الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم الأغذية

امكانية تحسين شروط إنتاج عجائن مجمدة ومصنعة من أنواع دقيق القمح المحلية والمدعمة بالمحسنات

دراسة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في
علوم الأغذية

اعداد الطالب
يحيى اسماعيل جحى

المشرف العلمي
د. جهاد سمعان

2023

SYRIA Arabic Republic
Damascus University
Agriculture Engineering Faculty
Food Science of Department

The Possibility of Improving the Conditions for the Production of Frozen Dough Manufactured from Local Wheat Flour Types and Fortified by Improvements

A dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the PH.D. degree in Food Science

Prepared by
Yhya Ismail Joha

Supervised by
Dr. Jihad Samaan

2023

الفهرس

الفهرس.....I
قائمة الجداول.....II
قائمة الأشكال.....VI
قائمة الاختصارات.....VII
الملخص.....X1
ABSTRACT.....X11
1- المقدمة:.....2
المشكلة العلمية للبحث:.....3
تساؤلات البحث:.....3
مبررات البحث:.....3
فرضيات البحث:.....4
أهداف البحث:.....4
2- الدراسة المرجعية:.....5
2-1 مزايا استخدام العجين المجمد.....7
2-2 مكونات العجينة من ناحية معايير الجودة والكمية على جودة العجين المجمد.....8
2-3 استخدام المحسنات لتحسين جودة خبز العجين المجمد:.....14
2-4 تأثير طريقة التجميد وزمن التخزين في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة.....21
2-5 آثار تشكل الجليد وإعادة توزيع الماء على الخميرة.....25
2-6 آثار التجميد على شبكة الغلوتين.....26
2-7 آثار التجميد على بنية العجين.....27
2-8 آثار التجميد على زمن التخمير.....27
2-9 تمدد العجين والالتصاق.....28
2-10 فعالية الخميرة وإنتاج الغاز.....29
2-11 حجم الخبز النوعي.....30
2-12 عجينة البيتزا.....31

المواد وطرائق البحث.....37
3-1 مواد البحث 38
3-2 مكان إجراء الاختبارات.....38
3-3 تحضير العينات.....39
3-4 الأجهزة المستخدمة في البحث.....40
3-5 الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق.....41
3-6 الاختبارات الريولوجية للدقيق 44
3-7 تحضير العجينة.....46
3-8 تجميد العجائن.....46
3-9 دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة.....46
3-10 تحضير عجينة البيتزا.....48
3-11 التحليل الاحصائي.....49
3-12 مخطط البحث 50
النتائج والمناقشة:.....52
1- تأثير إضافة محسنات الدقيق في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لأنواع دقيق القمح:.....53
2- تأثير طريقة التجميد وزمن التخزين في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة:.....60
3- الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للبيتزا المحضرة من العجائن المجمدة:.....70
التحليل الإحصائي.....76
الاستنتاجات:.....82
المقترحات والتوصيات:.....85
المراجع العلمية:.....86

قائمة الجداول

الجدول (1): ترميز عينات دقيق الزيرو والموحد المدعم بالمحسنات وخليط منهما..... 39

الجدول (2): نسب المواد الداخلة في عجينة البيتزا 48

الجدول (3): الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق الموحد المدعم بالمحسنات.....55

الجدول (4): الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق الزيرو المدعم بالمحسنات.....55

الجدول (5): مؤشرات الفارينوغراف للدقيق الموحد المدعم بالمحسنات.....57

الجدول (6): مؤشرات الفارينوغراف لدقيق الزيرو المدعم بالمحسنات.....58

الجدول (7): مؤشرات الاكستينسوغراف للدقيق الموحد المدعم بالمحسنات.....59

الجدول (8): مؤشرات الاكستينسوغراف لدقيق الزيرو المدعم بالمحسنات.....59

الجدول (9): نشاط الخميرة (سم3) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.....61

الجدول (10): نشاط الخميرة (سم3) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.....61

الجدول (11): قيم مقاومة التمدد (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.....63

الجدول (12): قيم مقاومة التمدد (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.....64

الجدول (13): قيم قابلية التمدد (مم) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.....65

الجدول (14): قيم قابلية التمدد (مم) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.....66

الجدول (15): قيم نسبة الالتصاق (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة..... 68

الجدول (16): قيم نسبة الالتصاق (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.....69

الجدول (17): الخصائص الفيزيائية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة.....70

الجدول (18): الخصائص الفيزيائية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة.....71

الجدول (19): الخصائص الكيميائية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة.....72

الجدول (20): الخصائص الكيميائية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة.....73

الجدول (21): الخصائص الحسية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة.....75

الجدول (22): الخصائص الحسية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة.....75

الجدول (23): معاملات الارتباط للفارينوغراف للدقيق ومؤشرات جودة العجائن المجمدة.....77

الجدول (24): معاملات الارتباط الاكستينسوغراف للدقيق ومؤشرات جودة العجائن المجمدة.....78

الجدول (25): اختبار F لتأثير المتغيرات في الخصائص الكيميائية للدقيق.....78

قائمة الأشكال

الشكل (1): أجزاء حبة القمح.....10
الشكل (2): تفاعل حمض الأسكوربيك في العجين.....18
الشكل (3): نشاط الخميرة للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة والبطيئة.....62
الشكل (4): قيم مقاومة التمدد (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.....63
الشكل (5): قيم مقاومة التمدد (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.....64
الشكل (6): قيم قابلية التمدد (مم) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.....66
الشكل (7): قيم قابلية التمدد (مم) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.....67
الشكل (8): قيم نسبة الالتصاق (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة 68
الشكل (9): قيم نسبة الالتصاق (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.....69
الشكل (10): مخطط مستوى التشابه للجدول 22 للخصائص الحسية..... 76
الشكل (11): توزيع التباين لتأثير المتغيرات في الخصائص الكيميائية للدقيق.....79
الشكل (12): مخططPLSR لخصائص جودة العجينة.....80
الشكل (13): مخطط المستويات المثلى يبين تأثير المحسنات في الخصائص الفيزيوكيميائية للعينات المدروسة.....81

قائمة الاختصارات

ANOVA	Analysis of variance
RSM	Response Surface Methodology
PLSR	Partial Least Square Regression
DF	Dough proofing
VD	Variance Distribution
HCA	Hierarchical Cluster Analysis
PCA	Principal Component Analysis
AA	**Ascorbic Acid**
DHA	Dehydro **Ascorbic Acid**
CP	Carotenoid Pigments
AACC	Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists
DOE	Advanced Design of Experiments
FD	Factorial Designs

الملخص

هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة نوعين من محسنات الدقيق (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لأنواع من الدقيق المنتجة محلياً (الدقيق الموحد ودقيق الزيرو) والمعدة لتحضير العجائن المجمدة. تم الحصول على عينات الدقيق من المخبر المركزي للمؤسسة العامة لتجارة وتصنيع وتخزين الحبوب في منطقة السبينة، ودعمت هذه العينات بحمض الأسكوربيك بنسبة (100 و200) ppm وبالغلوتين الحيوي بنسبة (2 و4) % وخليط منهما، ثم أجريت اختبارات الدقيق الفيزيوكيميائية والريولوجية. حُضرت العجائن وجُمِّدت باتباع طريقتي التجميد السريع والبطيء، وخُزنت لمدة (30، 60، 90 و120) يوم بدرجة حرارة -18 درجة مئوية، ثم قيست الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة بعدها تم تصنيع عجينة البيتزا وأجريت عليها الاختبارات الفيزيائية والكيميائية والحسية. أجريت الدراسة في المخبر المركزي للمؤسسة العامة لتجارة وتصنيع وتخزين الحبوب في منطقة السبينة بينت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود تأثير لإضافة المحسنات إلى عينات الدقيق معنوياً في النسبة المئوية للرطوبة والرماد، بينما اختلفت عينات الدقيق المدروسة في بقية المؤشرات الفيزيوكيميائية معنوياً مع اختلاف نوع ونسبة المادة المحسنة المضافة إذ بينت نتائج قياس درجة اللون للدقيق، النسبة المئوية للبروتينات على أساس الوزن الجاف، النسبة المئوية للغلوتين الرطب والنسبة المئوية للغلوتين الجاف لعينات نوعي الدقيق عدم تأثر هذه المؤشرات معنوياً بإضافة حمض الأسكوربيك، بينما كان التأثير المعنوي مترافقاً مع إضافة الغلوتين الحيوي. وأظهر دليل الغلوتين وعلى النقيض من بقية المؤشرات الفيزيوكيميائية المقاسة تأثراً معنوياً في كل من نوعي المحسنات المضافة. بينت نتائج عينات الدقيق المختبرة أنه لا وجود لتأثير معنوي لإضافة حمض الأسكوربيك في امتصاص الدقيق للماء لكل من نوعي الدقيق وعند كل نسبة إضافة، لكن وجدت فروق معنوية في الامتصاصية عند إضافة الغلوتين الحيوي، كما أظهرت نتائج زمن تطور العجينة وجود فروق معنوية بين عينات الدقيق تبعاً لنسبة إضافة الغلوتين الحيوي، إذ لم يتأثر زمن تطور العجينة بإضافة حمض الأسكوربيك. بيّنت نتائج

تحليل التباين لزمن ثباتية العجينة بين العينات المدروسة وجود فروق معنوية عند جميع نسب الإضافة من المحسنات ولنوعي الدقيق، وإن إضـــافة خليط المحســـنات ســـاعد على رفع قوة الدقيق معنوياً، وتوافقت نتائج ثباتية العجينة مع نتائج درجة ضـعف العجينة التي انخفضـت معنوياً مع إضـافة المحسـنات. بيّن اختبار تحليل التباين وجود فروقات معنوية في قيم مقاومة الشـد، فقد ازدادت هذه القيم ازدياداً معنوياً ما بين عينات الشـاهد لكل نوع دقيق وبقية العينات المدعمة بحمض الأسـكوربيك والغلوتين الحيوي، وازدادت المقاومة العظمى للشـد ومطاطية العجينة وانخفضـت مرونة العجينة معنوياً مع إضافة نوعي المحسنات. بينت نتائج تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة سواء بالطريقة البطيئة أو الطريقة السريعة حدوث تدهور في هذه الخصـائص أثناء عملية التخزين المجمد على درجة حرارة -18 °م لمدة (30، 60، 90 و120) يوماً، ولكن تأثرت الجودة النهائية للمنتج المجمد بمعدل التجميد. أدى إضـــافة المحســـنات إلى زيادة معنوية في قوة التخمر، بينما لوحظ وجود تأثيراً معنوياً ســـلبياً لزمن التخزين في نشـــاط الخميرة، إذ انخفضـــــت قيم قوة التخمر لجميع العينات في طريقتي التجميد مع ازدياد زمن التخزين المجمد. لوحظ انخفاض الحد الأقصـى لمتوسـط مقاومة التمدد للعجين المجمد بعد مرور 120 يوماً من التخزين المجمد، وانخفضـت قيم قابلية التمدد مع اســـتمرار عملية التخزين المجمد. كما زادت قيم الالتصـــاق للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة والطريقة السـريعة. بينت النتائج أن إضـافة حمض الأسـكوربيك يحسـن من قدرة العجين على الاحتفاظ بالغازات لتقوية شـــبكة الغلوتين وزيادة من حجم العجين وتقليل مدة التخمر فيكون ذا مســـامات أنعم ولبّ متجانس مع التقليل من ظاهرة البيات وإطالة فترة صـلاحية العجين. بينت نتائج التحليل الإحصـائي أن النسـب المثلى لتدعيم العجين هي 200 ppm حمض الأســـكوربيك و4% غلوتين حيوي حيث أعطت تأثيراً إيجابياً لخصـــائص الجودة للعجين.

الكلمات المفتاحية: حمض الأسـكوربيك، الغلوتين الحيوي، الخصـائص الفيزيوكيميائية، الخصـائص الريولوجية، الدقيق الموحد، دقيق الزيرو– العجائن المجمدة.

ABSTRACT

The aim of this research is to study the effect of adding two types of flour improvers (ascorbic acid and vital gluten) on the physicochemical and rheological properties of locally produced types of flour (standard flour and zero flour) intended for the preparation of frozen dough. Flour samples were obtained from the central laboratory of the General Establishment for Grain Trade, Manufacture and Storage in the Sabina area, and these samples were supported with ascorbic acid at a rate of (100 and 200) ppm and vital gluten at a rate of (2 and 4)% and a mixture of them, then the physicochemical and rheological tests of the flour were conducted. Doughs were prepared and frozen using the quick and slow freezing methods, and stored for (30, 60, 90 and 120) days at a temperature of -18 °C, then the physicochemical and rheological properties of the frozen dough were measured, after which the pizza dough was manufactured and physical, chemical and sensory tests were conducted on it. The study was conducted in the central laboratory of the General Establishment for Grain Trade, Processing and Storage in Al Sabina area. The results of the statistical analysis showed that there was no significant effect of adding improvers to the flour samples in the percentage of moisture and ash, while the studied flour samples differed in the rest of the physiochemical indicators significantly with the difference in the type and percentage of the additive improver. The results of measuring the color degree of flour, the percentage of proteins on the basis of dry weight, the percentage of wet gluten and the percentage of dry gluten for samples of the two types of flour showed that these indicators were not affected significantly by the addition of ascorbic acid, while the significant effect was associated with the addition of vital gluten. The index of gluten, in contrast to the rest of the measured physiochemical indicators, showed a significant effect in each of the two types of additives. The results of the tested flour samples showed that there was no significant effect of adding ascorbic acid on the flour's absorption of water for both types of flour and at each percentage of addition, but significant differences were found in the absorbency when vital gluten was added, and the results of the dough development time showed that there were significant differences between flour samples depending on For the percentage of adding vital gluten, as the development time of the dough was not affected by the addition of ascorbic acid. The results of the variance analysis of the stability time of the dough between the studied samples showed that there were significant differences in all percentages of addition of improvers and for the two types of flour. The analysis of variance test showed that there were significant differences in the tensile strength values, as these values increased significantly between the control samples for each type of flour and the rest of the samples fortified with ascorbic acid and vital gluten. The results of evaluating the physicochemical and rheological properties of the

frozen dough, whether by the slow method or the rapid method, showed a deterioration in these properties during the frozen storage process at a temperature of -18 ºC for a period of (30, 60, 90 and 120) days, but the final quality of the frozen product was affected by the rate of freezing. The addition of the improvers led to a significant increase in the fermentation strength, while a significant negative effect of the storage time was observed in the yeast activity, as the values of the fermentation strength decreased for all samples in the two freezing methods with the increase in the frozen storage time. It was observed that the maximum average expansion resistance of frozen dough decreased after 120 days of frozen storage, and the expansion values decreased with the continuation of the frozen storage process. Also, the adhesion values of the frozen doughs increased by the slow method and the rapid method. The results showed that the addition of ascorbic acid improves the ability of the dough to retain gases, to strengthen the gluten network, increase the volume of the dough, and reduce the fermentation period, so that it has softer pores and a homogeneous pulp, while reducing the phenomenon of flaking and prolonging the shelf life of the dough. The results of the statistical analysis showed that the optimal ratios for fortifying the dough were 200 ppm ascorbic acid and 4% vital gluten, which gave a positive effect on the quality characteristics of the dough.

Keywords: ascorbic acid, vital gluten, physicochemical properties, rheological properties, standardized flour, zero flour - frozen dough.

المقدمة والدراسة المرجعية

Introduction and literature Review

1-المقدمة:

تحتل الحبوب الغذائية ومنتجاتها المختلفة التي من أهمها الخبز مكانةً رئيسيةً في وجبات الإنسان في جميع أنحاء العالم، ويحتل القمح المركز الأول في محاصيل الحبوب، ويرجع ذلك إلى رخص ثمن المنتجات التي تنتج من دقيق القمح الذي جعله ذو مكانةً أساسيةً في وجبات الإنسان، كما أن القمح يزرع في جميع أنحاء العالم تحت ظروف متباينة ليعطي محصولاً وافراً ذو قيمة غذائية مرتفعة، إذ يُنتج القمح في 120 بلداً، ويشكل 19% من إجمالي ناتج السعرات الحرارية الغذائية العالمي. لقد ازداد وعي المستهلك حيث أصبح يبحث عن المنتج الآمن ذي الجودة العالية، وهذا الاهتمام بدأ منذ انتشار بعض المنتجات الغذائية الحديثة، التي تُتداول يومياً مثل منتجات المخابز المجمدة التي يزداد انتشارها وتداولها في الآونة الأخيرة، كما تتميز هذه المنتجات بأنها اقتصادية، وملائمة لربة البيت العاملة مما يزيد المنافسة بين الشركات والمخابز لإنتاج أنواع عديدة من العجائن المجمدة التي يضاف إليها العديد من المحسنات، وللحصول على منتجات خبيز ذات خصائص جودة عالية وأمان لابد من اختيار العوامل التي تؤثر في هذه الخصائص، ويبدأ ذلك من المواد الخام الأولية مثل نوع دقيق القمح والخميرة والمحسنات وكذلك خصائص العجين التي تشمل المحتوى المائي، درجة الحموضة وظروف العمليات التصنيعية مثل زمن التجميد، درجة الحرارة وزمن الخبيز كل هذه العوامل تؤدي إلى منتج نهائي آمن .

المشكلة العلمية للبحث:

تذخر الأسواق بالكثير من منتجات القمح الطازجة مثل الخبز والكعك والكيك، ونتيجة للتطور الهائل الحاصل في مختلف مناحي الحياة، وخاصة وسائل التبريد والتجميد التي استطاعت توفير المنتجات المجمدة من العجين وغيرها، التي تستخدم للأغراض الغذائية، ولضرورة التعريف بهذه المنتجات، وضرورة تحسينها فقد كان لا بد من دراسة هذه المنتجات والتعريف بها وضبط انتاجها ووضع معايير دقيقة وضوابط للمتغيرات التكنولوجية للعملية التصنيعية مع إمكانية تطوير هذه الصناعة للارتقاء بها نحو الأفضل.

تساؤلات البحث:

1. هل ستؤدي إضافة المحسنات إلى تحسين جودة العجائن المجمدة المنتجة والمعدة لصناعة البيتزا؟
2. هل ستؤدي إضافة المحسنات إلى تحسين الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة المنتجة مقارنةً مع خصائص العجائن المنتجة محلياً وتحديد خصائص الجودة للمنتجات المحضرة من العجائن المجمدة.

مبررات البحث:

لا يوجد في سورية حتى وقتنا الحاضر أي دراسات مرجعية تتعلق بالعجائن المجمدة المستخدمة في تحضير الكثير من المنتجات الغذائية خاصة بعد التغير الكبير في أنماط الحياة المتبعة، ومن هنا تظهر ضرورة إجراء دراسات عميقة للعجائن المجمدة والعوامل المتضافرة التي تؤدي إلى تطورها ومنها هذه الدراسة لتأثير إضافة بعض أنواع من المحسنات في جودة بعض المعجنات المجمدة.

