرر على الأشخاص المصابين بداء الفينايل كيتونيوريا الذي تم التطرق إليها مسبقا .والكمية المجاز استخدامها من النيوتيم هي (١٨) ملجم / كـجـم من وزن الجسم.بالطبع يجب ان تخضع كل انواع المحليات لتقييمات سلامة صارمة من قبل الجهات المختصة والسلطات قبل طرحها بالاسواق، او استخدامها في الطعام والشراب.

المدخول اليومي المقبول Acceptable Daily Intake (ADI): هو الجرعة

العظمى من المادة المضافة التي يمكن ان يتناولها الانسان بشكل يومي خلال كامل حياته دون ان تترك أي أثر ملحوظ على صحته و يعبر عنها على اساس وزن الجسم.

جدول رقم -١٢- المدخول اليومي المقبول من المحليات الصنعية

المحلي	ADI(mg /kg body weight)
اسيسلفام -ك	١٥
اسبرتام	٥٠
سكرين	٥
سكرلوز	٥
السكلامات	١,٥

الجدول( ) مميزات وعيوب المحليات الصناعية

المميزات	العيوب
-شديدة الحلاوة مما يجعلها تستخدم بكميات أقل بكثير من السكريات لإعطاء نفس درجة الحلاوة. -لا تساهم بسعرات حرارية أو تساهم بمقدار ضئيل، لذا تساعد على تخفيف الوزن. -لا تسبب زيادة مستوى جلوكوز الدم ، لذلك فهي تناسب مرضى السكر. -تقلل من نسبة حدوث التسوس في الأسنان، لأنها غير قابلة للتخمر. -تساعد في خفض تكاليف إنتاج الأغذية.	-السمعة السيئة عن سلامة السكارين الصحية فلقد نشرت عدة تجارب قديمة أن استخدام السكارين بكميات كبيرة أدى إلى زيادة الإصابة بسرطان المثانة لفئران التجارب -هناك اتهامات وشكوك حول المحلي الصناعي المعروف الاسبرتام كما أنه يمنع استخدامه للمرضى المصابين بمرض الكيتون البولي الفينولي -الإفراط في تناول السكريات الصناعية قد يسبب الإسهال والاضطرابات المعوية.

استخدام المحليات في مجال التصنيع :

توجد منتجات غذائية عديدة تحتوي على المحليات الصناعية ولكي تجد هذه المنتجات القبول من قبول المستهلك يجب ان تتمتع بمجموعة صفات تجعلها مرغوبة و مطلوبة من قبل هؤلاء المستهلكين .

و يمكن الاشارة الى ان السبب الرئيسي الذي جعلها منتجات مطلوبة هو محتواها الضعيف من الطاقة بالدرجة الاولى.

هناك مجموعة من الاسس لاضافة المحليات الصناعية الى الاغذية و لا يمكن لهذه المحليات ان تكون بديلا للسكر بل لابد من صياغة تركيبة جديدة تماما للمادة الغذائية المراد انتاجها.لابد من التنويه الى ان المحليات سواء اكانت طبيعية ام صناعية تعطي صفات نكهة غير صفة التحلية ، و يجب التركيز عند صياغة تركيبات غذائية جديدة على الطعم و النكهة و القوام و هي صفات متلازمة تحت جميع الظروف و هي صفات تختلف في المنتجات ذات المحتوى الطاقي المنخفض عن تلك التي تملكها النتجات الحاوية على السكروز و السكريات الاخرى و لا يشكل اللون و الرائحة أي مشكلة.

و يعد السكروز المعيار الاساسي للمقارنة فالسكروز يملك تاثيرا محليا سريعا نسبيا و يتوقف الشعور بالطعم السكري بعد ذلك مباشرة.

بالمقابل يكون الشعور بحلاوة المحليات الصنعية بطيئا و يستمر الاحساس بطعمها لفترة طويلة . و يجب الانتباه الى ان هذه المحليات لا تعطي الطعم نفسه عند استعمالها في انظمة غذائية مختلفة . و تملك هذه المركبات طعوما خلفية غير مقبولة كالمرارة . لذلك يضاف الى التركيبات الغذائية الحاوية عليها بعض المواد المحسنة للنكهة و الطعم و كذلك المواد التي تقوم بتقنيع الحلاوة غير المقبولة بعد التذوق .

تختلف المحليات الصنعية عن السكروز بعدم مقدرتها على تشكيل القوام بالمقارنة مع السكروز الذي يملك القدرة على الخلط و يعطي شعورا حسيا بالقوام ، و يتاثر تحسين الشعور الحسي بالقوام في المشروبات الغازية مثلا و التي تضاف اليها

المحليات الصنعية عن طريق اضافة CMC و البكتين .

يلعب التوازن بين تاثيرات المركبات الحامضية و المحليات دورا كبيرا في قبول الطعم بشكل عام . و يتم تحديد نسبة الحموضة المناسبة المرافقة للمحليات و اختيارها بالطرائق الحسية .

تتعرض المنتجات المحلاة بالمركبات منخفضة الطاقة للفساد الميكروبي بسبب ضعف محتواها من المواد الصلبة الذوابة. و لذلك يجي استعمال مواد حافظة كالسوربات او البنزوات او المعاملة الحرارية . كما يمكن ان تتعرض هذه المنتجات الى لمشكلات اخرى غير الفساد الميكروبي كتغير المظهر و القوام نتيجة الانفصال او الجفاف اثناء الخزن وهي ناجمة عادة عن غياب المواد الصلبة الذوابة كالسكروز .

تضاف المحليات الصنعية الى كثير من المنتجات الغذائية .مثل المربيات ،الهلامات مثل (هلام التفاح – هلام العنب) ، مساحيق الشرابات الجافة، الحلويات المجمدة ، الفواكه المعلبة ، المشروبات الغازية.