فرضيات البحث:

توجد مجموعة لا بأس بها من المؤشرات الكمية المتوقعة لنجاح البحث وتحقيق هدفه وهي توافر متطلبات المشروع إذ تشتهر سورية بزراعة أفضل أصناف الحبوب من القمح القاسي والطري ويوجد فيها كميات كبيرة من المواد الأولية اللازمة للعمل والأرضية الصلبة لتأمين مستلزمات العمل كلها. أما المؤشرات النوعية فهي كثيرة لا مجال لحصرها أهمها توافر المخابر العلمية في جامعة دمشق والقيمة النوعية العالية للمشرفين على البحث وذلك بتوجيه البحث لتحقيق أهدافه إضافة إلى المؤشر النوعي المهم بدعم الدولة للبحث العلمي وتوفير متطلباته جميعها.

أهداف البحث:

1. العمل على تحسين صناعة العجائن المجمدة المحلية وذلك بالتوسع في دراسة مجموعة من المتغيرات وهي نوع الدقيق، ونوع المحسنات المضافة ونسبة المحسنات المضافة وطريقة تحضير العجينة وطريقة التجميد ومدة التخزين.
2. تحديد الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة المنتجة والمعدة لصناعة البيتزا.
3. مقارنة خصائص العجائن المجمدة المنتجة مع خصائص العجائن المنتجة محلياً.
4. تحديد خصائص الجودة للمنتجات المحضرة من العجائن المجمدة.

أهمية البحث:

1. يساعد هذا البحث اقتصاديا في إيجاد بدائل رخيصة الثمن ومتوفرة محلياً من العجائن المجمدة وخلق فرص عمل من خلال إنشاء المعامل التي تعنى بتجهيز المادة الأولية (العجائن المجمدة).
2. سيسهم البحث في تسليط الضوء على معارف جديدة في مجال علوم الأغذية، والتطبيقات العملية لاستخدام آخر ما توصلت إليه مراكز الأبحاث العالمية في هذه المجالات بترجمة المقالات العلمية لأبحاث أصيلة وأمانة النقل العلمي لها وذلك يولد المعرفة المفيدة في هذا الجانب الهام من العلم.

2-الدراسة المرجعية:

تعرف العجائن المجمدة على أنها منتج غذائي يحضر من دقيق القمح أو من دقيق الحبوب الغذائية الأخرى وماء، ومواد اختيارية مناسبة حسب النوع والمعرضة للمعاملة الحرارية لوقف نشاط الخميرة وذلك بعد الحصول على تخمر مناسب، دون أن ينضج أو يتغير لونه، إذ يشكل حسب الرغبة، ومن ثم يجمد سريعاً حتى -18 °م درجة حرارة المركز (Ribotta *et al*., 2006). كما توجد مواد تضاف إلى الدقيق، وتؤثر في الخصائص الريولوجية للعجينة مما ينعكس على جودة المنتج النهائي، وتشمل: عوامل الاستحلاب، المواد الدسمة، شراب الغلوكوز، الحليب ومغذيات الخميرة وغيرها (Kenny *et al*., 2001). لقد أثبت (Giannou and Tzia , 2007) أن العلاقة بين الخصائص الريولوجية للعجين وبين خصائص الخبيز تعدُّ مهمة جداً بالنسبة لمنتجات المخابز المجمدة التي يخزّن فيها العجين لمدّة طويلة قبل الخبيز تحت ظروف التجميد. إذ دُرست خصائص الجودة لمنتجات العجائن المجمدة الوزن، الحجم النوعي، لون اللبابة، القصرة، القوام في العجين، ومدّة الصلاحية. وقد أكدت النتائج حدوث تحلل سريع للعجائن المجمدة خلال الشهر الأول والثاني، ثم ثبات العجينة لمدة 9 أشهر، وتبين أن الفقد النسبي في الوزن تتراوح ما بين 11 – 13% مقارنةً بالعينات الطازجة حيث كان الفقد 12% مما يدل على أن عملية التجميد في الظروف المثلى لا تؤثر بشكل ملحوظ في المنتج النهائي. درس (Ribotta *et al*., 2003) إمكانية إنتاج خبز القوالب من العجائن المجمدة، وتقليل أضرار التجميد خلال التخزين، وقام باستخدام نوعين من الخميرة، خميرة الخباز 5% والخميرة الجافة بنسبة 2% لدارسة تأثير التخزين بالتجميد لمدة 12 أسبوعاً مع أو بدون إجراء تخمير أولي لمدة 20 دقيقة، على درجة 30 °م ورطوبة نسبية 80%، وطبقت عليها المعاملات السابقة نفسها باستخدام حمض الأسكوربيك والبكتين كمحسنات، وقدرت القدرة الحيوية للخميرة، والخواص الريولوجية وجودة الخبز المنتج. وقد أوضحت النتائج أنه لا فائدة للتخمير قبل التجميد عند المعاملات السابقة كما أن استخدام الخميرة الجافة، واستخدام البكتين بنسبة 1% وحمض الأسكوربيك بنسبة 600 ppm يؤدي إلى تحسين جودة خبز القوالب طوال فترة التخزين.

تم دراسة تأثير درجات الحرارة المطبقة على عمليات العجن والخبز النهائي للعجائن المجمدة والمخزنة عند مستويين من درجات الحرارة 16 °م و31 °م (Rouille *et al*., 2000)، وقُدرت البلورات الثلجية بعد التجميد في العجائن، لوحظ زيادة طفيفة في حجم البلورات، ونقص في عدد الفراغات، كما تبين أن الأرغفة المخبوزة من العجائن المجمدة التي كانت درجة حرارة خلطها 16 °م أفضل من حيث القوة الغازية والجودة الكلية للرغيف من العجائن المجمدة على درجة حرارة خلط 31 °م. وقد قام (De Delahaye *et al*., 2004) بخلط دقيق القمح مع دقيق نخالة الأرز المرتفع في محتواه من الألياف الغذائية بنسبة 5–10% لإنتاج عجائن البيتزا بالإضافة إلى الماء والملح والخميرة، وخُزِنت لمدة 60 يوماً على درجة حرارة –18 °م، ثم قُيّمتْ العجينة من حيث التركيب الكيميائي، والخصائص الوظيفية والريولوجية والحسية. أوضحت النتائج حدوث انخفاض بتركيز النشاء، ودلت نتائج الاختبارات الحسية على أن عجينة البيتزا المضاف إليها 5% من دقيق نخالة الأرز كانت مقبولة من المحكمين، وكان القبول ثابتاً خلال 60 يوماً من التخزين تحت ظروف التجميد. بيّن كل من (Matuda *et al*., 2005) و(Ribotta *et al*., 2004) أن إضافة المستحلبات والدهون النباتية والصمغ العربي كان له دوراً فعالاً في تحسين الخصائص الريولوجية، ومحتوى الماء غير المتجمد، وخصائص القوام للعجينة، وخصائص المخبوزات المصنعة من العجائن المجمدة تحت ظروف التخزين بالتجميد على درجة –18 °م. وقد قام (Tadini and Carr, 2003) بتحضير أربع خلطات من العجائن تختلف عن بعضها باستخدام نسب مختلفة من الخميرة والسمن النباتي، وخُلطت المكونات جميعها في العجانة العمودية، وبعد مدّة الاستراحة للعجين، قسّم العجين إلى قطع صغيرة ثم تم التشكيل لتقوية العجين على درجة حرارة 250 °م لمدة 7 دقائق وبعدها بُرِدت ثم جُمدَت على درجة حرارة –18 °م، ثم التخزين على نفس الدرجة لمدة 28 يوماً، و أُخذت عينة كل أسبوع لإكمال عمليات العجن بدون إجراء عملية إذابة الجليد، تم تقييم كل من الصفات الفيزيائية والحسية للمنتج النهائي بعد العجن. ولوحظ أن العجين المحتوي على الخميرة والسمن النباتي، يعطي حجم نوعي أكبر ويخفض من متانة وصلابة اللبابة ويقلل من عملية المضغ، وتبين أن المحتوى المائي للعجين كان أعلى من المحتوى المائي للعجينة الطازجة، كما أن السمن النباتي أدى إلى تطرية العجائن الناتجة، وتحسين جودتها من حيث التقييم الحسي.

2-1 مزايا استخدام العجين المجمد:

بدأت تقنية العجين المجمد في خمسينات القرن الماضي، وقد كُرِسَ الكثير من العمل لتحسين جودة العجين المختمر المجمدة منذ ذلك الحين. في عام 1990، استخدم العجين المجمد من قبل أكثر من 50% من مخابز السوبر ماركت الموجودة في الولايات المتحدة (Berglund *et al*., 1991; Gelinas *et al*., 1989). يستخدم عجين الخبز المجمد على نطاق واسع في المخابز الصناعية لتسهيل إنتاج الخبز في متاجر البيع بالتجزئة. يشهد إنتاج الحبوب والسلع المخبوزة تحولاً مستمراً مدعوماً بالتغيرات في العادات الاجتماعية، وطلبات المستهلكين، ومصلحة منتجي السلع المخبوزة في توفير العمال والتكلفة. تزداد ضرورة العجين المجمد في التصنيع المركزي. قد يكون الربح أكثر الاعتماد على منتجات مجمدة–مذابة. كما أنه يجعل من الممكن تقديم منتجات المخابز الطازجة للعملاء. قد تتضمن متاجر البيع بالتجزئة كفاءات الإنتاج لزيادة الإنتاج مقابل العمالة وتحسين صورتها من أجل قبول الزبون (Baier Schenk, 2005). إن مزايا تطبيق تكنولوجيا التجميد والتقنيات الحديثة في خلق ميزة تنافسية (Milovanović, 2010) هي تحسين ظروف العمل (لا حاجة إلى نوبات ليلية) واستخدام المعدات هو أكثر فعالية من حيث التكلفة وبالتالي إمكانية تصنيع المنتجات الطازجة والتخلص من ظاهرة بيات المخبوزات وتحقيق التنسيق الأمثل لقدرة التصنيع والبيع ، كما يتم التوزيع الميسر (تسليم مرة واحدة في الأسبوع) وزيادة الدخل بسبب التنظيم الاقتصادي. يمكن أن يؤدي استخدام العجين المجمد إلى مشاكل مثل تغيير خصائص العجين وفقدان الاستقرار أثناء التخزين على المدى الطويل في الحالة المجمدة (Dodic *et al*., 2007; Inoueand Bushuk, 1992). يتم التعبير عن فقدان الثبات بواحدة أو أكثر من الخصائص التالية: وقت التخمير النهائي المطول، حجم الرغيف المنخفض، خصائص الخبز السيئة (شكل الخبز، مسامات موحدة، لون قشرة الخبز، الفتات، مرونة القشرة)، وفقدان سريع للطراوة (Dodic *et al*., 2007). يسمح استخدام العجين المجمد في صناعة المخابز للخبّاز بتقليل العمل الليلي وتقليل القيود اللوجستية. بالإضافة إلى ذلك، باستخدام العجين المجمد يسهل مركزية إنتاج العجين ويوسع منطقة التوزيع. هذه هي بعض الأسباب التي تجعل العجين

المجمد واسع الانتشار الآن في سوق المخابز والمعجنات. يُحصَل على العجين المجمد بتكييف العمليات الآلية التي عادة ما يتم تطويرها من قبل الشركات العالمية، مما يقلل من تكاليف الإنتاج. علاوة على ذلك، يمكن للمصنعين توفير منتجات قياسية في أي وقت (Meziani *et al.*, 2012 ; RosellGomez, 2007).

2-2 مكونات العجينة من ناحية معايير الجودة والكمية على جودة العجين المجمد:

تتأثر جودة المنتج من العجائن المجمدة على تركيب هذا العجين (Rouille *et al.*, 2000) وكذلك معاملات هذا العجين مثل زمن خلط العجين، طريقة التجميد، درجة حرارة التخزين المجمد، مدة التخزين، ومعدل الذوبان. تؤدي طريقة التجميد أثراً مهماً في الجودة النهائية للمنتج المجمد، ويلحظ تأثيران متعاكسان. تسمح طريقة التجميد السريعة بتكوين بلورات جليدية ميكروية، التي لا تؤثر على سلامة شبكة الغلوتين ثلاثية الأبعاد. لا يزال هذا هو المعامل الأكثر أهمية الذي يقلل من الضرر الفيزيائي الناجم عن التجميد، وبالتالي بقاء حبيبات النشا مرتبطة مع شبكة الغلوتين (Angioloni *et al.*, 2008). ومع ذلك، فإن التجميد السريع قد يضر بنشاط الخميرة. هناك حاجة إلى حل وسط لمعدل التجمد لتجميد العجين ببطء بما فيه الكفاية لتعظيم نشاط الخميرة ولكن بسرعة كافية للحد من ضعف العجين. تُستخدم حالياً طرق تجميد مختلفة مثل التجميد عن طريق التلامس، الدفع الهوائي والتبريد العالي. يوفر العجين المجمد المنتجات الطازجة، مع خصائص عضوية ونسيجية ممتازة (Meziani *et al.*, 2012). تتشكل بلورات الجليد الكبيرة بسبب التجميد البطيء للمياه الحرة وتسبب في تلف أغشية خلايا الخميرة. علاوة على ذلك، بسبب التوزيع المتغير للطور السائل غير المتجمد، يزيد محتوى المواد المذابة في الوسط غير المجمد، مما يؤدي إلى تعطيل عملية استقلاب خلايا الخميرة المتبقية وتقليل نشاط الخميرة أثناء معالجة العجين المجمد (Dodic *et al.*, 2007) .

2-2-1- القمح:

يعد القمح من أهم محاصيل الحبوب في العالم كمادة خام مهمة لتغذية الإنسان وذلك لقدرته على الاحتفاظ بنوعية جيدة لفترات طويلة وتكيفه العالي مع الظروف البيئية وخصائصه الفريدة من نوعها إذ يمكن تحويله الى العديد من المنتجات الغذائية (Tatham and Shewry, 1997). يستخدم 70% منها في المنتجات الغذائية المتنوعة مثل الخبز، المعكرونة، النودلز، البسكويت، والمعجنات (Dobraszczyk and Dendy, 2001).

تتركب الحبوب كيميائياً بشكل رئيسي من الكربوهيدرات، المواد الآزوتية، الليبيدات، العناصر المعدنية والماء، بالإضافة إلى مكونات موجودة بنسب قليلة كالفيتامينات. لا تتوزع العناصر المكونة للحبوب توزعاً متجانساً في أجزاء الحبة جميعها، حيث تتفاوت في تركيزها من جزء لآخر، وتسبب العمليات التكنولوجية التي تتم على الحبوب في إحداث تغير في تركيبها الكيميائي. تختلف نسبة المكونات الكيميائية للحبوب حسب النوع والصنف والمعاملات الزراعية والظروف البيئية. يعتبر محصول القمح محصولاً استراتيجياً في الجمهورية العربية السورية ويشكل 50% من الدخل الكلي لإنتاج المحاصيل (Westlake, 2003). يطحن القمح من قبل الشركة العامة للمطاحن لإنتاج دقيق قياسي، يوزع فيما بعد إلى المخابز لإنتاج الخبز العربي منفصل الشطرين.

2-2-1-1 البنية التشريحية لحبة القمح:

إن معرفة البنية التشريحية لحبة القمح ذات أهمية بالغة في فهم بعض الخصائص التصنيعية للقمح وخاصة عملية الطحن، وفهم تأثير البنية التشريحية في خصائص جودة المنتج النهائي. تركز الدراسات الحديثة على ربط الصفات الشكلية لحبة القمح مع مردود الطحن ومن هذه الصفات طول الحبة، الثخانة، العرض، عمق الشق ومظهر الشق (Peyron *et al*., 2003) يتدرج لون حبة القمح بين الأبيض والأحمر، ويتراوح طولها بين 4-8 مم وعرضها بين 1.5-4 مم، ويوجد ثلم في الجهة البطنية للحبة ويسبب صعوبة في فصل الإندوسبيرم عن الغلاف في أثناء الطحن ويشكل مكان لتجمع الغبار والأحياء الدقيقة، كما توجد شعيرات طولها 0.5-1 مم إذ تفصل في أثناء التنظيف كي لا

تسيئ لنوعية الدقيق وهي صفة مميزة لأنواع قمح الخبز. بيّن (Evers, 1988) أن حبة القمح تتكون من قسمين أساسيين: غلاف الحبة (Pericarp) والبذرة (Seed) كما هو موضح في الشكل (1).

الشكل (1): أجزاء حبة القمح.