المصطلحات العلمية

A

Absorption	امتصاص
Adsorption	امتزاز (ادمصاص)
Aerobic	هوائي
Albumins	الألبومينات
Affination	الصويل
Alcohol	الكحول
Alkalinity	قلوية
Alkal (effective)	قلوية فعالة
Alkal (total)	قلوية كلية
Alkal (natural)	قلوية طبيعية
Amide	أميد
Amine	أمين
Anaerobic	لاهوائي
Antifoam	مانع (مضاد) رغوة

Araban	آرابان
Arabinose	الآرابينوز
Arginine	الآرجينين
Aspartic acid	حمض الأسبارتيك
Aspargine	الأسبرغين
Ash	الرماد

B

Back reaction	تفاعل عكوس
Bacteria	بكتريا
baker yeast	خميرة الخبز
Bagase	باغاس
Batch centrifuge	فارزة دورية
Beet	شوندر
Beet slicer	قاطعات الجذور
Beet washer	غسالة الشوندر
Butric acid	حمض الزبدة
Betaine	بيتائين
Boiler	مرجل
Bound water	ماء متحد
Barometric water	مياه بارومترية
Butric acid	حمض الزبدة

C

Can sugar	قصب السكر
Can crusher	هراسة القصب
Calcining	التكليس
Carboxyl group	زمرة كربوكسيلية
Carbonyl group	زمرة كربونية
Carbohydrate	الكربوهيدرات

Carbonic acid	حمض الكربون
Carbonation	الكربنة (التفحيم)
Catalyst	وسيط
Cellulose	السيللوز
Cell	خلية
Cell wall	جدار الخلية
Chlorophyll	الكلوروفيل
Choline	الكولين
Critic	حمض الليمون
Clear	مروق (صافي)
Centrifuge	فارزة ، نابذة
Centrifugal	مضخة نابذة
Concentrator	مركز ، مكثف
Continuous	مستمر
Colloids	مواد غروية
Cooling	تبريد
Cooling water	مياه التبريد
Condenser water	مياه مكثفة
Conductivity	ناقلية
Crown	التاج
Crystallization	البلورة
crystal formation	تشكيل البلورات
Cossets	شرائح

D

Damaging nitrogen	آزوت ضار
Dehydration	نزع الماء
Dehydrogenation	نزع الهيدروجين
Density	الكثافة

Determination	تعيين ، تحديد
Dextrin	وصف ديكسترين
Desamination	نزع الزمرة الأمينية
Diffusion	الانتشار
Diffuser	جهاز الاستخلاص
Diffusion Juice	عصير الديفزيون
Dry substance	مادة جافة
Drying	تجفيف
Drier	مجفف
Disk stem	ساق قرصية
Diploid	ثنائي المجموعة الكروموزمية

E

effective alkalinity	قلوية فعالة
efficiency	فعالية
energy	طاقة – قدرة
evaporation	تبخير
evaporators	أجسام المبخر
extraction	الاستخلاص
E.Coli	ايشيرشاكولي

F

Fatty acid	حمض دسمة
Fats	مواد دسمة
Fatty alchols	الكحولات الدسمة
Feeder	مغذي
Fermentation	تخمر
Filter	مصفاة ، مرشح
Filteration	تصفية ترشيح
First carbonation	كربنة أولى

Flocculant	مساعد ترسيب
Fluidzed-bed	وسادة هوائية
Fooder	علفي
Food	غذاء
Food additives	مضافات غذائية
Formaldehyde	فورم ألدهيد
Fructose	فركتوز
Furfural	فورفورال

G

Galactose	الغالاكتوز
Galacturonic acid	حمض الغلاكتورونيك
Glycerin	غليسيرين
Glycine	غليتسين
Glucose	غلوكوز
Glutamine	الغلوتامين
Grand-point	المصافي الجيبية

H

Hardness	القساوة
Heater	مبادل حراري
Heavey metals	معادن ثقيلة
Hemocelluse	هيماسيللوز
Horizontal pulp press	مكبس تفل أفقي
Horizontal centrifuge	فارزة (نابذة) أفقية
Humidity	الرطوبة ، النداوة

I

Ion change	تبادل شاردي
Insoluble impurities	الشوائب غير المنحلة

Invert sugar	السكر المنقلب
Invertase	إنزيم الأنفرتاز

K

Kestose	كيستوز
Ketose	كيتوز
Kiln	فرن

L

Lactic acid	حمض اللبن
Leaves remover	نازعات الأعشاب
Liming	تكليس رئيسي
Lime-milk	لبن الكلس
Lime stone	حجر كلسي
Lime	كلس حي
Lime klein	فرن الكلس
Lipids	اللبيدات
Lysine	الليزين

M

Material palance	موازنة مادية
Medium	بيئة
Metabolism	استقلاب
Mixer	خلاط
Molasses	المولاس
Monogerm	وحيد الجنين
Mud	عكر
Multigerm	متعدد الجنين

N

Natural alkalinity	القلوية الطبيعية
Net components	صافي المحتويات

Nonsugar	مواد غير سكرية
Normal molasses	المولاس النظامي

O

optimal molasses	القلوية المثلى
optimum	مثالي
oxidation	أكسدة

P

Pectin	بكتين
Pectik acid	حمض البكتين
Peptide	ببتيد
Phtosyntesis	التركيب الضوئي
Polarization	استقطاب
polarimeter	جهاز استقطاب
Potassium Carbonate	كربونات البوتاسيوم
Preliming	تكليس أولي
Prelimer	جهاز التكليس الأولي
Pressure	ضغط
Press pulp	مكبس التفل
Press water pulp	المياه الناتجة عن مكبس التفل
Process	عمليات
Progressive preliming	تكليس أولي متدرج
Pulp	تفل
Pump	مضخة
Purity	نقاوة

R

Raffinose	رافينوز
Rate of extraction	معدل الاستخلاص

Raw sugar	سكر خام
Reducing sugar	سكر مرجع
Rotating drier sugar	مجفف السكر الدوار
Rotary Filter	مصفاة دوارة

S

Safty factor	عامل الأمان
Salmonela	سالمونيلا
Sand catchers	لاقطات رمال
Saponin	سابونين
Saturation	إشباع
Sedimentation	ترسيب
Silin number	رقم سيلين
Sediment	راسب
solvent	مذيب
Solubility	انحلال
Specific rotation	الدوران النوعي
Station	محطة
Starch	نشاء
Steam	بخار
Steam turbine	عنفة بخارية
Steam boiler	مرجل بخاري
Stone catcher	لاقط أحجار
Sulphur dioxide	ثاني أوكسيد الكبريت
Sulfitation	السلفنة
Super saturation	فوق الإشباع
Sweet water	مياه حلوة
Swedish factor	العامل السويدي
Sugar	سكر

Syrup	شراب

T

Tank	خزان
Thick juice	عصير مكثف
Thin juice	عصير خفيف
Total sugars	سكريات كلية
Total Nitrogen	الآزوت الكلي
Tryptophan	التربتوفان
tyrosine	التيروزين

V

Vacuum pan	جهاز الطبخ
Vacuum filter	مصفاة دوارة (فالكوم فلتر)
Valatile acids	حموض طيارة
Valve	صمام
Vertical pulp press	مكبس تفاعل عمودي
Viscosity	اللزوجة

W

Water, as solvent	الماء كمذيب
Wax	شمع
White sugar	سكر أبيض

Y

Yeasts	خمائر
Yield	المردود

Z

Zeolite	زيوليت

- الأذناب والأعشاب :

تحتوي كميات الشوندر المستلمة ٢ – ٣ % أذناب وقطع وأعشاب ، وترتفع هذه النسبة عند استخدام الطرق الميكانيكية في عمليات التجريم والقلع والتحميل والشحن والتفريغ ، وتحتوي هذه المخلفات باستثناء الأعشاب على نسبة من السكر أخفض بـ ١ – ٢ % من حلاوة الشوندر المصنع ، والجدول رقم (١٠-١) يبين وسطي حلاوة هذه المخلفات تبعا لأبعادها .

تفصل الأعشاب والشوائب الخفيفة بواسطة نازعات الأعشاب وتطرح خارج خط التصنيع ، أما الأذناب وقطع الشوندر الكبيرة فلا يجوز طرحها بالكامل نظراً لاحتوائها على نسبة عالية من السكروز ، ولا يجوز بنفس الوقت إعادتها بالكامل إلى جهاز الديفزيون لأنها تزيد من نسبة القطع الصغيرة فتنخفض النفوذية والنقاوة ، فعلى سبيل المثال إن إضافة ١ % من القطع الصغيرة (أبعادها أقل من ١٠ ملم) ، يزيد الفاقد في التفل بنسبة ٠,١ % والفاقد المجهول كذلك بنسبة ٠,١ % ، أما عند إضافة ١ % من القطع ذات الأبعاد ٣٠ – ٥٠ ملم ، فإن الفاقد يزداد فقط بنسبة ٠,٠٢ % والفاقد المجهول كذلك بنفس النسبة .

الجدول ( ) وسطي حلاوة المخلفات تبعا لأبعادها.

أبعاد القطعة – ملم	حتى ١٠	١٠-٢٠	٢٠-٣٠	٣٠-٥٠	أعلمن ٥٠
وزن القطع % من وزن الشوندر	٠,١٣	٠,٣٧	٠,٣٢	٠,٢٢	٠,١٩

الحلاوة %	٥,٢	٨,٨	١١	١١,٦	١٢,٢

لهذا يتم فصل الأذناب والقطع التي تقل أبعادها عن ٢٠ ملم ، وتجمع في مكان منفصل تمهيداً لاستخدامها المباشر كعلف للحيوانات نظراً لارتفاع قيمتها الغذائية (٨٠ % من قيمة الشوندر الغذائية) ، وعدم إمكانية تخزينها مع التفل حتى لا تفقد قيمتها الغذائية وخصوصاً محتواها من السكر .

يعد المولاس مادة غنية بالسكر – انظر الفقرة (٧-٥) – ويستخدم كمادة أولية في العديد من الصناعات المكروبيولوجية مثل إنتاج خميرة الخبز ، والخميرة العلفية ، والكحول ، وحمض الليمون ، وحمض اللبن ، والغليسرين ، إضافة إلى استخدامها في إغناء القيمة الغذائية للعلاف مثل التفل الجاف ، كما وتلجأ بعض الدول إلى طرق مختلفة للحصول على السكر من المولاس ، إلا أن هذه الطرق صعبة ومكلفة .

الملحق رقم ١١١

المواصفة القياسية السورية رقم ١٧٩ لعام ١٩٨٥ لمواصفات الشوندر السكري المستخدم كمادة أولية في صناعة السكر على النحو التالي :

الفقرة ٢- التعاريف

١/٢ – **الشوندر السكري** : هو جذر نبات الشوندر المجني في درجة نضج مناسبة للهدف المبتغى منه بنسبة سكر محددة ، معدة للدخول في خط الإنتاج .

٢/٢ – **التاج** : هو الساق النباتية القرصية التي تنمو عليها الأوراق محددة في الأوراق الجنينية حتى آخر ورقة ظهرت على النبات .

٣/٢ – **الذيل** : هو منطقة امتداد الجذر الرئيسي التي تبدأ من قطر ٠,٥ سم من جسم الجذر حتى نهاية منطقة القلع .