2-2-2 الماء:

يعد الماء أحد المكونات الأساسية في العجينة، تتراوح عادةً كمية الماء المضافة إلى العجائن ما بين (55–58) % من وزن الدقيق. عند مزج الدقيق مع الماء يتحد الغلياذين والغلوتينين مع مركبات أخرى مثل اللبيدات والكربوهيدرات وعناصر معدنية لتشكيل كتلة لزجة مطاطية تدعى الغلوتين إذ يكون الغلياذين مسؤولاً عن صفة اللزوجة والغلوتينين عن صفة المطاطية. يملك الغلوتين ذوبانية منخفضة في الماء والمحاليل الملحية ويعود ذلك إلى محتواه المنخفض من الأحماض الأمينية ذات الجذور القطبية ومحتوى عالي من الأحماض الأمينية ذات الجذور غير القطبية بالإضافة إلى محتوى عالي من الغلوتامين. تعدُّ كمية البروتين بالدقيق من أهم العوامل المؤثرة في امتصاص الدقيق للماء، إذ يمتص البروتين وحبيبات النشاء المتهتكة في الدقيق كميات أكبر من الماء مقارنةً مع حبيبات النشاء غير المتهتكة، ولذلك فإن الدقيق القوي (محتوى عالي من البروتين)، ودقيق الأقماح القاسية (محتوى عالي من حبيبات النشاء المتهتكة) يحتاج إلى ماء أكثر من الدقيق الضعيف (محتوى منخفض من البروتين) الناتج عن القمح الطري (محتوى منخفض من النشاء المتهتك) لتشكيل العجينة (Sapirstein *et al.*, 2018). عند تجميد العجين، يتحول الماء كليا أو جزئياً إلى الحالة الصلبة وبالتالي خفض درجة الحرارة إلى ما دون نقطة التجمد. يتسبب تحويل الماء إلى جليد أيضاً في حدوث تغييرات فيزيائية وكيميائية معقدة يمكن أن تسبب انخفاضاً في الجودة، خاصة إذا كانت طريقة الإعداد والتجميد غير كافية أو إذا لم تكن ظروف التخزين في الحالة المجمدة هي الأمثل (Bebić, 1974). يتطلب خفض درجة حرارة العجين تبديد الحرارة بدرجة أعلى بكثير لتغيير الحالة الفيزيائية للمياه في العجين من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة (Vujić, 1983). تكون درجة الحرارة عند سطح العجين منخفضة بدرجة متساوية، بينما داخل العجين، بسبب تجميد الماء، يكون انخفاض درجة الحرارة أبطأ بكثير. عندما تُحوّل أكبر كمية من الماء في وسط العجين إلى جليد، فإن عملية خفض درجة الحرارة تتسارع. في وسط العجين تظل درجة الحرارة ثابتة لبعض الوقت، حتى لحظة الوصول إلى نقطة التجمد (Kremić, 1989). خلال عملية التجميد، ينتقل خط التمييز بين الأجزاء المتجمدة وغير المتجمدة من السطح باتجاه مركز قطعة العجين. وعندما يصل خط التمييز إلى الوسط ويبدأ في تكوين الجليد فيه، يصبح التبادل

الداخلي للحرارة ومساواة درجة الحرارة في قطعة العجين بأكملها أكثر سرعة، ويرجع ذلك إلى زيادة درجة الحرارة، وانبعاث درجة الحرارة من السطح يكون ضئيل للغاية (Kremić, 1989). يمثل تشكيل الجليد أهم تحول مائي خلال تجميد العجين. بين قياس درجات الحرارة للعجين المجمد أنه في ظل الظروف العملية، يتحول حوالي53% من إجمالي محتوى الماء إلى جليد (Baier – Schenk, 2005). لا يتبلور جزء من الماء الموجود في العجين المتجمد في أثناء التخزين إذا كانت طريقة التجميد سريعة بدرجة كافية (Cauvain, 2005). خلال التخزين على درجة حرارة التجميد (– 18 م^{o}) يتوسع حجم بلورة الثلج، وبعد ستة أشهر تصل البلورات إلى حوالي 500µm. يعتمد نمو بلورات الثلج أثناء تخزين العجينة في الحالة المتجمدة على كمية المياه غير الممتصة (الماء الحر)، لذلك من الضروري تقليل كمية المياه الحر في العجين المراد تجميده إلى الحد الأدنى، عن طريق الحد من كمية المياه المضافة في الخليط. توصل Räsäen J, (1998). إلى أن خفض كمية الماء المضاف إلى العجينة بحدود 2% يساعد في تحسين استقرار وثبات العجينة المجمدة في أثناء التخزين. تُعمل طريقة التجميد العالية (أعلى من5cm/h) على إضعاف إعادة تبلور الجليد (نمو بلورة الجليد) في العجين و تحسين خصائص الخبز للعجين المجمد (Baier – Schenk, 2005).

2-2-3- الملح:

يعتبر الملح عنصر وظيفي له دور وظيفي. يستخدم2.0 – 1.5% من الملح من وزن الدقيق. الملح له العديد من الآثار الوظيفية على العجين. الملح يقوي الغلوتين، يتحكم في تأثير الخميرة، ومن ثمّ يتحكم في حجم الرغيف، ويزيد من ثبات العجين، القساوة، والقدرة على الاحتفاظ بغازات التخمير. تزيد الأملاح المضافة من درجة حرارة جلتنة النشاء. ومع ذلك، يؤخر إضافة1% من الأملاح درجة حرارة ظهور جلتنة النشا لدقيق القمح بمقدار 5 إلى 10 درجات مئوية (tauffer, 1993). استخدام كمية قليلة من الملح في العجين يحسن النكهة وينشط عمل أنزيم الأميليز مما يساعد على الحفاظ على كمية من المالتوز كغذاء للخميرة. يثبط الملح تأثير أنزيمات البروتين في الدقيق. خميرة العجين بدون ملح لزجة ويصعب التلاعب بها. في منتجات العجين المجمد، يبطئ الملح إنتاج ثاني أكسيد الكربون بواسطة الخميرة مما يؤخر تخمرها (CharleyWeaver , 1997). يحسن الملح طعم المعجنات،

وله تأثير في نشاط الخميرة في أثناء عملية تخمر العجينة، كما يؤثر في سرعة عملية التخمر بالعجين (Canja and Luchian, 2013). يساعد الملح في زيادة القدرة على الاحتفاظ بالماء في العجين (Tuhumury, 2014).

2-2-4-الزيت:

أكدت الدراسات العلمية على أن الزيت أهم مصدر غذائي لمحتواه المرتفع من المركبات الفينولية والمضادة للأكسدة التي لها تأثير إيجابي في المعجنات (Hernáez *et al.*, 2019).

2-2-5- الخميرة:

خميرة الخباز (*Saccharomyces cerevisiae*) هي الخميرة الأكثر شيوعاً المستخدمة في صناعة الخبز. تستقلب خلايا الخميرة السكريات القابلة للتخمير تحت ظروف لاهوائية وتنتج ثاني أكسيد الكربون، الذي يعمل كعامل تخمير ويوسع حجم العجين إلى المستوى المطلوب. كما تدعم الخميرة تشكل شبكة الغلوتين وإنتاج المركب العطري. وتحسن نكهة الخبز بعملية التخمير بإنتاج مركب كيميائي معقد من خلال تفاعلات ميلارد (Stauffer, 1993). تركيز الخميرة الشائع في تشكيل العجين هو حوالي 2 %. تؤثر كمية الخميرة في العجين تأثيراً مباشراً على معدل إنتاج الغاز. كلما طال زمن التخمير أدى إلى انخفاض مستوى نشاط الخميرة. مع زيادة درجة حرارة العجين، يزداد معدل إنتاج الغاز (Stauffer and Kamel , 1993 ;Oliver and Tuite, 1991). تتوفر خلايا الخميرة النشطة كعجينة مضغوطة أو في صورة مجففة. تنتج الخميرة الجافة النشطة عن طريق بثق عجين الخميرة في خيوط رفيعة، التي تجفّف إلى محتوى رطوبة منخفض (Charley*r*Weave, 1997).

2-2-6- السكر:

تحوّل الخميرة السكر إلى ثاني أكسيد الكربون في أثناء تخمير العجين، إذ يعدُّ السكر مصدراً أساسياً للطاقة. عادةً ما تستخدم السكريات من الخميرة بالمراحل المبكرة من التخمير. في وقت لاحق يُطلق المزيد من السكريات عن طريق تأثير الإنزيمات في الدقيق ثم استخدامها لإنتاج الغاز. يعتمد تركيز السكر المستخدم في العجين على نوع المنتج

وخصائص القشرة المرغوبة. يضاف السكر لتوفير نكهة لطيفة ولون القشرة المطلوب (Sahlstrom, 2004). في العجين المجمد، ينصح بارتفاع مستوى السكر قليلاً عن عجين الخبز غير المجمد. ارتفاع مستوى السكر في العجين المجمد يعطي خصائص استرطابية (ماص للرطوبة)، مما يزيد من كمية الماء الممتصة. لذلك، تنخفض كمية المياه الحرة في العجين ويمكن تقليل أضرار الخميرة (Kamel and Stauffer, 1993). تعمل السكريات أيضاً كمواد مضادة للدونة و تعمل كمواد أولية مضادة للتعفن بحيث تمنع تبلور النشا (Slade *and* Levine , 1990).

2-3-استخدام المحسنات لتحسين جودة خبز العجين المجمد:

المحسنات عبارة عن مجموعة من المركبات النشطة المخصصة لتسهيل صناعة المخبوزات وزيادة انتظام عملية التصنيع مع زيادة جودة المنتج النهائي(Msagati, 2013) . وتقسم محسنات الدقيق تبعاً لتأثيرها على غلوتين الدقيق إلى مجموعتين أساسيتين: المجموعة الأولى: المحسنات ذات الفعل المحسن للغلوتين الضعيف كحمض الأسكوربيك والبرومات ودقيق الصويا والغلوتين الحيوي، إذ تعمل هذه المحسنات على زياد قابلية العجينة للتمدد وزيادة تحملها للخلط بالإضافة إلى مساهمتها في زيادة حجم الرغيف الناتج وتحسين قوامه. المجموعة الثانية: المحسنات ذات الفعل المحسن للغلوتين القوي وهي تقوم بفعل معاكس لمحسنات النوع الأول وتشمل الأنزيمات المحللة للبروتين والسيستئين حيث تساهم في زيادة ليونة الدقيق مما ينعكس إيجاباً على خفض الزمن اللازم لعملية العجن وغالباً ما تستخدم مع أصناف القمح القاسي. وتعد الأنزيمات بديلاً امناً للمحسنات الكيميائية والمواد المضافة. الدقيق الذي يحتوي على غلوتين قوي مقارنةً بالدقيق الذي يحتوي على غلوتين ضعيف له القدرة على تكوين عجينة مرنة ومطاطه قابله للإحتفاظ بالغازات الناتجة أثناء التخمير مما يعطي رغيف له خواص جودة عالية (Narpinder et al., 2000) بالإضافة للنوعين السابقين توجد محسنات أخرى تضاف إلى الدقيق وتؤثر في الخواص الريولوجية للعجينة مما ينعكس إيجاباً على جودة المنتج النهائي، وتشمل عوامل الاستحلاب والمواد الدسمة وشراب الغلوكوز والحليب ومغذيات الخميرة والمستحضرات الأنزيمية (Belitz *et al.*, 2009) .

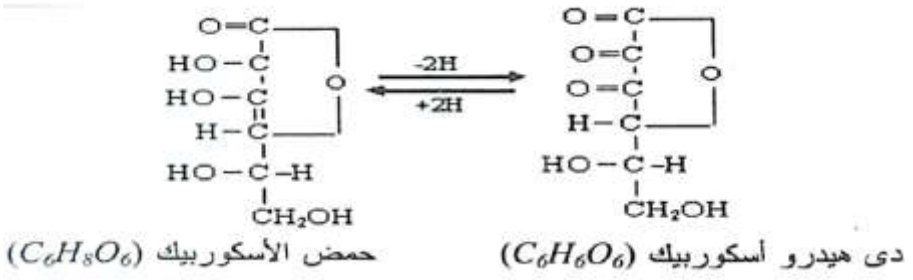
2-3-1 غلوتين القمح الحيوي:

وهو مادة بروتينية تنتج كناتج ثانوي عن عملية تحضير نشاء القمح. يتميز الغلوتين بخواص فريدة من حيث اللزوجة والمرونة، لذلك فهو يستخدم على نطاق واسع في العديد من المجالات على صعيد الصناعات الغذائية. ونخص بالذكر على سبيل المثال لا الحصر أنواع العجين والكعك وحبوب الإفطار ومنتجات اللحوم أو بدائل اللحوم، بالإضافة إلى الأغذية النباتية (Manley, 2000). يُستحصل على الغلوتين الحيوي من القمح بطريقة خاصة حيث تُحضّر أولاً العجينة عن طريق خلط دقيق القمح مع كمية كافية من الماء بعد ذلك توضع العجينة الناتجة داخل مناخل اسطوانية دوارة وتُجرى عملية غسيل للعجينة بإمرار تيار من الماء داخل هذه المناخل بحيث يتم التخلص من النشاء مع مياه الغسيل التي تمر عبر ثقوب المناخل في حين يبقى الغلوتين داخل المناخل الاسطوانية على شكل كتلة لزجة مطاطية، تخضع هذه الكتلة لعملية طرد مركزي باستخدام مصافي خاصة بهدف التخلص من بقايا مياه الغسيل المستخدمة. بعد ذلك تتم عملية تجفيف الكتلة المتبقية ثم تُطحن وتُنخل لتصبح على شكل مسحوق جاف جاهز للاستخدام (Day *et al.*, 2006) بحسب ما ورد بالدستور الغذائي (Codex Stander, 2001) . يجب ألا تقل نسبة البروتين في مسحوق الغلوتين الجاف عن 80%، أما الرطوبة فيجب ألا تزيد عن 10%، والرماد لا يزيد عن 2%، والدسم لا يزيد عن 2% والألياف لا تزيد عن 1.5% (Day, 2011; Codex Standard, 2001). شهد العالم مؤخراً زيادة ملحوظة في الطلب على البروتينات ذات المصدر النباتي الأمر الذي أدى إلى زيادة إنتاج غلوتين القمح الحيوي وذلك يعود إلى الخواص الفريدة التي يتمتع بها من ناحية اللزوجة والمطاطية والقدرة على امتصاص الماء والخصائص الحرارية. بينت الأبحاث قدرة الغلوتين الحيوي على زيادة قوة الدقيق وثباتية العجينة ومدى تحملها للخلط كما ويساهم في زيادة قدرة الشبكة الغلوتينية على الاحتفاظ بالغاز مما ينعكس إيجاباً في زيادة حجم الرغيف. عُدَّت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA)الغلوتين الحيوي مادة مضافة أمنة وذلك لاستخدامه كمادة محسنة للدقيق كما ويتوافق الغلوتين الحيوي مع المعايير والمتطلبات الدولية التي نصت عليها لجنة الخبراء المشتركة المعنية بالمواد المضافة للأغذية والتابعة لمنظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة (Day, 2011). بيّن (Codina *et al.*, 2008) أن إضافة غلوتين القمح

الحيوي إلى دقيق القمح متوسط النوعية أدى إلى تحسن ملموس في صفات العجين الناتج سواء من ناحية الخواص الفيزيائية (زيادة في حجم الرغيف) أو الخواص الحسية (القوام والنكهة) إذ إنّ هذا التحسن يشكل نتيجة ملموسة للتحسن الحاصل في الصفات الريولوجية للعجينة. أكدت الدراسات على حدوث زيادة معنوية في مقاومة العجينة للشد وزيادة تحملها للخلط مع نقصان واضح في مؤشر المرونة وذلك عند تدعيم الدقيق بنسبة 3% غلوتين حيوي مع الأخذ بعين الاعتبار نوعية الدقيق المستخدم (Codina and Paslaru, 2008; Boz *et al.*, 2010) ودرس (Boz and Karaolu, 2001) إمكانية تحسين جودة العجين المصنوع من دقيق القمح الكامل عن طريق إضافة مولت شعير بنسبة 2%، والغلوتين الحيوي بنسبة 2.5%، حيث تم خلط المولت والغلوتين معاً، وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن إضافة المولت والغلوتين معاً بالنسب السابقة أدت إلى تحسن واضح في جودة العجين الناتج من حيث اللون وحجم الرغيف. وفي دراسة أخرى لوحظ حدوث تحسن ملموس في المؤشرات الريولوجية للعجينة مع زيادة معنوية في امتصاصية الدقيق للماء عند تدعيم دقيق القمح القوي بمولت الشعير (Nechita *et al.*, 2009). يحتوي دقيق العجين المجمد على مستوى بروتين أعلى من مثيلاته المستخدمة في منتجات العجين غير المجمدة. عادةً، يفضل محتوى البروتين من11% إلى13%، مع انخفاض مستوى النشا المتضرر (Marston, 1978). إذا لزم الأمر، يمكن إضافة غلوتين القمح الحيوي لتعزيز مستوى الغلوتين. زيادة 1% من غلوتين القمح الحيوي يزيد من إجمالي البروتين الفعّال بنحو0.6 % والامتصاص حوالي1.5 % (Rogers , 2004).

2-3-2 حمض الأسكوربيك:

حمض الأسكوربيك (AA) ($C_6H_8O_6$) معروف أيضاً باسم فيتامين C وهو منتشر في الطبيعة وموجود بكثرة في الحمضيات والفليفلة وقد عرف عنه أنه له أهمية فيزيولوجية وغذائية خاصة ولا يعمل حمض الأسكوربيك كفيتامين فحسب بل يضاف إلى المنتجات الغذائية كي يحسن نوعيتها. وقد استعمل لسنين عديدة في التصنيع الغذائي كمادة مضافة للأغذية، بالإضافة إلى خواصه المضادة للأكسدة يتميز حمض الأسكوربيك بفعله المحسن للدقيق مما جعله المحسن الأكثر أهمية في صناعة المخبوزات إذ يقوم بأكسدة مجموعات (-SH) في العجينة فتغدو العجينة الناتجة أقوى وأكثر جفافاً مع زيادة في حجم الرغيف (Shewry and Tatham, 2000). يعد حمض الأسكوربيك عامل اختزال (أو يُسمى أحيانًا مضاد للأكسدة)، يجب أولاً أكسدته إلى L حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين(DHA) (الشكل 2) لكي يعمل بمثابة مؤكسد (Cauvain *et al.*, 2001; pyler, 1988). قد يخلق حمض الأسكوربيك روابط $S - S-$ (ثاني كبريتيد) التي تعزز شبكة الغلوتين، وبالتالي تحسين الاحتفاظ بغاز العجين (Selomulyo and Zhou, 2006 ;Cauvain *et al.*, 2011). علاوة على ذلك، يوفر حمض الأسكوربيك فوائد أخرى لصنع الخبز، مثل توفير المقاومة للعجين أثناء الخلط، وزيادة حجم العجين أثناء أول 10-12 دقيقة من الخَبز بسبب زيادة معدل التخمير، أي بعد وضع الرغيف في الفرن وقبل أن تتصلب القشرة وتحمر. لا يمكن لحمض الأسكوربيك أن يزيد من أكسدة العجين. وبالتالي، فإن حمض الأسكوربيك هو الأنسب لنظم صناعة العجين في أي وقت من الأوقات (Cauvain *et al.*, 2011).