٤/٢ – **رقم سيلين:** طول ١٠٠ غ من الشرائح مصفوفة بعضها قرب بعض (يستثنى منها

الشرائح التي طولها أقل من ١ سم) والمأخوذة من خطوط التقطيع .

٥/٢ – **العامل السويدي:** هو نسبة وزن الشرائح التي يزيد طولها عن ٥ سم على وزن الشرائح التي تقصر عن ١ سم .

٦/٢ – **الشوائب** : هي المواد الغريبة من الجذر سواء كانت معدنية أم عضوية مثل الأوراق – الحصى والرمل – الأتربة – جذر الشوندر الكامل الذي يقل قطره عن ٢ سم .

٧/٢ – **النقاوة** : النسبة المئوية للسكروز في المادة الجافة الكلية المنحلة في العصير .

٨/٢ – **الأجرام** : هي الأعطاب والشوائب المؤثرة في صفات المنتج .

الفقرة ٣– الأصناف

يُصنف الشوندر السكري حسب درجة حلاوته إلى :

– صنف أول : يجب ألا تقل نسبة السكروز فيه عن ١٦ % .

– صنف ثان : يجب ألا تقل نسبة السكروز فيه عن ١٤ % .

– صنف ثالث : يجب ألا تقل نسبة السكروز فيه عن ١١ % .

الفقرة ٤– الشروط العامة

١/٤ – ألا تزيد نسبة الجذور المتعرضة للإصابات الميكانيكية على ١٢ % .

٢/٤ – ألا تزيد نسبة الشوائب على ٤ % وزناً .

٣/٤ – ألا تزيد نسبة التاج على ٣ % وزناً .

٤/٤ – ألا تزيد نسبة الذيل على ١ % وزناً .

٥/٤ – ألا تزيد نسبة الجذور المصابة بالآفات وأجزائها ومفرزاتها على ٢ % وزناً .

٦/٤ – أن تكون منطقة خط التصريم مقطوعة قطعاً مستوياً ، تحت نقطة اتصال الأوراق السفلية برأس الشوندر .

٧/٤ – ألا تزيد نسبة السكر المرجع على ٠,١٢ % وزناً.

٨/٤ – ألا تزيد نسبة الأزوت الضار على ٠,٠٧ % وزناً .

٩/٤ – ألا تقل نسبة النقاوة عن ٨٠ % .

١٠/٤ – ألا يقل رقم سيلين عن ٨ م .

١١/٤ – يجب أن تتراوح مقادير العامل السويدي ما بين (٨ – ١٢) .

الفقرة الخامسة– التعبئة والتخزين

١/٥ – تعبأ جذور الشوندر في وسائط نقل مناسبة نظيفة جافة لا تؤثر في صفات المنتج .

٢/٥ – يجري تفريغ الشوندر مباشرة إلى أماكن مناسبة نظيفة جافة ، مهواة جيداً تحميه من

تأثير العوامل الجوية .

٣/٥ – يجب ألا تزيد مدة التخزين في المعمل على ٢٤ ساعة .

٤/٥ – ألا تزيد المدة الزمنية بين القلع والتسليم إلى المعمل على ٤٨ ساعة .

الفقرة السابعة– شروط الرفض

تعد الدفعة مرفوضة في الحالات التالية :

١/٧ – إذا قلت نسبة السكروز عن ١١ % .

٢/٧ – إذا زادت نسبة الأجرام على ٨ % .

الملحق رقم١٢١

التربة والعناصر المعدنية : يحتاج نبات الشوندر السكري إلى تربة خفيفة مفككة غنية بالمادة العضوية ، معتدلة الحموضة ذات ٦,٥ – ٧,٥ pH ، ونسبة ملوحة لا تزيد عن / ٣ / ميليموز، لذلك يفضل زراعة الشوندر بالطريقة الرطبة في الأراضي المتأثرة بالملوحة بعد إعطائها ريه وفلاحتها بمرحلة رطوبة مناسبة لزراعة البذور فيها مباشرة بعد الفلاحة للاستفادة هم رطوبة التربة وإنباتها .

يحتاج نبات الشوندر السكري للنمو والنضوج إلى عدد كبير من العناصر الكيميائية (يصل إلى ٨٥ عنصراً) ، ومن أهم العناصر المنحلة في الماء بشكلها الشاردي والتي يتم الحصول عليها من التربة : الأزوت ، والفوسفور ، والبوتاسيوم والمغنزيوم ، والكبريت ، والحديد إضافة إلى العديد من العناصر النادرة مثل البور والمنغنيز ، والنحاس ، والزنك ، والمولبيديوم ، والكوبالت .

الأزوت :

يدخل الأزوت في تركيب المواد البروتينية ، ويسبب نقصه بطأً في نمو الجذر ونضجه المبكر مع انخفاض كبير من المردود ، أما زيادة نسبة الأزوت

فتسبب إطالة فترة النضوج وانخفاض نسبة السكروز وارتفاع تركيز المواد الأزوتية في البنية الخلوية ، والشكل ( ) يوضح أعراض نقص الأزوت على أوراق الشوندر السكري





B

شكل (A,B) يوضح أعراض نقص الأزوت على أوراق الشوندر السكري

تختلف حاجة نبات الشوندر السكري من عنصر الأزوت باختلاف العروة الزراعية ، ويفضل إجراء تحليل للتربة قبل الزراعة لتحديد الكمية اللازمة منه كما هو مبين في الجدول رقم (١-٥) .

الجدول ( ) احتياج التربة من الأزوت كغ / أزوت نقي للهكتار

مستوى الأزوت في التربة حسب نتائج التحليل المخبرية – N- P.P.M أزوت					
العروة	نتيجة التحليل				
	أقل من ٥	٥,١-٩	٩,١-١٥	١٥,١-١٩	أكثر من ٢٠
الاحتياج للعروة الخريفية	٢٢٠	٢١٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠
الاحتياج للعروتين الشتوية و الربيعية	٢٢٠	٢١٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠

في حال عدم إجراء تحليل للتربة يضاف للهكتار الواحد في العروة الخريفية ٢٠٠ كغ أزوت نقي وهي تعادل ٤٣٥ كغ يوريا ، أما في العروتين الشتوية والربيعية فيضاف ١٨٠ كغ أزوت نقي وهي تعادل ٣٩٠ كغ يوريا ، مع ملاحظة إضافة نصف الكمية المقررة من الأزوت قبل الزراعة مع كامل كمية السماد البوتاسي والفوسفوري اللازمة ، أما النصف الثاني من السماد الأزوتي فيضاف بعد عملية التفريد مباشرة ولا يضاف أي كمية إضافية من السماد وخاصة الأزوتي بعد هذه المرحلة لما لذلك من آثار سلبية على درجة الحلاوة ونقاوة العصر ، ويفضل طمر سماد اليوريا عند استخدامه وإجراء رية خفيفة بعد كل إضافة سمادية أزوتية .

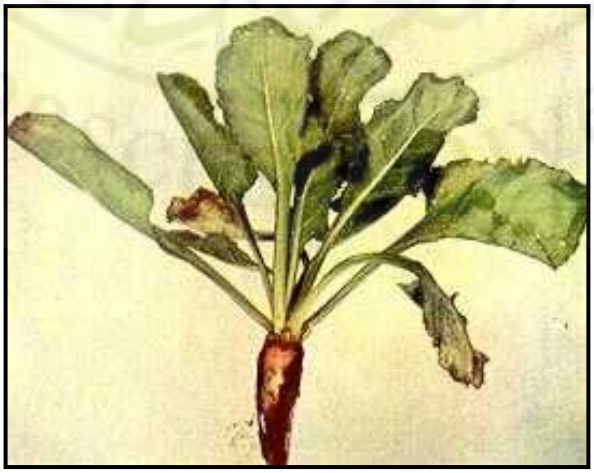
الفوسفور :

يساعد الفوسفور على نمو النباتات الفتية ويزيد من مقاومتها للعوامل الجوية (التجمد أو الجفاف) ويقصر فترة النضج ، والشكل رقم (١-٥) يوضح أعراض نقص الفوسفور على أوراق الشوندر السكري .

يبين الجدول رقم (١-٦) الكميات الواجب إضافتها في ضوء تحليل التربة حسب محتوى التربة .



A



B

الشكل (A,B –) يوضح أعراض نقص الفوسفور على أوراق الشوندر السكري .

الجدول ( ) : احتياج التربة من الفسفور كغ / أزوت نقي للهكتار

مستوى الفوسفور في التربة حسب نتائج التحليل المخبرية – P.P.M فوسفور						
العروة	نتيجة التحليل					
	٣ >	٣,١–٥	٥,١–٧	٧,١–٩	٩,١–١٢	١٢ <
الاحتياج للعروة الخريفية	١٢٠	١١٠	١٠٠	٧٠	٣٠	–
الاحتياج للعروتين الشتوية و الربيعية	١٢٠	١١٠	١٠٠	٧٠	٣٠	–

البوتاسيوم :

يدخل البوتاسيوم في تفاعلات تبادل المواد الكربوهيدارتية والمواد البروتينية ، ويساعد في عملية التخليق (الاصطناع) الضوئي ويساعد في زيادة تحمل النباتات لظاهرة الجفاف ، ويلعب عنصر البوتاس دوراً هاماً في نمو وتطور نبات الشوندر السكري، ويساهم فعلياً في نقل السكر المصنع في الأوراق وتخزينه في الجذور ، وعند نقص هذا العنصر فإن النبات يمتص الصوديوم من التربة عوضاً عنه ، حيث يقوم مقام البوتاس في النبات باستثناء المساهمة في نقل السكر من الأوراق إلى الجذور ، مما يتسبب في انخفاض درجة الحلاوة ونقاوة العصير ، وعند إجراء تحليل للتربة تضاف الكميات التالية حسب محتوى التربة من هذا العنصر كما هو مبين في الجدول ( ) :

الجدول ( ) : احتياج التربة من البوتاسيوم كغ / أزوت نقي للهكتار

مستوى البوتاس في التربة حسب نتائج التحليل المخبرية : P.P.M بوتاس	
نتيجة التحليل	

	< ٦٠	61-120	121-160	161-240	241-350	٣٥١ - ٣٦٠	٣٦١ - ٤٢٠	> ٤٢١
الاحتياج للعروة الخريفية	١٦٠	١٤٠	١٢٠	١٠٠	٨٠	٦٠	٣٠	–
الاحتياج للعروتين الشتوية والربيعية	١٦٠	١٤٠	١٢٠	١٠٠	٨٠	٦٠	٣٠	–

عند عدم وجود تحليل للتربة يضاف للهكتار الواحد ١٢٠ وحدة من البوتاس قبل الزراعة ، وذلك للعروات الثلاث الخريفية والشتوية والربيعية لتأمين حاجة النبات من هذا العنصر خلال فصل النمو ، وهي تعادل ٢٤٠ كغ من سلفات البوتاسيوم K_2SO_4 والشكل رقم (١-٦) يوضح أعراض نقص البوتاس على أوراق الشوندر السكري .

الكالسيوم :

يدخل الكالسيوم في تركيب الجدار الخلوي ويكسبه المرونة ، ويعدل حمض النمل الناتج عند تركيب البروتينات ذو التأثير السام بشكله الحر على السيتوبلازما.

المغنزيوم :

يدخل المغنزيوم في تركيب الكلوروفيل (اليخضور) ، ويدخل في تفاعلات تبادل المواد الكربوهيدارتية .