الشكل (2): تفاعل حمض الأسكوربيك في العجين

الغرض من المواد المؤكسدة، برومات البوتاسيوم وحمض الأسكوربيك، هو تحسين جودة الخبز وحجم المنتج النهائي (Cauvain and Young, 2001). لا يزيد استخدام حمض الأسكوربيك وحده من حجم رغيف الخبز بدرجة كبيرة. على الرغم من أن برومات البوتاسيوم مؤكسد قوي معروف، إلا أن استخدام برومات البوتاسيوم وحده لا يزيد من حجم المنتج النهائي بقدر مزيج برومات البوتاسيوم وحمض الأسكوربيك لأن هذين المؤكسدين لهما معدلات تفاعل مختلفة. وفقاً لـ (Pyler, 1988)، يوفر مزيج برومات البوتاسيوم و حمض الأسكوربيك أفضل حجم رغيف في مجموعة الاختبار هذه. وجدت نتائج تجريبية مماثلة في دراسة (Bushuk and Inoue , 1991). أشار المؤلفون إلى أنه بالمقارنة مع استخدام حمض الأسكوربيك وحده، فإن مزيج برومات البوتاسيوم وحمض الأسكوربيك يعزز العجين ويحسن من إمكانية الخبز للعجين المجمد. لقد ازداد الاهتمام باستعمال حمض الأسكوربيك لتحسين نوعية العجين في السنوات الأخيرة، ويعود السبب في ذلك إلى حظر العديد من الدول استعمال برومات ويودات البوتاسيوم كمواد مضافة في صناعة العجين، إضافة إلى أن هذا الحمض يعد ناتج طبيعي ضروري للإنسان (فيتامين C)، (lmeida EL, 2012). ويُعدُّ حمض الأسكوربيك أهم مادة تضاف بهدف الأكسدة .يضاف حمض الأسكوربيك إما على شكل مسحوق إلى الدقيق في المطحنة أو في أثناء تحضير العجين في مصانع العجين، وتتعلق جرعاته المضافة بنوعية الدقيق وقوته وطريقة تحضير العجين. تتراوح نسب استخدامه في الطرق المعتادة لتحضير العجين (10−30) ppm بالنسبة للدقيق القوي نوع أول و(30−50) ppm بالنسبة للدقيق ذو نسبة الاستخراج المرتفعة. لا تؤثر زيادة النسب المضافة من حمض الأسكوربيك سلبياً على خواص العجين ونوعية العجين على عكس برومات ويودات البوتاسيوم(Renzetti S, Dal Bello F, 2008) . لجعل عملية التصنيع آمنة قدر الإمكان يجب أن يكون لحبيبات حمض الأسكوربيك حجم معروف بدقة .فإذا كانت الحبيبات صغيرة جداً فمن الممكن أن تتحول إلى كتل مصمتة، لذلك يجب تصنيع حمض الأسكوربيك بدقة وحذر شديدين .التوزع المتجانس لحمض الأسكوربيك ضمن الدقيق يعتمد اعتماداً كبيراً على حجم الحبيبات (Renzetti S, Dal Bello F, 2008). يقوم حمض الأسكوربيك بتشكيل جسور الربط في السيستئين التي تعمل على تقوية البروتينات ويصبح أكثر قدرة على حجز الغازات المتشكلة،

ومن ثمّ يصبح احتجازه لغاز CO_2 أثناء التخمير والشواء أكبر ومن ثمّ حجم العجين الناتج يكون أكبر ويصبح العجين ذو مسامات أنعم وأكثر تجانساً (Renzetti and Dal Bello, 2008). كذلك يعمل حمض الأسكوربيك في دقيق القمح على حفظ قوام العجين في الفارينوغراف، وعند إضافته للعجين فإنه يقلل من زمن الاستراحة ويسرع عملية النضج ويزيد حجم العجين ويؤمن مسامات صغيرة ومتجانسة (lmeida EL, 2012). بينت الدراسات أن التأثير التحسيني لا يعود للحمض نفسه الذي يعدُّ مرجعاً فعالاً، بل يعود لناتج أكسدته (حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين) والذي يتشكل في العجين تحت تأثير إنزيم أسكربينات أكسيداز (lmeida EL, 2012) لا يقوم حمض الأسكوربيك بمفعوله مباشرة على البروتين، ولكن يعمل على حماية فقدان ثباتية البروتين وذلك بإبطال مفعول الغلوتاتيون الذي يتواجد بشكل طبيعي في الدقيق وله تأثير معاكس مضعف للغلوتين. وهذا الأمر ممكن فقط في حال تأكسد حمض الأسكوربيك إلى حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين في بداية عملية العجن بمساعدة الأنزيمات المتواجدة في الدقيق (أوكسيداز حمض الأسكوربيك وديهايدروجيناز الغلوتاتيون) كما ذُكر سابقاً، في هذه العملية يتأكسد الغلوتاتيون إلى ثنائي كبريت الغلوتايتون وهذا يمنع من تأثير الغلوتاتيون المضعف للغلوتين حيث أن وجوده بتراكيز أعلى تؤدي إلى اعطاء عجينة أكثر طراوة وعلى درجة أقل في المرونة (Renzetti S, Dal Bello F, 2008). وبما أنه يحتاج إلى وسط من الأوكسجين لذا لا يمكن استخدامه في العجنات ذات النظام المستمر المغلق، ومن ناحية أخرى يعتبر حمض الأسكوربيك ذو تأثير مبيض في الدقيق أيضاً(Renzetti S, Dal Bello F, 2008). في السنوات الأخيرة، أُجريت العديد من الأبحاث لتحسين جودة وتنوع تركيبات العجين، وتعود النتائج إلى تحقيق صيغ وتقنيات مختلفة في تحضير وتجهيز العجين. كان الهدف هو تحسين جودة العجين والحصول على طريقة جديدة لتحسين تقنية العجين ومدة الصلاحية والقيمة الغذائية للعجين. بالنظر إلى الطلب المتزايد والحاجة إلى العجين الطازج والإنتاج عالي الجودة، تم اقتراح طرق جديدة مثل التجميد والتطبيق الأمثل للتعبئة وأنواع المواد المضافة (الغرويات المائية, المستحلبات والأنزيمات في تركيبة العجين (Ribotta *et al.*, 2008; Barcenas and Rosell, 2007). تقنية العجين المخبوز جزئياً هي طريقة لإنتاج العجين بحيث تتشكل شبكة الغلوتين، دون الوصول إلى تفاعلات لون القشرة

والتجمد من أجل منع الوصول إلى العجين البائت وإطالة العمر الافتراضي للعجين (Vulicevic *et al.*, 2004; Barcenas and Rosell, 2006, 2007). تشمل العوامل الرئيسية التي تؤثر على عمر تخزين العجين المجمد ما يلي: تركيب المنتج ومعالجته وتعبئته وظروف تخزينه (Vulicevic *et al.*, 2004). يستخدم حمض الأسكوربيك في منتجات المخابز بسبب خصائص الأكسدة التي تؤدي إلى تقوية شبكة الغلوتين نتيجة أكسدة SH لبروتين الغلوتين إلى روابط S – S للحفاظ على خلايا الغاز وتليين الفتات وزيادة حجم العجين (Waserman, 2000; Cauvain and Yong, 2005). وقد وضح (Koehler, 2003a,b)الآلية التي يقوم فيها حمض الأسكوربيك بالفعل المحسن للدقيق على الشكل التالي:

أولاً: يؤكسد حمض الأسكوربيك إلى حمض دي هايدروأسكوربيك وذلك بوجود أنزيم أسكوربيك أسيد أوكسيداز ويمكن أن تتم عملية التنشيط بواسطة شوارد معدنية كالنحاس والحديد.

ثانياً: تتم عملية إرجاع دي هايدرو حمض الأسكوربيك إلى حمض الأسكوربيك بصورة مترافقة مع أكسدة مجموعات السلفا هيدريل الموجودة في العجينة الأمر الذي يؤدي إلى حصول الفعل المحسن للدقيق وينشط هذا التفاعل بواسطة أنزيم أخر وهو أنزيم دي هايدرو حمض الأسكوربيك ريدكتاز.

أكدت الدراسات أن تدعيم دقيق القمح بحمض الأسكوربيك أسهم بتحسن الصفات الحسية للعجين الناتج (زيادة حجم الرغيف، زيادة الطراوة وتحسن القوام) مع الأخذ بعين الاعتبار نوعية الدقيق المستخدم، إذ ظهر الفعل المحسن لحمض الأسكوربيك بشكل أكثر وضوحاً في أنواع الدقيق المنخفضة النوعية وذات المحتوى المنخفض من البروتين وذلك بتحسن واضح في مؤشرات القدرة والمطاطية مع انخفاض معنوي في مرونة العجينة (Aamodt, 2003). وفي سياق متصل وجد أن حمض الأسكوربيك يسهم في تحسين الدقيق أو المحتوى المنخفض من الرماد (نسبة استخراج منخفضة) بشكل أكبر مقارنة بالدقيق الذي يحتوي على نسبة مرتفعة من الرماد (نسبة استخراج مرتفعة) (Hruskova and Novotna, 2003). أشارت دراسات سابقة إلى أن تأثير إضافة حمض الأسكوربيك في سلوك العجين المخمر يعتمد على تركيبة

الدقيق خاصةً في مرحلة التخمير، إذ يقل تأثيره في العجين المتخمر تأثيراً كبيراً بسبب وجود الخميرة التي تجعل الظروف أكثر لاهوائيةً، ولكن بعد ترييح العجين، يكون لحمض الأسكوربيك تأثير ملحوظ في تقوية شبكة الغلوتين بسبب زيادة الارتباط المتبادل لبروتيناته، ويحدث التأثير المؤكسد في الغالب في أثناء استراحة العجين، وإن آلية تحسين حمض الأسكوربيك للخصائص الانسيابية لعجينة الدقيق والماء ترجع في الغالب إلى تطوير قدرته على التبرع بالإلكترون والمنتجات التفاعلية مثل O_2 (Baratto *et al.*, 2016; Novotná and Hrušková, 2003).

2-4 تأثير طريقة التجميد وزمن التخزين في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة:

استخدامت تقنية خبز العجين المجمد مؤخراً لأنها تعمل على تحسين ظروف العمل في صناعة المخابز وتمكن المستهلكين من شراء الخبز الطازج (Sasano *et al.*, 2012). وكما تبين أن عمليات التجميد تزيد فترة الصلاحية وتحافظ على طراوة المنتجات (Meziani *et al.*, 2012; Angioloni *et al.*, 2008)، ومع ذلك، يمكن أن يؤدي استخدام العجين المجمد إلى مشاكل مثل تغيير خصائص العجين وفقدان الاستقرار أثناء التخزين على المدى الطويل في الحالة المجمدة (Dodic *et al.*, 2007; Bushuk and Inoue, 1992). المنتجات المجمدة ليست مستقرة بشكل غير محدد بل تتدهور تدريجياً حتى تصل إلى نوعية غير مقبولة، ينعكس فقدان الجودة هذا في انخفاض حجم العجين وزيادة وقت التخمير مقارنةً بالعجين المعد باستخدام الأساليب التقليدية (Stauffer, 1993). يقدر العمر التخزيني (فترة الصلاحية) للعجين المجمد لمدة تتراوح من 8 إلى 9 أسابيع إذا لم يتم إساءة استخدام العجين في أثناء النقل والتخزين المجمد (Meziani *et al.*, 2012)، ومع ذلك، يرتبط انخفاض حجم العجين المجمد بالظواهر التي تحدث في أثناء التجميد والتخزين المجمد وهي انخفاض قدرة الخميرة للتخمير و فقدان سلامة شبكة الغلوتين، إذ يؤثر هذا السلوك في قابلية تشكيل العجين، مما يخلق مشكلة في السلسلة الصناعية (تقلل من مدة صلاحية العجين)، لأن جودة العجين تقل (انخفاض المقاومة أثناء التخمير) (Zhou and Selomulyo, 2007) وإن انخفاض المقاومة يؤدي إلى عدم تشكل شبكة غلوتين العجين، وهذا الأخير يؤدي إلى فقدان الحجم عند الخبز، ومن المحتمل أن تكون هذه الظواهر

ناتجة عن إعادة التوزيع غير المتساوي للماء في مصفوفة العجين أثناء التجميد (Giannou and Tzia, 2007). من ناحية أخرى، أظهر (Gormley *et al.*, 2002) أن تقلبات درجة الحرارة أثناء التخزين والنقل تغير جودة العجين المجمد بسبب إعادة التبلور، وفي الواقع، تعتمد القوة الغازية للخميرة على عدد خلايا الخميرة، السلالة، الحالة الفيزيولوجية للخميرة وكمية السكريات القابلة للتخمير (Verstrepen *et al.*, 2003). في صناعة الخبز، تتعرض خميرة الخباز في أثناء التجميد للعديد من التأثيرات مثل تمدد الماء المتجمد, التجفيف بالهواء وتركيزات السكروز العالية (*et al.*, Sasano 2012)، إذ يتسبب التجميد ومعالجات الإذابة اللاحقة في إلحاق ضرر شديد بخلايا الخميرة وتقليل قدرة التخمير، لهذا السبب، تكون خميرة الخباز التي تتحمل إجهادات التجميد مرغوبة للغاية، ومن المعروف أن خلايا الخميرة المخبرية تحفز تصنيع التريهلوز ، تحت ضغوط مختلفة ، والتريهلوز هو سكر ثنائي يتكون من جزيئين من الجلوكوز ، له تركيب وخصائص كيميائية مماثلة لتلك الموجودة في السكروز . يعتبر التريهلوز مفيداً في الصناعات الغذائية نظراً لقدرته على تحمل الأحماض والحرارة العالية (Takagi and Kaino, 2008)، وأن وظائف التريهلوز المتراكمة تعمل كحماية للضغط (Shima *et al.*, 2010). ولقد استخدم حجم ثاني أكسيد الكربون المنتج كمقياس لنشاط الخميرة، لأنه ينتج إنتاجاً أساسياً بواسطة الخميرة، وأفادت دراسات مختلفة عن تأثير التجميد في خصائص الخميرة والتي تشكل مصدر قلق كبير في صناعة العجين المجمد (Meziani *et al.*, 2012). يعدُّ بقاء الخميرة والاحتفاظ بالغاز مشكلة كبيرة، حيث يسبب التجميد والتخزين المجمد للعجين في خسائر كبيرة في عدد خلايا الخميرة الصالحة، وتصبح نصف عدد الخلايا الأصلية غير صالحة بعد 90 يوم من التخزين المجمد (Selomulyo, 2007; Ribotta *et al.*, 2003 Zhou and). بحث (Meziani *et al.*, 2012) في نوعين من العجين، عجين بسيط التخمير وعجين مزدوج التخمير، لتقدير العمر التخزيني للعجين، أظهرت النتائج أنه كلما طال وقت التخزين المجمد عند درجة الحرارة (−40 °م) كلما انخفضت جودة العجين المجمد، إذ تنخفض الصفات الريولوجية مثل الصلابة، المرونة (الارتداد) ونشاط الخميرة كبيراً في أثناء التخزين المجمدة. يشار إلى أن أضرار التجميد على الخميرة هي العامل الرئيسي الذي يسهم في فقدان الجودة، وفي أثناء التخزين المجمد تتضرر خلايا الخميرة، ومن ثم يُطلق الغلوتاثيون الذي يضعف العجين عن طريق انفصال

روابط تنائي الكبريتيد في الغلوتين، بالإضافة إلى ذلك، يرجع زمن التخمير الطويل وحجم الخبز الأصغر إلى فقدان خلايا الخميرة المتضررة بالتجميد قدرتها على إنتاج الغاز، وكما يؤدي التقلب الشديد في درجات الحرارة في أثناء التخزين والنقل أيضاً إلى زيادة حجم البلورة الجليدية ومن ثم تفاقم أضرار التجميد على الخميرة (Shi *et al.*, 2013; Gomez and Rosell, 2007). تقليدياً، لمقاومة المواد المخففة المنبعثة مثل الغلوتاثيون، تضاف المواد المؤكسدة مثل برومات البوتاسيوم إلى العجين المجمد المخمر، ومع ذلك، فإن اختيار وعزل سلالات الخميرة المقاومة لعملية التجميد تجذب كثيراً من الجهود العلمية (Shima *et al.*, 2010; Shi *et al.*, 2013). تعتمد قدرة الخميرة لتشكيل الغاز على الإجهاد وعدد خلايا الخميرة والنشاط الخلوي وكمية السكريات القابلة للتخمير، وتكون السكريات القابلة للتخمير بنسبة1% في دقيق القمح غير كافية لدعم نمو الخميرة وتحتاج إلى تعزيز بالسكريات الإضافية المنتجة من النشاء عن طريق نشاط أنزيم الأميلاز. تتأثر قوة الخميرة أيضاً بالتخزين المجمد بمعدل التجميد والذوبان، درجة حرارة التخزين المجمد ومدته ودورات التجميد– الإذابة (Zhou and Selomulyo, 2007). ذكرت أسباب مختلفة لشرح تأخير التخمير هذا، أولاً، قد تتدهور صلاحية الخميرة وقدرتها على التخمر في أثناء عملية التجميد. في الواقع، يحدث تحلل الخميرة أثناء التجمد وفقدان سلامة شبكة الغلوتين يسبب انخفاض القدرة على الاحتفاظ بثاني أكسيد الكربون في أثناء التخمير (Meziani *et al.*, 2011). لوحظ وجود تأثيراً معنوياً سلبياً لزمن التخزين في نشاط الخميرة، إذ انخفضت قيم قوة التخمر للعينات جميعها في طريقتي التجميد مع ازدياد زمن التخزين المجمد، ويمكن أن ينتج ضعف احتباس الغاز في أثناء ترييح العجين عن تلف شبكة بروتين الغلوتين ثلاثية الأبعاد، وإطلاق مواد مختزلة مثل الجلوتاثيون من الخميرة في أثناء التجميد (Smail *et al.*, 2012). من جهة أخرى، اختلفت طريقتي التجميد معنوياً في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنتج في أثناء التخمير، حيث أبدت الطريقة البطيئة قوة تخمر أعلى من الطريقة السريعة للعينات جميعها وعند كل مدّة تخزين، ويعود ذلك إلى أن التجميد السريع يقلل من عدد خلايا الخميرة وقوة الغاز (Ribotta *et al.*, 2003). أظهرت الدراسات الميكروسكوبية للعجائن المجمدة أنه في أثناء التجميد هناك أيضاً تأثيرات سلبية في بنية العجين، حيث تنهار شبكة الغلوتين عند تعرضها للتجميد والذوبان، وربطت ذلك بالتغيرات في الخصائص الريولوجية

للعجين (Esselink *et al.*, 2003). بينت دراسات سابقة أيضاً أن مدّة التخزين المجمد كان لها تأثيراً سلبياً على صلابة العجين ونعومته وقابليته للالتصاق

(Meziani *et al.*, 2012; Angioloni *et al.*, 2008)، وفقاً ل (Esteller *et al.*, 2004) تحدث التغييرات في روابط ثنائي الكبريتيد والهيدروجين والأيونات في أثناء التخزين المجمد، مما يؤدي إلى اختلال تدريجي في بنية العجين، لذلك، قد يكون الانخفاض في التجاذب بين الجزيئات بين مكونات العجين المجمد في أثناء التخزين هو سبب تراكم العجين وبالتالي زيادة الالتصاق. أصبح نظام التجميد الميكانيكي مقبولاً على نطاق واسع وكان من الطرق التجارية الرئيسية لفترة طويلة من الزمن. يمكن تصنيف تقنيات التجميد على أنها ميكانيكية (مثل المجمّدات بالصدمة، الألواح، الحلزونية، الغمر، الحزام أو المجمدات ذات الطبقة المميعة) والتبريد العالي (الكريوجين)، الذي يحدث في درجات حرارة أقل بكثير من التجميد الميكانيكي للأطعمة، هو نصف عمر التجميد الميكانيكي. ومع ذلك، اتخذت عملية التجميد موقعاً ناجحاً في الصناعة بسبب العديد من الفوائد

(Roman-*et al.*, 2002; Ribotta *et al.*, 2001; Venetucci,1995; Löndail and Persson, 1993 ;Bhattacharya *et al.*,2003; Gutierrez).

تتدهور الجودة العامة لعجين الخبز تدريجياً في أثناء التخزين المجمد

(Le Bai *et al.*, 1999 a ; Bushuk and Inoue, 1992; Vanderplaat and Neyreneuf , 1991 ;Kenny and Ribotta *et al.*, 2001 *et al.*,2001 a 1999 ; Grant and Lu).