A



B

الشكل (A ,B –) يوضح أعراض نقص البوتاسيوم على أوراق الشوندر السكر .

الكبريت :

يؤدي نقص الكبريت إلى خلل في عملية النمو فتصفر الأوراق والجذور وتذبل .

الحديد :

يدخل الحديد في تركيب الأنزيمات التنفسية ، ويدخل في تركيب الكلوروفيل .

البورون :

يحتاج نبات الشوندر السكري إلى عنصر البورون لإتمام عملياته الحيوية كونه يلعب دوراً هاماً في عملية تخزين السكر في الجذور ، ويقوم نبات الشوندر باستنزاف كميات من عنصر البورون .

تظهر أعراض نقص البورون على شكل ضعف في نمو أوراق القمة النامية لنبات الشوندر ثم اصفرارها مع تشقق أعناق الأوراق وتلون الشقوق بلون أسود ، وفي المنطقة أسفل القمة النامية يظهر لون أحمر وردي يتحول إلى الأسود يعقب ذلك موت النسج النباتية في هذه المنطقة وتشكل فجوة سوداء تسمى القلب الأجوف والشكل رقم (١-٧) يوضح أعراض نقص البورون على الشوندر السكري .



الشكل ( ) يوضح أعراض نقص البورون على الشوندر السكري .

إن نقص مستوى هذا العنصر في التربة عن ٠,٨ جزء بالمليون يسبب ظهور أعراض القلب الأجوف ، مما ينعكس سلباً على المحصول على شكل نقص في درجة الحلاوة في الجذور وزيادة نسبة الأجرام ، وتتناسب شدة ظاهرة القلب الأجوف مع شدة نقص عنصر البورون في التربة ، و ينصح لتفادي هذه الظاهرة بإضافة السماد البوروني الذي يحتوي على عنصر البورون إما نثراً مع الأسمدة الأخرى إذا احتوت التربة على ٠,٨ جزء بالمليون وأقل بعد الزراعة أو في وقت لاحق أو رشاً على الأوراق عند ظهور الأعراض وذلك حسب نسب الاستخدام الموصى بها والكميات اللازمة منه والمبينة على لصاقات العبوات الخاصة بالبورون ، ويراعى عند الرش أو نثر السماد البوروني توخي توزيع الكمية بشكل منتظم ومتجانس في الحقل وضمان تغطية المجموع الخضري للنبات أثناء عملية الرش وعدم إضافة كميات أكبر من الكميات المطلوبة لأن الزيادة يمكن أن تسبب سمية للنبات .

إن ارتفاع مستوى الماء الأرضي وسوء التهوية يساهمان في ظهور أعراض نقص البورون .

– التركيب الكروموزومي لنبات الشوندر السكري :

يعد الشوندر السكري العادي من النباتات ثنائية المجموعة الكروموزومية ، وتحتوي المجموعة الكروموزومية الواحدة على تسعة كروموزومات ، وعليه يكون تركيب المجموعة الثنائية : (١٨= 2N) ، أي أنها تحتوي تسعة أزواج من الكروموزومات .

وقد أمكن لمربي النباتات باستعمال مادة الكولين Choline إحداث تضاعف ذاتي أدى للحصول على الطراز الرباعي (4 N = 36 كروموزوم) وانعكس ذلك على زيادة في حجم الجذر والثمار والبذور دون أية زيادة في نسبة السكروز .

عند تهجين الطرازين الثنائي والرباعي تم الحصول على خليط من البذار يحوي نظرياً ٢٥ % من الطراز الثنائي و ٢٥ % من الطراز الرباعي و ٥٠ % من الطراز الثلاثي (3 N = 27)

ويتميز هذا الطراز بمحصول وافر من ناحية الوزن والسكروز .

باستخدام ظاهرة العقم الذكري المعروفة أمكن الحصول على بذار ثلاثي الطراز (١٠٠ %) .

المقدمة ١٣

الفصل الأول

المادة الأولية في صناعة السكر (الشوندر السكري) ١٥

١-١ إنتاج السكر في العالم ١٥

١-١-١ إنتاج السكر في الوطن العربي ١٨

١-١-٢ صناعة السكر في الجمهورية العربية السورية ٢٠

١-٢ الشوندر السكري ٢٢

١-٢-١ التركيب الكروموزومي للشوندر السكري ٣٢

١-٢-٢ التركيب الكيميائي للشوندر السكري ٣٦

١-٢-٣	ظاهرة الشمرخة	٤١
١-٢-٤	المواصفات التكنولوجية للشوندر السكري	٤٢

الفصل الثاني

	استلام وتخزين وتحضير الشوندر السكري	٤٧
٢-١	العوامل المؤثرة على تخزين الشوندر السكري	٤٧
٢-١-١	التنفس	٤٨
٢-١-٢	الجفاف	٤٩
٢-١-٣	نمو الجذر	٥٠
٢-١-٤	التئام الجروح	٥١
٢-١-٥	الأجـــرام (الشـــوائب مثـــل الأتربـــة والأوراق الخضـــراء	٥١
٢-٢	استلام الشوندر السكري	٥٣
٢-٣	تخزين الشوندر السكري	٥٥
٢-٤	تحضير الشوندر السكري للتصنيع	٥٦
٢-٤-١	قناة نقل الشوندر	٥٧
٢-٤-٢	محطة ضخ الشوندر	٥٩
٢-٤-٣	نازعات الأعشاب	٥٩
٢-٤-٤	لاقطات الرمال والحجارة	٦٠
٢-٤-٥	تنظيم تيار الشوندر	٦١
٢-٤-٦	غسالة الشوندر	٦٢
٢-٥	فاقد السكر أثناء عمليات النقل والغسيل	٦٣

الفصل الثالث

	استخلاص السكر من الشوندر السكري	٦٥
٣-١	الحصول على الشرائح	٦٥
٣-١-١	القاطعات القرصية	٦٧
٣-١-٢	القاطعات ذات السكاكين الثابتة	٦٩
٣-٢	مبدأ الانتشار ونظرية سيلين في الانتشار	٧٠
٣-٣	أجهزة الديفزيون المستمرة	٧٨
٣-٤	العوامل المؤثرة على عملية الاستخلاص	٨٦
٣-٤-١	نوعية الشرائح	٨٦
٣-٤-٢	درجة الحرارة	٨٧
٣-٤-٣	زمن الاستخلاص	٨٨
٣-٤-٥	نمو الأحياء الدقيقة	٩١
٣-٤-٦	قطع التفل الصغيرة	٩٣
٣-٥	كبس التفل وتجفيفه	٩٦
٣-٥-١	تنقية المياه الناتجة عن التفل	٩٨
٣-٥-٢	تجفيف التفل المكبوس	١٠١

الفصل الرابع

	تنقية وتصفية عصير الديفزيون	١٠٥
٤-١	انحلال لبن الكلس في المحاليل السكرية	١٠٦
٤-٢	التكليس الأولي	١٠٨
٤-٢-١	التفاعلات الكيميائية	١١٠

٤-٢-٢	طرق التكليس الأولي	١١١
٤-٣	التكليس الرئيسي	١١٤
٤-٣-١	التفاعلات الكيميائية	١١٥
٤-٣-٢	أنواع وطرق التكليس الرئيسي	١١٧
٤-٤	الكربنة الأولى	١١٧
٤-٤-١	التفاعلات الكيميائية	١١٨
٤-٤-٢	طريقة الكربنة	١١٩
٤-٤-٣	بعض العوامل المؤثرة على عملية الكربنة الأولى	١٢١
٤-٤-٤	القلوية المُثلى لعصير الكربنة الأولى والعوامل المؤثرة على	١٢٥
٤-٥	الكربنة الثانية	١٢٦
٤-٥-١	التفاعلات الكيميائية	١٢٧
٤-٥-٢	القلوية وأملاح الكالسيوم في عصير الكربنة الثانية	١٢٨
٤-٥-٣	طريقة الكربنة الثانية	١٣٣
٤-٥-٤	مردود التنقية	١٣٦
٤-٥-٥	تأثير الأكسيجين وأول أكسيد الكربون على الكربنة	١٣٧
٤-٦	التصفية أو الترشيح	١٣٧
٤-٦-١	تصفية عصير الكربنة الأولى	١٣٩
٤-٦-٢	تصفية عصير الكربنة الثانية	١٤٨
٤-٧	التركيب الكيميائي للراسب (الزبد) واستخداماته	١٤٩
٤-٨	معالجة العصير والشراب بالمبادلات الشاردية	١٥٤
٤-٩	مخططات تنقية العصير	١٥٨
٤-١٠	السلفنة	١٧٣

الفصل الخامس

	التبخير والتكثيف	١٧٧
٥-١	مقدمة عن عملية التبخير	١٧٨
٥-٢	تصنيف المباخر	١٨٠
٥-٣	مبدأ عمل المباخر	١٨١
٥-٤	الطريقة المبسطة لحساب محطة المباخر	١٨٥
٥-٥	تشكيل التخلية (الفاكوم)	١٨٨
٥-٦	التفاعلات الكيميائية التي تحدث أثناء عملية التبخير	١٩٠
٥-٦-١	تغير درجة pH	١٩٠
٥-٦-٢	تغير اللون	١٩١
٥-٦-٣	تشكل الرواسب	١٩١
٥-٧	العوامل المؤثرة على عمل محطة المباخر	١٩٤
٥-٨	أهم المتطلبات الأساسية التي يجب أن تتوفر	١٩٧

الفصل السادس

	البـلـورة	١٩٩
٦-١	انحلال السكروز في الماء	١٩٩
٦-٢	سرعة تبلور السكروز	٢٠٢
٦-٣	تكنولوجيا التبلور	٢٠٧
٦-٣-١	نظام الثلاث طبخات	٢٠٨
٦-٣-٢	نظام الطبختين	٢١٣

٦-٤	تحضير الطبخة الأولى	٢١٣
٦-٤-١	تكثيف الشراب	٢١٣
٦-٤-٢	تشكيل البلورات	٢١٤
٦-٤-٣	إنهاء عملية البلورة	٢١٥
٦-٥	أسباب تعدد مراحل التبلور في مصانع السكر	٢١٦
٦-٦	عملية التبلور الإضافية للكتلة الأخيرة في المبلورات	٢٢٠
٦-٧	اللزوجة ومفهوم النقاوة النظامية للمولاس	٢٢٣
٦-٨	المؤشرات الرئيسية لعملية تبلور الكتلة الأخيرة	٢٣٢
٦-٩	استخدام المركبات الفعالة سطحياً في محطة البلورة	٢٣٦

الفصل السابع

	فرز السكر وتجفيفه وتعبئته	٢٤١
٧-١	فرز السكر الأبيض	٢٤٢
٧-٢	أنواع الفارزات	٢٤٤
٧-٣	تجفيف السكر الأبيض	٢٤٥
٧-٣-١	أنواع المجففات	٢٤٥
٧-٣-٢	المواصفات التكنولوجية للسكر الأبيض	٢٤٧
٧-٤	صويل بلورات سكر الطبخة الثالثة(السكر الأحمر٣)	٢٤٩
٧-٥	المولاس	٢٥٠
٧-٥-١	التركيب العام للمولاس	٢٥١
٧-٥-٢	كمية المولاس الناتج وحساب الفاقد من السكر	٢٥٨
٧-٥-٣	أسباب تشكل المولاس	٢٦٠