المظاهر الملاحظة لفقدان جودة الخبز التي تمت ملاحظتها هي كما يلي: تتطلب العجينة المذابة وقتاً أطول للتخمير، وتُظهر الأرغفة المخبوزة سطح مسطح، وتظهر الأرغفة المخمرة زيادة مفاجئة أقل بشكل تدريجي والهيكل الداخلي للخبز يصبح أكثر خشونة. يمكن أن يرجع السبب في بعض الحالات إلى الانخفاض في فعالية الخميرة; ومع ذلك، فإن الأعراض الأخرى ترجع إلى انخفاض الارتباط المتبادل للغلوتين الناجم عن إعادة تبلور الجليد، وإطلاق المواد المختزلة من الخميرة، وإعادة توزيع المياه الناجمة عن تعديل في قدرة الربط المائي لعناصر العجين

Sinda and Ribotta Autio, 1992; Bushuk and Inoue, 1991; Varrianomarston *et al.*, 1980) (Ribotta *et al.*, 2003 b; *et al.*, 2001*;* هذه الظواهر العديدة هي التغييرات الرئيسية لتدهور نوعية العجين المجمد.

2-5 آثار تشكيل الجليد وإعادة توزيع الماء على الخميرة:

التجميد هو عملية فيزيائية يتحول فيها السائل الموجود الى حالة صلبة. يتغير طور الجليد الصلب أيضاً، حيث تنمو بلورات الجليد الصغيرة لتشكل بلورات كبيرة. مكونات الطور السائل في العجين المتجمد تكون في حالة شبه مستقرة. التغييرات في درجة الحرارة أثناء التخزين المجمد تسبب هجرة الماء وبالتالي فقدان الرطوبة في بعض مكونات العجين. على سبيل المثال، إذا كانت أغشية خلايا الخميرة سليمة أو تقاوم مرور الجليد، فهناك قوة دافعة ناتجة عن تجفيف الخلايا عن طريق الضغط الاسموزي. بشكل جماعي، يؤثر تغيير درجة pH، الضغط الاسموزي وهجرة الماء الناتجة عن التجميد على جودة العجين المجمد (Kulp *et al.*, 1995; Foy and Casey, 1995).

يوجد طريقتين لتجميد العجائن (Jihee, 2008): التجميد البطيء: تجميد العجائن في مدة لا تقل عن 20 ساعة بدرجة حرارة من −5 إلى −10 درجة مئوية، حجم بلورات الثلج المتكونة كبيرة نسبياً مما يسبب تلف ميكانيكي ضار على الأنسجة وتتكون هذه البلورات الثلجية خارج الخلايا وهذا يؤدي إلى زيادة كمية السائل المنفصل أثناء عملية الصهر وتصل إلى 20 % مما يؤدي إلى فقد العجائن لخواصها، ويؤدي طول المدة التي تتعرض فيها المادة على درجات حرارة مرتفعة نسبياً قبل تجميدها إلى نشاط الأحياء الدقيقة. أما التجميد السريع يتم تجميد العجائن في مدة 30 دقيقة بدرجة حرارة من −30 إلى −40 درجة مئوية، حجم بلورات الثلج المتكونة صغيرة ولا تسبب أي تلف للأنسجة وتتكون هذه البلورات الثلجية داخل الخلايا وهذا يؤدي إلى أن تكون كمية السائل المنفصل أثناء عملية الصهر قليلة جداً، وتصل إلى0.5 % مما يؤدي إلى المحافظة على القيمة الغذائية. يؤدي قصر المدة المستخدمة في التجميد إلى عدم نشاط الأحياء الدقيقة. اقترح (Lorenz and Kulp, 1990) أن تجميد الخميرة في العجين يزيد من حساسية تلف الخلايا مقارنة بالتجميد المباشر للخميرة لأن الخميرة في العجين كانت تحت الضغط الأسموزي وفي حالة تخمير فعّال. بالإضافة

إلى ذلك، تحتوي الخلية الموجودة في التخمير الفعال على غشاء بلازما أرق من الخلايا الخاملة. ومن ثم تصبح أكثر عرضة لتلف الخلايا. أيضاً، تتركز المركبات العضوية عن طريق تجميد الطور المائي، التي يمكن أن تسبب التحلل الذاتي لخلايا الخميرة (Stauffer, 1993; Casey, 1995 وFoy). في حالة تشكيل الجليد داخل الخلايا، من المحتمل أن ينمو الجليد في الخلايا نتيجة للتجميد في أثناء ذوبان الجليد. والجليد المتشكل في الخلايا يعطل بنية الخلية (Schmidt and Mazur, 1968). تشير الأبحاث إلى أن التأثير الضار في خلايا الخميرة المبردة بسرعة هو نمو بلورات الجليد داخل الخلايا بدلاً من تكوينها الأولي وأن الضرر الذي لوحظ في أثناء التسخين يمكن أن يحدث بسرعة كبيرة. خمّن (Mazur 1961; 1968;1970) بأن إعادة التبلور يسبب تمزق أغشية البلازما في العضيات الخلوية مثل الحبيبات الخيطية (الميتوكوندريا). وقد تبين أن إعادة بلورة بلورات الجليد تؤدي إلى تعطيل المواد الهلامية للبروتين، وقد تبين أن الخلايا التي قتلت بسبب التلف داخل الخلايا تعاني من تلف الأغشية وتصبح ناضحة (Foy and Casey, 1995; Mazur, 1961; Mazur, 1970).

2-6 آثار التجميد على شبكة الغلوتين:

في الآونة الأخيرة، استخدم الباحثون (Esselink *et al.*, 2003b; Esselink *et al.*, 2003a) المجهر الإلكتروني لفحص تمزق شبكة الغلوتين للعجين المعرض للتجميد والذوبان وأن التغيرات في شبكة الغلوتين ترجع جزئياً إلى إعادة تبلور الجليد، مما يؤدي إلى زيادة حجم بلورات الجليد. من المعروف أن عملية تبلور الجليد تسبب فصل جزيئات الماء عن الجزيئات الكبيرة التي ترتبط بها عادةً. تؤثر هجرة الماء في العجين على بنية العجين (Rojas *et al.*, 2002; *Zheng et al.*, 2000; Donald and Bache, 1998). تتمزق الروابط التساهمية ويُعاد إصلاحها بتجميد عجين الخبز. إذ أن التفاعلات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث في أثناء التجميد والتخزين المجمد هي نتائج تكوين الجليد وتفاعلات الخميرة – العجين. التشكيل الجليدي مسؤول عن الاضطراب الفيزيائي للارتباط في العجين والخميرة. من المحتمل أن يؤدي فقدان الترابط إلى تغيير الترتيب المطابق لجزيئات البروتين، مما يؤثر سلباً

على خصائصها الوظيفية. تُنسب العوامل الكيميائية التي تمزق الروابط التساهمية (مثل ثنائي الكبريتيد بسبب تأثير الاختزال للغلوتاثيون) إلى التفاعل بين المركبات المرشحة من الخميرة ومصفوفة بروتين العجين المحيطة (Sinda and Autio, 1992).

2-7 آثار التجميد على بنية العجين:

قد تؤدي إصابة أغشية الخميرة الناتجة عن عملية التجميد والذوبان إلى إطلاق مكونات كيميائية معينة للخلايا، التي يمكن أن يكون لها آثار ضارة على بنية العجين مثل شبكة الغلوتين. ومع ذلك، كان لهؤلاء الباحثين آراء مختلفة حول آثار المواد المرتشحة، وخاصة الغلوتاتيون، على شبكة الغلوتين. في حين أن دراسات (Foy and Casey, 1995; Inoue and Bushuk, 1991; D'appolonia and Wolt, 1984a,b) افترضت أن المواد المرشحة، بما في ذلك الغلوتاتيون، يشاركون في شبكة الغلوتين. لوحظت حبيبات النشا، التي كانت في الأصل جزءاً لا يتجزأ من شبكة الغلوتين في العجين المجمد حديثاً، أكثر انفصالاً. كما أن اجزاء الغلوتين تصبح أرق مع مرور الوقت.

2-8 آثار التجميد على زمن التخمير:

زمن التخمير للعجينة المجمدة المذابة أطول منه للعجين الطازج، ويعود السبب إلى انخفاض درجة حرارة العجين التي تصل فيها الأجزاء المذابة إلى حيز التخمير، وإلى فقدان معين لقوة احتجاز غاز العجين ونشاط الخميرة الناتج عن عملية التجميد (Kulp, 1995)، انخفاض صلاحية الخميرة وفعاليتها هي الأسباب الرئيسية لمدّة تخمير أطول للعجين المجمد. لقد أثبت (Tzia and Giannou, 2007) أن العلاقة بين الخصائص الريولوجية للعجين وبين خصائص الخبيز تعدُّ مهمةً جداً بالنسبة لمنتجات المخابز المجمدة التي يُخزّن فيها العجين لمدّة طويلة قبل الخبيز تحت ظروف التجميد. إذ دُرست خصائص الجودة لمنتجات العجائن المجمدة بالوزن، الحجم النوعي، لون اللبابة، القصرة، قياس القوام في العجين، والمنتجات وفترة الصلاحية. وقد أكدت النتائج بأن الشهر الأول والثاني للعجائن المجمدة حدث تحلل سريع، ثم ثبات العجينة لمدة 9 أشهر، وتبين أن نسبة الفقد النسبي في الوزن تتراوح ما بين 11-13% مقارنةً بالعينات

الطازجة حيث كان الفقد 12 % مما يدل على أن عملية التجميد في الظروف المثلى لا تؤثر بدرجة ملحوظة في المنتج النهائي.

2-9 تمدد العجين والالتصاق:

يُعرّف الالتصاق على أنه قوة الجذب التي تؤثر على منطقة مشتركة بين سطحين متباينين، تشمل الأبحاث التي أجريت حتى الآن دراسة الالتصاق بسبب إضافة الماء، عملية الخلط، فعالية أنزيم التحلل البروتيني، والتحقيق في أنواع دقيق القمح. قد يتسبب تجميد العجين والتخزين المجمد في فصل الماء المرتبط ارتباطاً وثيقاً بشبكة الغلوتين الناتجة عن إعادة توزيع الماء بسبب إعادة تبلور الجليد. هذه الزيادة في حركة الماء قد تكون مرتبطة بتعطيل شبكة الغلوتين. قد يكون هذا الماء أكثر قابلية للتقييم على كلا السطحين، مما يؤدي إلى زيادة الالتصاق.

قد يشير الانخفاض في المقاومة القصوى، وفي قابلية التمدد إلى تدهور في شبكة الغلوتين. نسبة قابلية التمدد إلى بنية الغلوتين، وخاصةً الغلوتينات ذات الوزن الجزيئي العالي

(Lindsay, 1999; Belton, 1999; Macritchie and Bushuk, 1989; Corfield and Payne, 1979 Skerritt and). بينما تساعد روابط ثاني الكبريتيد في الحفاظ على شبكة الغلوتين وتوفير مقاومة للاستطالة، فقد طُورت العديد من النظريات لشرح مرونة العجين (Belton, 1999; Lafiandra and MacRitchie, 1997). يقترح نهج علم البوليمرات أن التمدد يخلق ترتيباً إضافياً في بنية العجين. تشير النتائج إلى أن درجة حرارة التخزين المنخفضة والتجميد السريع تؤدي إلى أقل التغييرات في بنية الغلوتين. الأكثر ضرراً كانت معدلات التجميد البطيئة، وأزمنة التخزين الطويلة. من المعروف جيداً أن درجات حرارة التخزين المنخفضة والتجميد السريع يعزز إنشاء عدد أكبر من البلورات الجليدية الصغيرة، وذلك بسبب زيادة معدلات نمو البلورات. انخفاض معدل التجمد يعزز نمو بلورات كبيرة نسبياً. وأن بلورات الجليد تؤدي إلى تعطيل شبكة الغلوتين وإتلافها، وتجفيف الغلوتين لإحداث تغييرات بنيوية غير قابلة للعكس (Kerr *et al.*, 1987). تُعد طريقة التجميد عاملاً مهماً للالتصاق في العجائن، كانت العينات المحضرة بطريقة التجميد السريع أقل التصاق؛ مقارنة بالعينات المحضرة بطريقة التجميد البطيء. أما بالنسبة لقابلية التمدد للعجائن كانت

العينات المخزنة عند درجة حرارة−35°C لفترات قصيرة (30 يوم) أكثر قابلية للتمدد (بقوة أكبر) وأقل التصاق. بينما كانت العينات المخزنة لفترة طويلة في درجة حرارة منخفضة (−10°C) أقل قابلية للتمدد (مع انخفاض القوة القصوى) وكانت أكثر التصاقاً (Ruan *et al.*, 1999).

2-10فعالية الخميرة وإنتاج الغاز:

لحظ العديد من الباحثين أن فعالية الخميرة تتلاشى بالتجميد والتخزين (D'Appolonia and Wolt , 1984b; ElHady *et al.*, 1996; Delpuech and Neyreneuf, 1993; Sind and Autio,1992). بالإضافة إلى ذلك، قد تكون الخميرة أقل صلاحية بعد التجميد (Baguena *et al.*, 1991). استجابة الخميرة للتجميد هي مزيج معقد من الظواهر المتنافسة. تنتج معدلات التجميد السريع العديد من بلورات الجليد الصغيرة، داخل وخارج الخلايا. يعمل التجميد البطيء على تعزيز نمو البلورات الجليدية الأكبر خارج الخلية، ويميل إلى سحب المياه من الخلية بسبب التدرج الأسموزي الذي يتشكل. بالنسبة للعديد من الأنظمة الخلوية، يكون التجميد البطيء أكثر ضرراً حيث أن التغييرات الملحوظة في القوة الأيونية ودرجة الحموضة في الخلية تؤدي إلى تغير طبيعة البروتين، تعطيل وظيفة الخلية وتغيرات في نفاذية الغشاء. ومع ذلك، يمكن أن تنتج الخميرة مواد تنظيم أسموزي مثل التريهلوز (Hino *et al.*, 1990 ;1995 Shima *et al.*, 1999; Majara *et al.*, 1996; VanDijck *et al.*, تعمل على منع ذلك). بالإضافة إلى ذلك، تساعد بروتينات الغشاء في نقل الماء عبر غشاء خلية الخميرة، ويُعتقد أن هذا التدفق المتحكم فيه من الماء في أثناء عملية التجميد يقلل من تشكيل بلورة الجليد داخل الخلايا وما ينتج عنها من تلف الخلايا (Tanghe *et al.*, 2002). التجميد السريع قد يحد من قدرة الخميرة على التكيف مع إجهاد التجميد (Lorenz, 1974; El-Hady *et al.*, 1996 ; Havet *et al.*, 2000). التخزين المجمد لمدّة طويلة يضر بالفعالية التخميرية للخميرة. قد يكون هذا مرتبطاً بالأضرار المتراكمة التي تحدث بمرور الوقت، ومن المحتمل أن تتعزز عمليات إعادة التبلور التي تحدث أثناء التخزين. والتقلبات في درجة الحرارة تكون ضارة (ElHady *et al.*, Inoue and Bushuk, 1991; Berglund et al., 1991 ;1996). حتى دورات الذوبان والتجمد الجزئية تسمح بهجرة الماء للاندماج مع بلورات الجليد الأكبر. حوفِظ على أكبر

فعالية لنشاط الخميرة لعينات العجين المخزنة في درجة حرارة −20°C. غالباً ما يوصى بدرجة الحرارة هذه للتخزين في الأماكن الصناعية (Gerdes, 2001).

2−11حجم الخبز النوعي:

يُعد حجم الخبز النوعي عاملاً مهماً في الجودة لأنه يشير إلى قدرة العجين على التضخم. بالنسبة إلى منتجات المخابز، عادةً ما تكون هناك علاقة مثالية بين وزن العجين وحجم الرغيف الذي ينتج أكثر قوام مرغوب فيه (Pyler, 1988; Tzia and Giannou, 2007). وهذا يعني أن حجم الرغيف النوعي يجب ألا يكون كبيراً جداً أو صغيراً جداً. الحجم النوعي الصغير جداً يعطي بنية حبوب مضغوطة ومغلقة كما يعطي الحجم الكبير للرغيف بنية حبوب مفتوحة للغاية (Sharadanant and Khan, 2003b). زيادة زمن التخزين المجمد كان أكبر مساهم في انخفاض الحجم النوعي للرغيف في العجين المجمد (Khan and Sharadanant, 2003b). أفاد (Berglund *et al*., 1991) أنه مع زيادة فترة التخزين المجمد، يزداد زمن التخمير، وينخفض حجم رغيف الخبز، وتزداد صلابة الخبز. وأن السبب وراء أزمنة التخمير الطويلة للعجين المجمد يمكن أن يكون التغيرات في البنية الدقيقة للنشاء والغلوتين. يؤدي التخزين المجمد إلى تلف النشاء الذي قد يكون السبب الرئيسي في زيادة احتباس الرطوبة مما يؤدي إلى زيادة وزن الرغيف وانخفاض حجم الرغيف (Berglund *et al*., 1991). النشاء المتضرر في الدقيق يمتص المزيد من الماء وينتج الخبز مع انخفاض حجم الرغيف (Farrand, 1972). ذكر (Kup and Lorenz, 1995) أن انخفاض حجم الخبز مع التخزين المجمد قد يكون ناجماً عن انخفاض صلاحية الخميرة وكذلك الأضرار التي لحقت بالغلوتين والنشاء. أكدت الدراسات السابقة أن التخزين المجمد يساهم في إضعاف شبكة الغلوتين (Yi, 2008). والأضرار التي لحقت بالنشاء، يؤدي التخزين المجمد إلى تقليل فعالية الخميرة. ارتفاع درجات حرارة التخزين المجمدة جعل الخبز بحجم نوعي مرتفع. ومع ذلك، العجين المجمد عند درجة حرارة (−10°C أو −20°C) كان أكثر التصاقاً ولديه قابلية تمدد أقل ومقاومة أكبر للاستطالة، مما أدى إلى انخفاض حجم الرغيف (Yi, 2008).