٦-٧ المواد الملونة في صناعة السكر وأثرها على نوعية المنتج ٢٦٥

الفصل الثامن

تصنيع قصب السكر وتكرير السكر الخام ٢٧٧

١-٨ قصب السكر ٢٧٧

٢-٨ تكرير السكر الخامي ٢٨٦

١-٢-٨ مواصفات السكر الأحمر الخامي ٢٨٦

٢-٢-٨ الاستقطاب ٢٨٩

٣-٢-٨ الرطوبة ٢٩١

٤-٢-٨ اللون ٢٩٧

٥-٢-٨ المواد غير السكرية ٢٩٧

٦-٢-٨ شكل وحجم البلورات ٣٠١

٣-٨ تكرير السكر الخامي ٣٠٢

٤-٨ أنواع السكر الأبيض المنتج ٣٠٣

٥-٨ تكرير السكر الأحمر الخامي في المصانع المتخصصة ٣٠٦

١-٥-٨ الصويل ٣٠٧

٦-٨ المخططات التكنولوجية للتكرير ٣٠٩

تكرير السكر الخامي في مصانع تصنيع الشوندر السكري ٣١٦

الفصل التاسع

الأقسام المساعدة في معمل السكر ٣٣١

١-٩ إنتاج الكلس الحي وغاز ثاني أكسيد الكربون ٣٣١

٩-١-١	الحجر الكلسي	٣٣١
٩-١-٢	حرق الحجر الكلسي	٣٣٣
٩-١-٣	الموازنة المادية للحجر الكلسي والوقود	٣٣٦
٩-١-٤	الحصول على لبن الكلس وغاز الإشباع النقي	٣٣٧

المراجع ٣٥١

المصطلحات العلمية ٣٥٣

المراجع

١-غياث مصباح سمينة ،عادل احمد سفر (١٩٩٣) المواد المضافة للاغذية . منشورات جامعة دمشق – كلية الزراعة .

٢-سليمان المصري ، محمد خير طحلة (١٩٩٣)تكنولوجيا وكيمياء السكر . منشورات جامعة دمشق – كلية الزراعة .

٣- محمد رياض باقوني ، شريف حسن صادق (٢٠٠٥) تقانة السكر ، القسم النظري – جامعة البعث .ص ٣٦٢.

٤-مصطفى كمال مصطفى،خليل ابراهيم خليل (١٩٩٩) تكنولوجيا النشا والسكريات ، المكتبة الاكاديمية، ص٣٢١.

٥-التقارير الإنتاجية للمؤسسة العامة للسكر بحمص .

٦-مجلة السكرية – الخرطوم – السودان – العدد الثالث : ١٩٨٣

العدد الأول : ١٩٨٤

المجلد التاسع : ١٩٨٩

٧-مجلة الزراعة والتنمية – العدد الأول – السنة العاشرة ١٩٩١ – الخرطوم – السودان .

٨-المواصفة القياسية السورية رقم ٤٨ لعام ١٩٨٠ – هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية .

٩-المواصفة القياسية السورية رقم ٢٠٤ لعام ١٩٨٠ – هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية .

١٩- المواصفة القياسية السورية رقم ١٧٩ لعام ١٩٨٥ – هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية .

٢٠- المواصفة القياسية السورية رقم ٨٣٠ لعام ١٩٩٠ – هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية .

دليل زراعة الشوندر السكري . منشورات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي . ٢٠٠١.

1- Baikow, V.E . : Manufacture and Refining of raw can sugar . London.2001. 588 pages.
2- Bubnik, Z., Kadec, p. : Sugar Technologists Manual. Germany.1955 .
3-Chung-Chi Chou . : Handbook of sugar – A Manual for Design and Operation of sugar Refining . 2000.
4- Glyn, James, : Sugar cane , 2nd Edition . 2004. 216page
5- Hugot, E . : Handbook of Cane Sugar Engineering . London , April , 1986
6- McGinnis , R . A . : Beet – sugar Technology . USA . 1982 . 855 pages .
7- Proceeding of the 1994 workshop processing research "products of sugar beet and sugarcane " ,Helsinki , Finland , August 10-11, 1994 . 307pages .
8- Processing Expert system technological value of sugar beet progress in sugar Technology, proceedings of the 20th General Assembly of C.i.T.S . Munich , 1955 .
9- Sugar processing :The development of third world technology. June 1983 .
10- Wunsh,J.:Review of Modern Types of Sillos for White Sugar, Technical papers and proceedings ,59th Annual Meeting Sugar Technologists Inc.,2000,vol.59,207-218.
11 -Белостоцкий Л.Г., Интенсификация технологических про- цессов свеклосахарного пр0оизводства . М. : ВО " Агро – промиздат " 1989г .
12 -Бугаенко И.Ф. Технологический контроль сахарного производства. М.: "Агропромиздат" 1989г.
13 –Забросин А.Ф, Дмитрюк А.А. Сушка и охлаждение сахара- песка в псевдоожиженном слое. М.: "Пищевая пром."1979г.
14 –Кухар Н.С., Пустоход А.П., Ропотенко Я.Г. Опыт применения ПАВ при уваривании утфелей на сахарных заводах. "Сахарная промышленность". -1978г. № 4. стр. 22-23.
15 –Сапронов А.Р., Бобровник Л.Д. Сахар. М.: "Лёгкая и пищевая промышленность". 1981г.
16 –Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. Колос. Москва. 1999г.
17 –Сапронова Л.А. Уравнение для вычисления вязкости сахар-

ных растворов. "Сахарная пром." -1993г . № 1. стр. 26-30.
18--Силин П.М.Технология сахара. М.:"Пищевая пром."1967г -٢١

Damascus University