2-12عجينة البيتزا:

نشأت البيتزا الحديثة، كما نعرفها اليوم، في نابولي بإيطاليا كوجبة سريعة بأسعار معقولة لسكان نابولي من الطبقة العاملة؛ ومع ذلك، فإن البيتزا في أبسط أشكالها كخبز مسطح أصبحت الآن شائعة في جميع أنحاء العالم، وهي الطعام المفضل لعدد كبير من سكان المدن مع أنواع مختلفة من البيتزا على أساس المكونات والنكهات المحلية Helstosky, (2008). استهلاك البيتزا قد زاد بشكل كبير خلال العقد الماضي هذه الزيادة تقابل أكثر من 1.5 مرة في 12 سنة (Statista, 2020) وقد تطورت عجينة البيتزا لتصبح واحدة من أكثر الأطعمة المخبوزة المحبوبة في العالم (Moore, 2009). تعتبر البيتزا وجبة متكاملة لجميع المتطلبات الغذائية التي تشتمل مكوناتها على الكربوهيدرات والبروتينات والفيتامينات في النظام الغذائي (Redl, 2003) عجينة البيتزا عبارة عن خبز مسطح يمكن تخميره عن طريق العمليات الكيميائية أو الخميرة. يُصنع الخبز المسطح من الحبوب المطحونة، والقمح هو أحد أكثر الحبوب شيوعًا. التفاعل الفريد بين البروتينات الموجودة في دقيق القمح المطحون والماء يجعل هذه الحبوب مكونًا متعدد الاستخدامات لصنع الخبز. البيتزا هي من الوجبات السريعة المشهورة جداً وذات السعرات الحرارية العالية. يمكن صنع عجينة البيتزا من دقيق القمح ودقيق الذرة بالإضافة إلى دقيق القمح مع الغلوتين، حيث تشير العجينة إلى أفضل شكل وجودة للبيتزا. عادة ما يكون دائرياً مغطى بصلصة الطماطم وغالباً الجبن، مع ترك طبقة أخرى اختيارية، البيتزا هي واحدة من المنتجات المقلية بشكل شائع (Lorns, 1995). تتكون البيتزا من مجموعة متنوعة من المكونات، مثل البيض، الأناناس، الموز، جوز الهند، مخلل الملفوف، الباذنجان، الكيمتشي، لحم الضأن، الكسكسي، الدجاج، الأسماك، المحار والدجاج، والتوابل غير التقليدية مثل الكاري والفلفل الحلو. عند صنع عجينة البيتزا، تختلف كمية الدقيق اللازمة لإكمال العجين، اعتماداً على الرطوبة ودرجة الحرارة (Ridgaway, 2005). اهتمت الدراسات بتحضير البيتزا من المواد الخام المتوفرة محلياً وتقييم تأثير المكونات على جودة البيتزا المحضرة. تم استخدام دقيق القمح والغلوتين الجاف ومسحوق العجين والخميرة والسكر والملح وزيت فول الصويا في تحضير بيتزا دقيق القمح. في البداية، تم خلط المكونات الضرورية بشكل صحيح

وصنع العجين باستخدام الماء. تم وضع العجين في حالة راحة لمدة ساعتين، ومعالجته لمدة 10 دقائق، ثم راحة مرة أخرى لمدة ساعة واحدة ثم تم إجراء التخمير الأول عند 27°C لمدة 10–15 دقيقة والتخمير النهائي عند 37°C لمدة ساعة واحدة ثم وضع العجين في فرن التحميص على درجة حرارة 210°C لمدة 20 دقيقة. بعد العجين، تم إضافة الصلصلة. تم اختبار البيتزا المحضرة بواسطة لجنة من المختبرين. كانت البيتزا المصنوعة من دقيق القمح أكثر قبولاً من حيث اللون والنكهة والملمس والقبول العام (Ridgaway, 2005). هناك العديد من الإضافات التي تم استخدامها لتحسين جودة عجين البيتزا ومدة صلاحيته. مثل استخدام المثبتات أو الغرويات المائية على نطاق واسع في صناعة العجين لتحسين قدرة الاحتفاظ بالماء، وتعديل نسيجها وحجمها وهيكلها الخلوي والحفاظ على جودة المنتج أثناء التخزين. وبالتالي يمكن استخدام هذه الإضافات أيضاً في العجين المجمد لتقليل التأثيرات السلبية على النشاء والغلوتين للحفاظ على العجين المجمد للاستخدام المقصود. يمكن تصنيف المثبتات إلى سبع فئات مختلفة مثل البروتينات، الإفرازات النباتية الطبيعية، مستخلصات الأعشاب البحرية، البكتين ومشتقات السليلوز. الأصماغ هي مجموعة من السكريات التي تحدث بشكل طبيعي. إنها تزيد من قدرة الاحتفاظ بالمياه وتؤخر هجرة الرطوبة في العجين. شجع الوعي جميع العاملين في عالم البيتزا تدريجياً على استخدام المجمدات ليس فقط لتحسين جودة العجين ولكن أيضاً لضمان جودة أعلى وسلامة لجميع مكونات الطبقة السطحية (Holcomb, 2003). اليوم، بالإضافة إلى التبريد (حفظ الطعام في درجة حرارة بين 0 درجة مئوية و+10 درجة مئوية)، يتم استخدام التجميد بشكل متزايد للحفاظ على الطعام والعجين، وتتمثل في وضع الطعام إلى درجة حرارة يمكن أن تتراوح بين −7 درجة مئوية و−18 درجة مئوية وفقاً لنوع الطعام، وبالتالي الحفاظ عليه في درجة حرارة −10 درجات مئوية (Yi and Kerr, 2009). على الرغم من أن طريقة التجميد للعجائن المعدة لتحضير البيتزا تطيل من عمر المنتجات الغذائية، تمَّ وصف العديد من المشكلات الناشئة عن المنتج المصنوع من العجين المجمد، بما في ذلك الفقد التدريجي لقوة العجين، وانخفاض قدرة الاحتفاظ بغاز ثاني أكسيد الكربون، وزمن التخمير أطول، بالإضافة إلى انخفاض نشاط الخميرة، وانخفاض حجم الرغيف، وتدهور ملمس المنتج النهائي (Meng, 2016). علاوةً على ذلك، أثناء مرحلة إزالة الجليد، يتم فقدان جزء من القيمة الغذائية والحسية

للأغذية، وكذلك القيم الريولوجية لعجينة البيتزا (Akbarian *et al.*, 2016). في الواقع، لا يمكن لعينات عجين البيتزا المجمدة أن تصل إلى نتيجة مماثلة لتلك التي تم الحصول عليها من عجينة البيتزا الطازجة، والتي تكون أكثر مرونة وقابلية للتمدد، وتتخمر وتطهى بشكل أفضل. عادةً ما يؤثر سلباً في جودة المنتجات المجمدة ليس انخفاض درجة حرارة الحفظ ولكن سرعة التجميد، وهو الوقت اللازم لوصول داخل الغذاء إلى درجة الحرارة المطلوبة (Giannou and Tzia, 2007). ويمكن بشكل عام تلخيص العوامل المؤثرة في جودة المنتجات المجمدة بما يلي: المكونات الداخلة في تركيب العجين (Salas-Mellado and Chang, 2003) وتحديداً تأثير المستحلبات، والمواد الدهنية، والأنزيمات أو الخميرة (Mandala and Sotirakoglou, 2005). تؤثر تركيبة العجين بشكل كبير في الحجم المحدد وصلابة اللبابة، وكما يعد نوع دقيق القمح المستخدم في إنتاج العجين المجمد أمراً حاسماً في نقل خصائص المنتج المرغوبة بعد التخزين المجمد لفترة طويلة، وإن استخدام المحسنات مثل الغلوتين الحيوي وصمغ الغوار يحسن الحجم المحدد ونسبة الشكل ولكن هذا لم يكن حاسماً لأن الاستخدام المفرط للغرويات المائية قد يتسبب في عدم استقرار قوام العجين بسبب التداخل مع بروتينات الغلوتين أو مصفوفة بوليمرات النشاء، ويمكن التغلب على مشاكل انخفاض إنتاج ثاني أكسيد الكربون أو تلف شبكة الغلوتين عن طريق إضافة المحسنات. ومع ذلك، لا يوجد محسن معين يحل جميع المشكلات المتعلقة بالمنتجات المصنوعة من العجين المجمد (Meng, 2016). من جهة أخرى، تم التأكيد على أن مؤشرات عملية التجميد مثل معدل التجميد وزمن التخزين تبدي تأثيرات عالية المعنوية في خصائص المنتجات المجمدة (Yi and Kerr, 2009)، حيث قد يكون لتكوين البللورات الجليدية وإعادة التبلور، وإعادة توزيع الماء، وتدمير الخميرة، وتلف شبكة الغلوتين وحبيبات النشاء هي الأسباب المباشرة التي تؤدي إلى التغيير في خصائص العجين، فالعجين المجمد بمعدلات تجميد بطيئة نسبياً والمخزن في درجة حرارة أعلى (−10 إلى−20 درجة مئوية)، كان أكثر نعومةً، وحجمه أعلى ولونه أفتح، ومع ذلك كان لديه ميل أكبر للتماسك. في صناعة العجين المجمد، فإن الحماية من تأثيرات التجميد في صلاحية خلايا الخميرة هي محور الاهتمام الرئيسي، لذلك، فإن التبريد البطيء في المجمدات التقليدية هو التكنولوجيا المفضلة، والتي توفر تبريداً أسرع بكثير، ولكن من المفترض أن تكون أكثر ضرراً لبقاء خلايا الخميرة في

قطع العجين (Neyreneuf and Delpuech, 1993). تتكون عجينة البيتزا في الغالب من دقيق حبوب القمح، والذي يُعرف أيضًا باسم الدقيق لجميع الأغراض أو دقيق القمح (Tehseen, 2014). تتكون حبوب القمح من طبقات يمكن تصنيفها على نطاق واسع على أنها النخالة الخارجية والسويداء وطبقة البذرة (Zhu and Yi, 2017). على الرغم من أن حبوب القمح لها العديد من الخصائص المفيدة باعتبارها من المواد الاستهلاكية الأساسية، إلا أن كمية كبيرة يتم فقدها مع إزالة طبقة النخالة (Pourafshar, 2015). يتكون دقيق القمح من لب نشاء مع مصفوفة بروتينية محيطة على المستوى المجهري. تتكون هذه المصفوفة أساسًا من الغلياداين والجلوتينين، المعروف أيضًا باسم الغلوتين، وهو غير قابل للذوبان في الماء (Biesiekierski, 2017) لقد لوحظ أن التركيز الأكبر من الغلوتين يرتبط بانخفاض ملحوظ في امتصاص الكربوهيدرات في الجهاز الهضمي، مما يؤدي إلى انتفاخ البطن وعدم الراحة في الأمعاء في جسم الإنسان (Almeida, 2013). تعد الكربوهيدرات الموجودة في دقيق القمح مصدرًا وفيرًا للطاقة، فإن طبقة النخالة من حبوب القمح غنية بالألياف الغذائية وتحتوي على معادن مختلفة تعبر عن نشاط مضاد للأكسدة مثل البوتاسيوم (K) والكالسيوم (Ca) والمنغنيز (Mn). والفوسفور (P) والمغنيسيوم (Mg) والصوديوم (Na) والمواد الكيميائية النباتية مثل حمض الفينول والكاروتينويد والتوكوفيرول. كما تساعد المعادن الموجودة في النخالة في الوقاية من الأمراض المزمنة الناتجة عن النقص الكلي والجزئي (Choi, 2013). حاولت العديد من الدراسات تحليل التغيرات في الخصائص الهيكلية والفيزيائية للمنتجات الغذائية.

تمت دراسة التغيير في تركيزات مضادات الأكسدة (على سبيل المثال الكاروتين) بسبب إدراج جزء النخالة من القمح الكامل في الدقيق الأبيض (Humphries, 2004) .هدفت دراسة أخرى إلى تعزيز الفوائد الغذائية للخبز المصنوع عادة من دقيق القمح عن طريق تضمين النخالة. وبالمثل، درس الباحثون أيضًا التغيرات في ريولوجيا العجين والخصائص التكنولوجية للخبز من خلال تضمين أجزاء النخالة المختلفة. وفقًا لذلك، تم دراسة التغييرات في الخصائص الفيزيائية لعجينة البيتزا عن طريق استبدال دقيق القمح بدقيق القمح الكامل بنسب مختلفة (Tritt, 2015)، تم تمييز عجينة البيتزا المحضرة مبدئيًا بناءً على معلمات اللون من خلال جهاز قياس الألوان. يعتمد الهيكل الأساسي للبيتزا على الخبز المُعد باستخدام دقيق القمح؛ ومع ذلك، فإن محتوى الغلوتين في دقيق القمح يجلب الفوائد والأضرار لجسم الإنسان. على سبيل المثال، يرتبط الاستهلاك طويل الأمد والمتكرر للجلوتين بردود الفعل التحسسية، ومتلازمة القولون العصبي، وما إلى ذلك. يُنصح باتباع نظام غذائي خالٍ من الغلوتين على نطاق واسع، وعدد كبير من المنتجات الخالية من الغلوتين متوفرة في السوق. يمكن القول إن هذه البروتينات الغذائية تكون المغذيات الكبيرة والألياف الغذائية لنظائرها المحتوية على الغلوتين (Calvo-Lerma, 2019).

أظهرت دراسة مقطعية لتحليل الفروق الغذائية بين مئات من المنتجات الخالية من الغلوتين والمنتجات الغنية بالغلوتين أن هذا الأخير يحتوي على نسبة عالية من البروتين، خاصة في الدقيق والخبز والمعكرونة والبيتزا (Cornicelli, 2018)، لذلك فإن استبدال دقيق القمح بـ دقيق القمح الكامل هو طريقة مباشرة لتحسين الخصائص الغذائية للبيتزا. استبدل (Syed Saif Alam and Deepti Bharti, 2022) دقيق القمح بـ دقيق القمح الكامل0 :100 ،75:25 ، 25:75 :50:50، و0: 100) في عجينة البيتزا. كان من الواضح أن استبدال دقيق القمح بـ دقيق القمح الكامل أدى إلى تطوير بيتزا صفراء ذهبية اللون وانخفاضًا في خفة القشرة وزيادة مؤشر الصفرة عند الاستبدال المستمر لـ دقيق القمح بـ دقيق القمح الكامل، كما لوحظ أن حجم مسام عجينة البيتزا انخفض بينما زادت كثافة المسام. أكد (Syed Saif Alam and Deepti Bharti, 2022) في دراسة سابقة لبنية المسامية لفتات عجينة البيتزا أن للهيكل القدرة على التأثير على النسيج وكان التماسك والمرونة قابلة للمقارنة لجميع العينات المعدة. ومن المثير للاهتمام أن قيم الصلابة والمضغ أظهرت اتجاهًا متزايدًا. كانت خصائص النسيج تلبي متطلبات فئة عمرية كبيرة، كما أظهرت عجينة البيتزا التي تم تطويرها باستخدام 50٪ من دقيق القمح الكامل و50٪ من دقيق القمح خصائص لزوجة ومرونة مقبولة (Syed Saif Alam and Deepti Bharti, 2022).

مواد البحث

وطرائقه

Material and Methods

3- المواد وطرائق البحث:

3-1 مواد البحث:

1- نوعين من دقيق القمح المنتج محلياً، الدقيق عالي الجودة (دقيق الزيرو 72% استخراج) والدقيق القياسي (الدقيق الموحد 80% استخراج)، تم الحصول عليهم من المخبر المركزي للمؤسسة العامة لتجارة وتصنيع وتخزين الحبوب في منطقة السبينة.

2- حمض الأسكوربيك (مسحوق جاهز للاستخدام من السوق المحلية).

3- الغلوتين الحيوي (مسحوق جاهز للاستخدام من السوق المحلية).

4- مكونات صناعة البيتزا: خميرة الخباز (بودرة جاهزة للاستخدام من السوق المحلية)، زيت صويا، مواد استحلاب، سكر، ملح.

3-2 مكان إجراء الاختبارات:

أجريت الدراسة في المخبر المركزي للمؤسسة العامة لتجارة وتصنيع وتخزين الحبوب في منطقة السبينة، بهدف دراسة تأثير إضافة نوعين من محسنات الدقيق (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لأنواع الدقيق المنتجة محلياً (الدقيق الموحد ودقيق الزيرو) والمعدة لتحضير العجائن المجمدة. تم الحصول على عينات الدقيق من المخبر المركزي للمؤسسة العامة لتجارة وتصنيع وتخزين الحبوب في منطقة السبينة.

3-3 تحضير العينات:

استخِدمَ نوعين من دقيق القمح المنتج محلياً، دقيق القمح عالي الجودة (دقيق زيرو بنسبة استخراج 72%) ودقيق القمح القياسي (دقيق موحد تمويني بنسبة استخراج 80%).

ودعمت هذه العينات بحمض الأسكوربيك بنسبة (100 و200) ppm وبالغلوتين الحيوي بنسبة (2 و4) % وخليط منهما (الجدول رقم 1)، ثم أجريت اختبارات الدقيق الفيزيوكيميائية والريولوجية حسب الطرائق المعتمدة في AACC.

الجدول (1): ترميز عينات دقيق الزيرو والموحد المدعم بالمحسنات وخليط منهما.

رقم العينة	توصيف العينة
1	شاهد بدون إضافة(عينة السوق المحلية دقيق تمويني نسبة استخراج 72%)
2	حمض اسكوربيك 100ppm
3	حمض اسكوربيك 200ppm
4	غلوتين حيوي 2 %
5	غلوتين حيوي 4 %
6	حمض اسكوربيك 100ppm + غلوتين حيوي 2 %
7	حمض اسكوربيك 100ppm + غلوتين حيوي 4 %
8	حمض اسكوربيك 200ppm + غلوتين حيوي 2 %
9	حمض اسكوربيك 200ppm + غلوتين حيوي 4 %

3-4 الأجهزة المستخدمة في البحث:

1-جهاز قياس اللون (اليابان, konica Minolta-CM-3500d).

2-جهاز طرد مركزي (بولندا, MPW-351).

3-جهاز الامتصاص الضوئي (الصين, CONOFACTOR-722-2000).

4-سخان كهربائي بمحرك مغناطيسي (كوريا, DAIHAN-MSH-20A).

5-مازج الأنابيب (كوريا, Wise Mix).

6-جهاز قياس القوام (ألمانيا, TEXTURE ANALYSER-GS15).

7-جهاز سوكسوليت هنكل (بريطانيا, GlASSCO-2091/7).

8-غسالة الغلوتين (السويد, Perten Glutomatic 2200).

9-مطحنة مخبرية (ألمانيا, Retsch-ZM200).

10-جهاز الفارينوغراف Farinograph (ألمانيا, Brabender-FA/R-2).

11-جهاز الأكستينسوغراف EXtensograph (ألمانيا, Brabender-EX/R-2).

12-جهاز اللزوجة الدوراني (إسبانيا, MYR-VR3000).

13-جهاز ماركة سيلكتا الإسباني.

3-5 الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق:

3-5-1- درجة اللون:

قيست درجة اللون باستخدام جهاز (Grader Satake Color PCGA Series 4): تم وضع عينة 30غ من الدقيق في بيشر وأضيف له 50 مل ماء مقطر مع المزج الجيد. وضع قسم من المزيج في خلية خاصة حتى الاشارة المحددة، ثم وضعت الخلية في جهاز اللون، الذي شُغِلَ قبل 15 دقيقة تقريبا من بدء الاختبار لاستقرار كاشفه الضوئي، وسجلت قراءة الجهاز الذي يعتمد على انعكاس الاشعة في طول الموجة خلال 90 ثانية من بدء القياس، تعبر القيمة الظاهرة على شاشة الجهاز عن درجة لون عينة الدقيق.

3-5-2- النسبة المئوية للرطوبة:

قدرت النسبة المئوية للرطوبة حسب AACC رقم 15A-44 (AACC, 2000). وضع عينة من الدقيق من 2-3 غرام في أطباق التجفيف وجُففت حتى ثبات الوزن على درجة حرارةْ 103 مْ ثم حُسبت النسبة المئوية للرطوبة من المعادلة:

النسبة المئوية للرطوبة (%) = المحتوى المائي المفقود(غ) / وزن العينة الأساسي (غ) *100

3-5-3- النسبة المئوية للرماد:

قيست النسبة المئوية للرماد حسب AACC رقم 01-08 (AACC, 2000). ويُعبر عنها كنسبة مئوية من الوزن الجاف، تم وضع من 2-3 غرام من عينة الدقيق في أطباق الترميد ورُمدت العينة على درجة حرارة 575-590 مْ حتى الحصول على لون رمادي فاتح. حُسبت النسبة المئوية للرماد من المعادلة:

الرماد (%)= وزن الرماد المتبقي(غ)/ وزن العينة الأساسي (غ)*100

الرماد (%)على أساس الوزن الجاف= النسبة المئوية للرماد/100−النسبة المئوية للرطوبة*100

3-5-4- النسبة المئوية للبروتين:

قدر النتروجين الكلي في الدقيق بطريقة كلداهل (Crude Protein-Improved Kjeldahl) حسب AACC رقم 46-10 (AACC, 2000). ثم حُسب البروتين الكلي باستخدام معامل التحويل5.7×N. وحولت النسبة المئوية للبروتين الرطب إلى الوزن الجاف من المعادلة:

البروتين (%)على أساس الوزن الجاف= النسبة المئوية للبروتين/100−النسبة المئوية للرطوبة *100

3-5-5- كمية ونوعية الغلوتين:

قُدرت كمية الغلوتين (الرطب والجاف) ونوعيته (دليل الغلوتين) حسب AACC رقم 38 -A12 (AACC, 2000) باستخدام غسالة الغلوتين (Perten Glutomatic 2200 with double washing chambers) .

تم غسيل عينة الدقيق (10غ) من النشاء والبروتينات الذوابة بواسطة محلول كلور الصوديوم 2%، ثم ثفلت كتلة البروتين المتبقية بعد عملية الغسيل لمدة دقيقة واحدة بسرعة 6000 دورة/الدقيقة باستخدام المثفلة (-bench 2015 top centrifuge) ومنخل معدني قطر فتحاته 600 ميكرومتر. ثم جُمع جزء الغلوتين المتبقي فوق المنخل ويوزن. أما جزء الغلوتين المار من المنخل المعدني فجمع باستخدام سباتيولة وأُضيف إلى جزء الغلوتين العلوي ثمّ يوزن لحساب وزن الغلوتين الرطب.

حُسب الوزن الكلي للغلوتين الرطب كنسبة مئوية من عينة الدقيق حسب المعادلة:

النسبة المئوية للغلوتين الرطب (%) = (وزن الغلوتين الرطب (غ) / وزن الدقيق (غ)) × 100

بيّنما حُسب دليل الغلوتين من المعادلة:

دليل الغلوتين = (وزن الغلوتين المتبقي فوق المنخل (غ) / وزن الغلوتين الكلي (غ)× 100

جُففت كتلة الغلوتين الرطب باستخدام مجفف(Glutork, 2020) على درجة حرارة 150مْ لمدة 4 دقائق ثمّ وزنت كتلة الغلوتين الجاف وتحسب النسبة المئوية للغلوتين الجاف من المعادلة التالية:

النسبة المئوية للغلوتين الجاف (%) = (وزن الغلوتين الجاف (غ) /وزن الغلوتين الرطب(غ)× 100

3-5-6- الحجم النوعي:

تم تعبئة بيشر سعة 2000 مل ببذور الكتان ثم إفراغه ووضع العينة في وسط البيشر وغمر بنفس الكمية من بذور الكتان ثم قياس الزيادة عن 2000 مل. الحجم النوعي = حجم / وزن.

3-5-7- الألياف:

قُدرت الألياف باستخدام جهاز ماركة سيلكتا الإسباني، وُضع 2 غرام من العينة في بوتقة ترشيح سعة 30 مل، ووضعت في جهاز استخلاص الألياف وأضيف إلى الأنبوب المركب على البوتقة 150 مل من محلول حمض الكبريت 1.25% مع نقطة مزيل رغوة، وشُغل الجهاز لمدة 30 دقيقة مع تشغيل دارة التبريد. يفرغ محتوى العينة من الرشاحة وتُغسل أثار حمض الكبريت بالماء المقطر الساخن ثم يضاف حوالي 150 مل ماءات الصوديوم 1.25% لمدة 30 دقيقة مع التبريد المكثف. يُفرغ محتوى الأنبوب بشكل ألي ثم تُغسل أثار القلوي بالماء المقطر الساخن. يرفع الأنبوب عن البوتقة وتُؤخذ البوتقة للتجفيف على درجة 105 مئوية لمدة 2 ساعة ثم يُسجل الوزن بعد التجفيف. تُنقل البوتقة إلى فرن الترميد على درجة حرارة 460 مئوية (بوتقة مصنوعة من بيركس لا تتحمل أكثر من 550 مئوية لمدة ساعة).

النسبة المئوية للألياف = (الوزن بعد التجفيف – الوزن بعد الترميد) / وزن العينة * 100

3-5-8- اللبيدات:

تم تقدير اللبيدات بطريقة الاستخلاص بالهكسان: تمّ وزن 15 غرام من العينة المدروسة نُعّمت بواسطة حدقة خشبية وأُضيف إليها 50 مل هكسان (مذيب عضوي يأخذ الدهن من العينة) يترك لمدة ساعة ونصف، رُشحت من خلال ورق ترشيح بدورق معايرة ثم تم تبخيره بحمام مائي يبقى فقط الدهن ويتبخر المذيب (وزن الدهن بالدورق).

النسبة المئوية للدهن = وزن المستخلص الدهني الجاف / وزن العينة * 100

3-6 الاختبارات الريولوجية للدقيق:

3-6-1- اختبار الفارينوغراف:

أُجرِيَ اختبار الفارينوغراف حسب طريقة AACC رقم 21-54 (AACC, 2000) باستخدام جهاز الفارينوغراف ذو الحوض سعة 300(غ) تكمن أهمية الاختبار كونه يعطينا فكرة كاملة عن تطور قوام العجين أثناء عملية العجن وتحديد كمية الماء اللازمة لأنواع الدقيق المختبر حسب الخلطات المستخدمة للحصول على قوام محدد قدره (500) برابندر ويفيد في تحضير الخلطات الطحنية بأفضل النسب اللازمة لصناعة الدقيق حيث تم تحديد القراءات التالية من الاختبار:

1- الامتصاصية: وهي كمية الماء بالميللتر اللازمة لجعل مركز قمة المنحني على الخط 500 برابندر. يعبر عن الامتصاصية كنسبة مئوية من وزن الدقيق على أساس رطوبة 14%حيث تحسب باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{Absorption \%} = (X - Y + 300)/3$$

X: كمية الماء بالميللتر اللازمة لجعل مركز قمة المنحني على الخط 500 برابندر.

Y: وزن الدقيق غ (المعادل ل 300غ دقيق عند الرطوبة 14%) .

2- وقت تطور العجينة: وهو الوقت بالدقائق من لحظة إضافة الماء حتى وصول المنحنى الى أقصى ارتفاع.

3- وقت ثباتية العجينة: وهو الوقت بالدقائق الذي تبقى فيه قمة المنحني فوق خط 500 برابندر.

4- ضعف العجينة : عدد وحدات برابندر بيّن الخط (500) برابندر حتى نهاية فترة العجين.

5- الرقم الفالوريمتري: يقاس بمسطرة خاصة مدرجة من (0 -100) برابندر وهو حصيلة القراءات السابقة.

3-6-2- اختبار الإكستينسوغراف:

أجرى اختبار الإكستينسوغراف حسب طريقة AACC رقم 10-54 (AACC, 2000):

تكمن أهمية الاختبار كونه يفيد في تحديد قوة الدقيق وصفات العجينة كالمرونة والمطاطية ومدى تأثير التخمر ومدته والمحسنات على مرونة ومطاطية العجينة، توجد ثلاث فترات إراحة ونحصل في كل فترة إراحة على منحني وكلما زاد حجم منحني الإكستينسوغراف من فترة إراحة إلى أخرى دل ذلك على جودة نوعية الغلوتين في العجين وبالتالي جودة نوعية الخبز الناتج أخذت القراءات التالية من الاختبار:

1- مقاومة الشد: وهي ارتفاع المنحني بعد 5 سم من بدء المنحني على المخطط.

2- المقاومة العظمى للشد: وهي الارتفاع الأعظمي للمنحني على المخطط.

3- المرونة: وهي طول المنحني بال مم على المسقط الأفقي للمخطط.

4- المطاطية: المسافة بيّن نقطة بداية مط العجينة ونقطة النهاية مقدرة بالميليمتر.

3-7 تحضير العجينة:

تم تحضير العجينة تبعاً للطريقة المتبعة في (Huang and Miskelly, 2016):

خلطت مكونات العجينة (الدقيق، الماء، الخميرة، سكر، ملح، زيت الصويا، اسكوربيك وغلوتين حسب نسب الخلط بالجدول رقم (2)، وتمزج بشكل جيد للحصول على عجينة متجانسة. تخمر العجينة على درجة حرارة 30-35 مْ لمدة 40-60 دقيقة. تقطع العجينة وتشكل حسب الشكل المطلوب، ثم تريّح (Proofing) على درجة حرارة 35-40 مْ لمدة 40-50 دقيقة. تجمد العجينة وتخزن على درجة حرارة -18 مْ لمدة التخزين المطلوبة.

3-8 تجميد العجائن:

جُمِدَت العجائن المحضرة مسبقاً باتباع طريقتين للتجميد (Jinhee, 2008):

1- التجميد البطيء: تجميد العجائن في مدة لا تقل عن 20 ساعة بدرجة حرارة من -5 إلى -10 درجة مئوية.

2- التجميد السريع: تجميد العجائن في مدة 30 دقيقة بدرجة حرارة من -30 إلى -40 درجة مئوية.

3- 9- دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة:

1- تمدد العجين والالتصاق (Dough Extensibility and Adhesiveness): قُيس تمدد العجينة حسب الطريقة المتبعة في (Jinhee, 2008) باستخدام جهاز (Texture Analyzer)، حيث تمَّ تشكيل عينات من العجين المذاب بعد التجميد بوزن 50 غ، وتركت لترتاح لمدة 15 دقيقة على درجة حرارة 8 درجة مئوية، سُحِب العجين بسرعة 3.3 مم/ثانية، ثمَّ حساب مقاومة التمديد (الحد الأقصى للقوة) وقابلية التمديد (المسافة إلى الكسر) من منحنيات التشوه– القوة.

قِيس الالتصاق باستخدام محلل القوام مع جهاز اللزوجة حسب الطريقة المتبعة في (Hoseney and Chen, 1995)، وُضعت العينات في خلية اسطوانية على عجينة محلل القوام، وكان محاطاً بغطاء يحوي ثقب، تمَّ قذف كمية صغيرة من العجين بالفتحة، ووضع المجس الأسطواني العلوي ليكون ملامس للعجين المكشوف من أجل الالتصاق به، وسُحِب

المجس بعيداً عن العجينة، حُدِدت كل من القوة القصوى والمساحة الواقعة تحت منحنى التشوه–القوة المطلوبة لفصل المجس عن عينة الاختبار على أنها مقاييس الالتصاق.

2–نشاط الخميرة: قُيس نشاط الخميرة حسب الطريقة المتبعة في AACC رقم 89-01 (AACC, 2000)، تم وُزن 100 غ من الدقيق المستخدم، وجُففت لمدة ساعتين بدرجة حرارة 35 °م، وتم إضافة 5 غ خميرة طرية أو ما يعادلها من الخميرة الجافة وتحل بـ 50 مل ماء درجة حرارته 30 مْ ، وأُضيف أيضاً 100 مل من محلول كلور الصوديوم بتركيز 2.5% وسكر بتركيز 5% بحيث يصبح مجموع الماء المستعمل 160 مل، عُجن المزيج جيداً ومن ثم نُقل كلياً الى داخل جهاز قوة التخمر الذي يتضمن ورقة ميليمترية خاصة بالقياس موضوعة على الأسطوانة الدوارة والتي ثبتت إبرتها على الصفر. بعد انتهاء الساعة الاولى، نحصل على منحني بياني مرسوم على الورقة الميليمترية، ثم نقوم بفتح الجهاز وإخراج العلبة المعدنية والضغط على العجينة باليد وتقليبها وذلك لتخليها من غاز ثنائي أوكسيد الكربون، ثم تُعاد ثانية لمدة ساعة أخرى، ويكرر العمل لمدة ساعة ثالثة، عندها تكون قوة التخمر حصيلة الثلاث ساعات من التجربة.

3-10 تحضير عجينة البيتزا:

حُضِرت عجينة البيتزا من العجين المجمد المذاب حسب فترة التخزين وحسب نسب الخلط المبيّنة في الجدول (2)، خُلِطت المكونات الضرورية خلطاً صحيحاً. وضِعَ العجين في حالة راحة لمدة ساعتين، ومعالجته لمدة 10 دقائق، ثم راحة مرة أخرى لمدة ساعة واحدة، وتم إجراء التخمير الأول عند 27°C لمدة 10-15 دقيقة والتخمير النهائي عند 37°C لمدة ساعة واحدة. وضع العجين في فرن التحميص على حرارة 210°C لمدة 20 دقيقة.

الجدول (2): نسب المواد الداخلة في عجينة البيتزا

دقيق القمح	100g
حمض الأسكوربيك	حسب نسب الخلط
الغلوتين	حسب نسب الخلط
خميرة الخبز	5g
السكر	10g
الملح	2g
زيت الصويا	2mL
الماء	20mL

قُدرت خصائص الجودة لعجينة البيتزا كالتالي:

1- الخصائص الفيزيائية: وتشمل اللون، الوزن، الحجم والحجم النوعي وقدرت حسب AACC رقم 10-05 (AACC, 2000).

2- الخصائص الكيميائية: وتشمل الرطوبة، الرماد، البروتين، اللبيدات والألياف وقدرت حسب AACC (AACC, 2000).

3- الاختبارات الحسية: وتشمل الطعم، الرائحة، القوام والقبول العام، وقدرت الاختبارات الحسية بواسطة لجنة تحكيم باستخدام 5-point Hedonic scale.

3-11 التحليل الإحصائي:

1- اجراء الاختبارات السابقة بثلاثة مكررات وتسجيل النتائج كمتوسطات ± الانحراف المعياري.

2- اجراء اختبار تحليل التباين (ANOVA) كتجربة عاملية بتصميم قطاعات عشوائية كاملة باستخدام طريقة General Linear Model (GLM)، ثم تتبع باختبار Tukey لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة 5% ($p \leq 0.05$).

3- استخدام اختبار F وتوزع التباين على مستوى ثقة 5% ($p \leq 0.05$) لتحديد الأهمية النسبية لكل من تأثير المتغيرات الأساسية وتأثيراتهم المتبادلة.

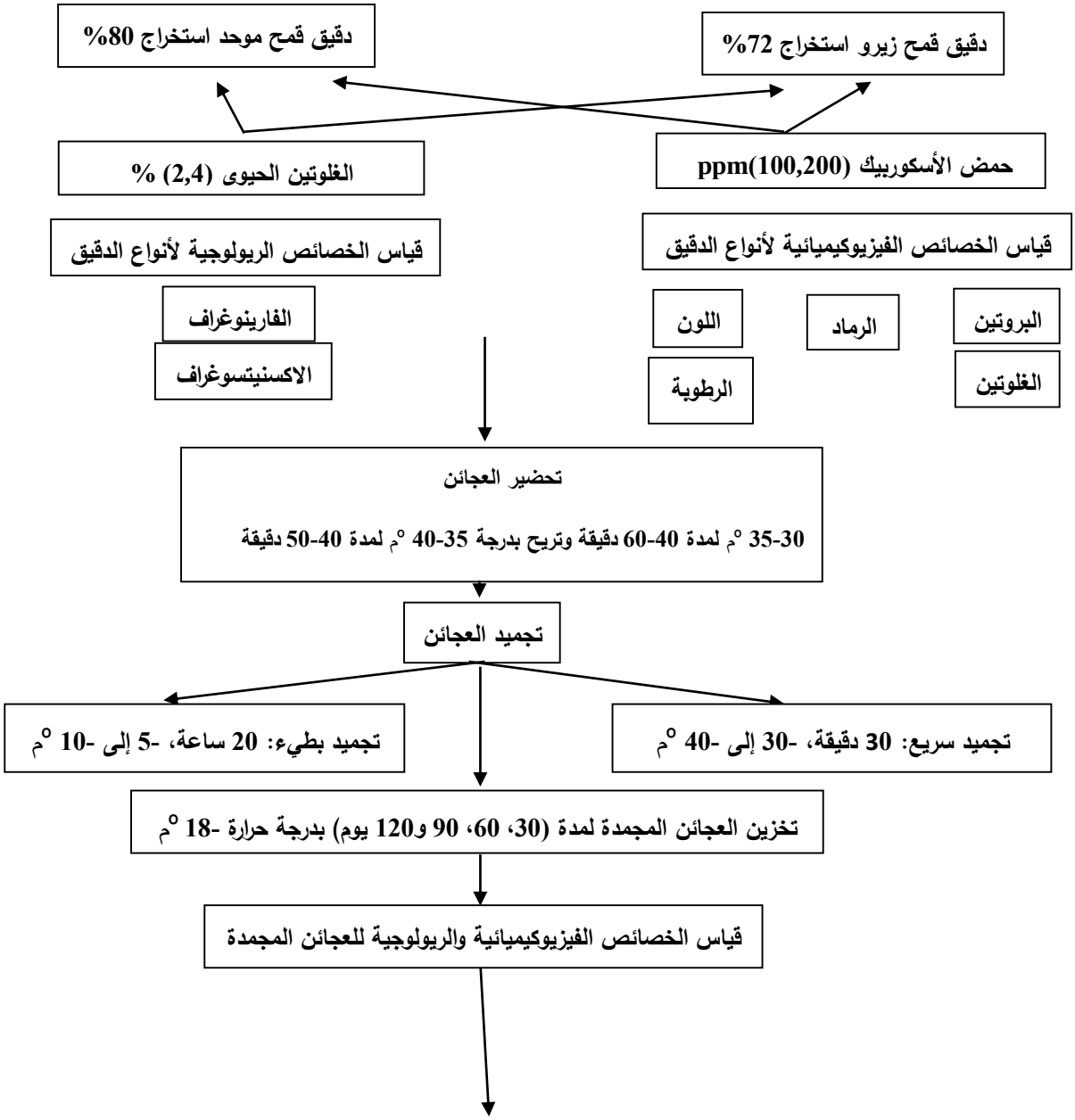
4- استخدم تصميم التجارب المتقدم (Advanced Design of Experiments) (DOE) نوع (Factorial Designs) واختبار (Response Optimization) لتحديد النسب المثلى من المتغيرات المدروسة.

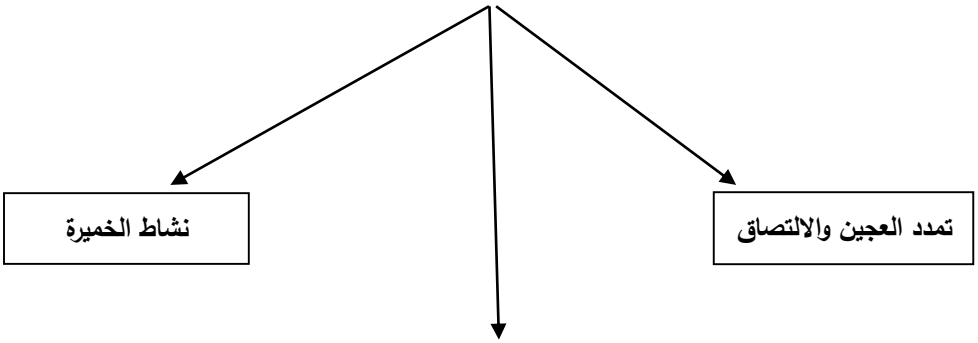
5- استخدام تحليل PLSR (Partial Least Square Regression) لتحديد علاقة الارتباط المتعدد بين العوامل المدروسة.

6- إجراء اختبار (Cluster Analysis of Variables) لتحديد درجة ومستوى تشابه العينات المدروسة في خصائصها الحسية.

7-إجراء جميع التحاليل الإحصائية السابقة باستخدام برنامج (Minitab 14) .

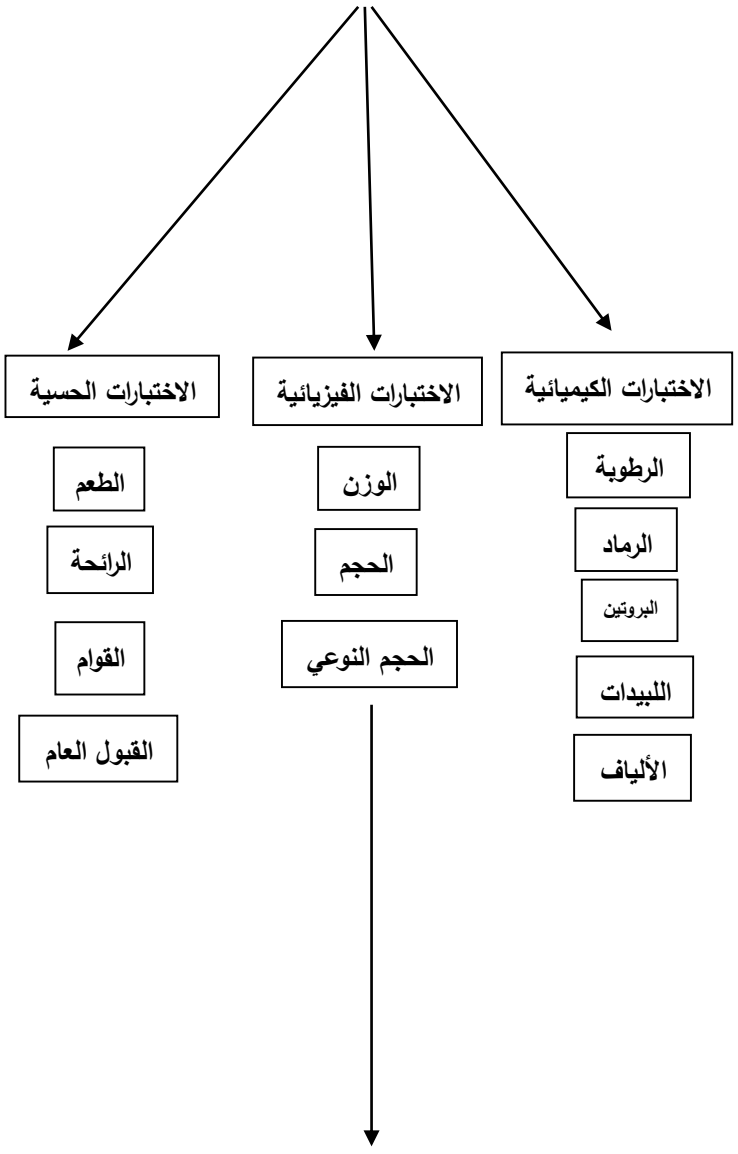
3- 12مخطط البحث:

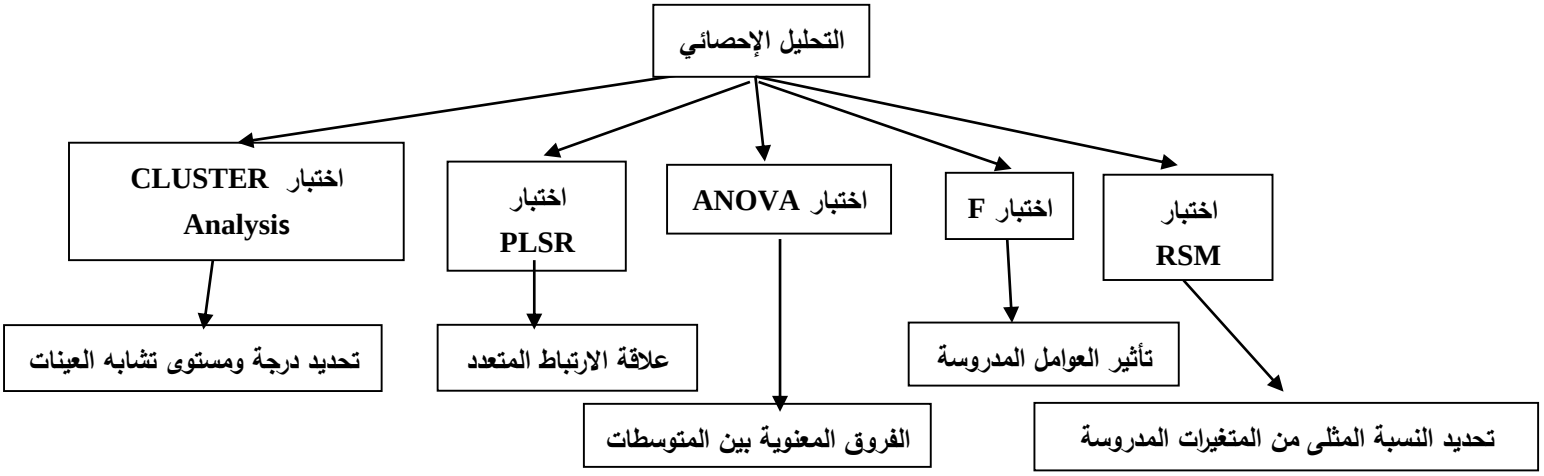




تصنيع عجينة البيتزا: 1-مكوناتها: دقيق القمح (100 غ)، أسكوربيك وغلوتين حسب نسب الخلط، خميرة الخباز (5غ)، سكر (10غ)، ملح (2 غ)، زيت فول الصويا (2 مل)، ماء(20مل).

2-مراحل وشروط التصنيع: خلط وراحة مدة ساعتين، معالجة 10 دقيقة، راحة لمدة ساعة، ثم تخمير أول 27 °م لمدة 10-15 د، تخمير نهائي 37 °م لمدة ساعة، لف ووضع في فرن التحميص (210 °م لمدة 20 د)




التحليل الإحصائي
اختبار CLUSTER Analysis
اختبار PLSR
اختبار ANOVA
اختبار F
اختبار RSM
تحديد درجة ومستوى تشابه العينات
علاقة الارتباط المتعدد
الفروق المعنوية بين المتوسطات
تأثير العوامل المدروسة
تحديد النسبة المثلى من المتغيرات المدروسة

النتائج والمناقشة

Results and Discussion

1- تأثير إضـــافة محســـنات الدقيق في الخصـــائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لأنواع دقيق القمح المعدة لتحضير العجائن المجمدة:

1-1- الخصائص الفيزيوكيميائية لأنواع دقيق القمح المدعمة بالمحسنات:

قدرت الخصائص الفيزيوكيميائية لنوعي دقيق القمح، دقيق قمح عالي الجودة (زيرو) بنسبة استخراج 72% ودقيق القمح القياسي(موحد) بنسبة استخراج 80% والمدعم بنوعين من المحسنات وخليط منهما (الجداول 3 و4 على التوالي). لوحظ من النتائج تطابق تأثير إضافة المحسنات في كل من نوعي الدقيق، إذ لم تؤثر إضافة المحسنات إلى عينات الدقيق معنوياً على مستوى ثقة ($P\leq0.05$) في كل من النسبة المئوية للرطوبة، وتراوحت في عينات الدقيق الموحد بيّن (13.25-13.75) %، وفي عينات دقيق الزيرو بيّن (14.28-14.09) %، والنسبة المئوية للرماد على أساس الوزن الجاف، وتراوحت بيّن (0.99-0.91 و0.62-0.67) %، لعينات الدقيق الموحد والزيرو على التوالي. وهذا يتوافق مع دراسات سابقة بأن نسبة الرماد في الدقيق ترتفع مع ارتفاع نسبة الاستخراج (Azizi et al., 2006)، وأن كمية الرماد في الدقيق تعتمد بالإضافة إلى نسبة الاستخراج، على كل من نسبة الرماد في حبوب القمح والعوامل الوراثية للصنف حسب (Borrelli et al., 1999). على النقيض من ذلك، اختلفت عينات الدقيق المدروسة في بقية المؤشرات الفيزيوكيميائية معنوياً مع اختلاف نوع ونسبة المادة المحسنة المضافة، حيث بيّنت نتائج قياس درجة اللون للدقيق، النسبة المئوية للبروتينات على أساس الوزن الجاف، النسبة المئوية للغلوتين الرطب والنسبة المئوية للغلوتين الجاف لعينات نوعي الدقيق، عدم تأثر هذه المؤشرات معنوياً مع إضافة حمض الأسكوربيك، بيّنما كان التأثير المعنوي مترافقاً مع إضافة الغلوتين الحيوي (4) %. لوحظ وجود فروقات معنوية بيّن عينات الدقيق المدروسة في درجات اللون، وتراوحت بيّن (5.16-6.86) درجة لعينات الدقيق الموحد وبيّن (1.61-2.41) درجة لعينات دقيق الزيرو، إذ ارتفعت درجة اللون مع ارتفاع نسبة الاستخراج وهذا يتوافق مع دراسات (El-Gammal, 2013). ازدادت نسبة البروتينات معنوياً مع إضافة الغلوتين الحيوي بنسبة (4) % إلى الدقيق، لتصل إلى (11.77) % في الدقيق الموحد و (10.81) % في دقيق الزيرو، كما ارتفعت نسبة البروتينات مع ارتفاع نسبة الاستخراج، وهذا يتوافق مع أبحاث (Vetrimani et al., 2005).

بالإضافة إلى ذلك، أظهر قياس كمية الغلوتين (النسبة المئوية للغلوتين الرطب والنسبة المئوية للغلوتين الجاف) باستخدام تقنية Glutomatic وجود فروقات معنوية بيّن عينات الدقيق لكل نوع دقيق، وازدادت المؤشرات معنوياً مع رفع نسبة الغلوتين الحيوي، حيث تراوحت النسبة المئوية للغلوتين الرطب بيّن (25.66-23.62) % للدقيق الموحد، وبيّن (27.79-25.42) % للدقيق الزيرو، وقد أثرت نسبة الغلوتين الرطب ايجابياً مع نسبة البروتينات في العينات، بيّنما تراوحت النسبة المئوية للغلوتين الجاف بيّن (9.41-8.21 و7.49-8.88) % للدقيق الموحد والزيرو على التوالي. من جهة أخرى، أظهر دليل الغلوتين وعلى النقيض من بقية المؤشرات الفيزيوكيميائية المقاسة، تأثراً معنوياً في كل من نوعي المحسنات المضافة، ويعود تأثير إضافة حمض الأسكوربيك في دليل الغلوتين إلى أكسدة مجموعات (SH-) في العجين إلى (–S-S-) مما يؤدي إلى زيادة الوزن الجزيئي لبروتينات الغلوتين (Schofield and Chen, 1996 ;Udeh et al., 1999)، وقد تراوح دليل الغلوتين لعينات الدقيق الموحد بيّن (78.69-60.14) % ولعينات دقيق الزيرو بيّن (61.25-78.60) %. ويتوافق ذلك مع دراسات سابقة بأن كمية ونوعية الغلوتين في الدقيق تخضع إلى تأثير العوامل الوراثية بشكل كبير (Surma et al., 2012) وترتبط بنسبة البروتين في الحبوب (Simic et al., 2006)، وكما يؤثر محتوى الدقيق من الغلوتين ونوعيته بشكل أساسي وايجابي في الخصائص الريولوجية للعجينة وخصائص المنتج النهائي، وتعد إلى حد كبير العامل المحدد لاستخدام الدقيق حسب دراسات (Sapirstein and Fu, 1998). (تشير رقم العينة إلى ترميز عينات دقيق الزيرو والموحد المدعم بالمحسنات وخليط منهما).

الجدول (3): الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق الموحد المدعم بالمحسنات.

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	اللون (درجة)	البروتين (%)	الغلوتين الرطب (%)	الغلوتين الجاف (%)	دليل الغلوتين (%)
1	13.59 ± 0.24^{a}	0.99 ± 0.11^{a}	5.16 ± 0.02^{a}	10.55 ± 0.66^{a}	23.83 ± 0.45^{a}	8.24 ± 0.02^{a}	60.14 ± 1.05^{a}
2	13.41 ± 0.55^{a}	0.95 ± 0.07^{a}	5.22 ± 0.08^{a}	10.65 ± 0.31^{a}	23.82 ± 0.61^{a}	8.21 ± 0.11^{a}	64.47 ± 2.21^{b}
3	13.26 ± 0.15^{a}	0.97 ± 0.10^{a}	5.20 ± 0.15^{a}	10.57 ± 0.22^{a}	23.62 ± 0.25^{a}	8.26 ± 0.25^{a}	68.00 ± 0.65^{c}
4	13.25 ± 0.43^{a}	0.99 ± 0.05^{a}	6.33 ± 0.09^{b}	11.54 ± 0.14^{b}	24.68 ± 0.34^{b}	8.75 ± 0.01^{b}	71.45 ± 0.71^{d}
5	13.24 ± 0.22^{a}	0.91 ± 0.02^{a}	6.84 ± 0.22^{c}	11.75 ± 0.45^{c}	25.66 ± 0.72^{c}	9.41 ± 0.22^{c}	75.25 ± 1.15^{e}
6	13.75 ± 0.11^{a}	0.93 ± 0.09^{a}	6.30 ± 0.11^{b}	11.50 ± 0.25^{b}	24.69 ± 0.12^{b}	8.81 ± 0.05^{b}	74.74 ± 1.25^{e}
7	13.58 ± 0.33^{a}	0.91 ± 0.14^{a}	6.81 ± 0.12^{c}	11.71 ± 0.30^{c}	25.59 ± 0.44^{c}	9.37 ± 0.21^{c}	77.12 ± 0.39^{f}
8	13.62 ± 0.10^{a}	0.94 ± 0.01^{a}	6.34 ± 0.04^{b}	11.48 ± 0.11^{b}	24.70 ± 0.21^{b}	8.77 ± 0.09^{b}	75.99 ± 1.20^{e}
9	13.56 ± 0.85^{a}	0.95 ± 0.12^{a}	6.86 ± 0.09^{c}	11.77 ± 0.05^{c}	25.48 ± 0.52^{c}	9.40 ± 0.15^{c}	78.69 ± 0.55^{f}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

الجدول (4): الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق الزيرو المدعم بالمحسنات.

رقم العينة	الرطوبة (%)	الرماد (%)	اللون (درجة)	البروتين (%)	الغلوتين الرطب (%)	الغلوتين الجاف (%)	دليل الغلوتين (%)
1	14.14 ± 0.23^{a}	0.62 ± 0.03^{a}	1.64 ± 0.07^{a}	9.31 ± 0.22^{a}	25.47 ± 0.22^{a}	7.55 ± 0.05^{a}	61.25 ± 0.66^{a}
2	14.28 ± 0.02^{a}	0.65 ± 0.10^{a}	1.61 ± 0.12^{a}	9.29 ± 0.15^{a}	25.42 ± 0.45^{a}	7.57 ± 0.11^{a}	65.22 ± 1.05^{b}
3	14.05 ± 0.11^{a}	0.65 ± 0.05^{a}	1.66 ± 0.02^{a}	9.33 ± 011^{a}	25.49 ± 0.12^{a}	7.49 ± 0.02^{a}	68.65 ± 1.25^{c}
4	14.26 ± 0.20^{a}	0.67 ± 0.01^{a}	2.10 ± 0.04^{b}	10.12 ± 0.25^{b}	26.28 ± 0.55^{b}	8.23 ± 0.23^{b}	72.33 ± 2.10^{d}
5	14.16 ± 0.15^{a}	0.66 ± 0.02^{a}	2.36 ± 0.10^{c}	10.75 ± 0.05^{c}	27.79 ± 0.10^{c}	8.84 ± 0.10^{c}	76.15 ± 2.31^{e}
6	14.09 ± 0.01^{a}	0.67 ± 0.04^{a}	2.09 ± 0.06^{b}	10.15 ± 0.26^{b}	26.26 ± 0.25^{b}	8.22 ± 0.04^{b}	76.05 ± 0.91^{e}
7	14.11 ± 0.10^{a}	0.62 ± 0.09^{a}	2.40 ± 0.11^{c}	10.81 ± 0.65^{c}	27.72 ± 0.51^{c}	8.85 ± 0.12^{c}	78.55 ± 2.11^{f}
8	14.21 ± 0.12^{a}	0.63 ± 0.11^{a}	2.12 ± 0.03^{b}	10.11 ± 0.14^{b}	26.29 ± 0.65^{b}	8.21 ± 0.01^{b}	76.12 ± 0.65^{e}
9	14.10 ± 0.02^{a}	0.62 ± 0.05^{a}	2.41 ± 0.10^{c}	10.77 ± 0.33^{c}	27.77 ± 0.44^{c}	8.88 ± 0.05^{c}	78.60 ± 2.21^{f}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

2-1- خصائص الفارينوغراف لأنواع دقيق القمح المدعمة بالمحسنات:

قدرت الخصائص الريولوجية باستخدام جهاز الفارينوغراف لنوعي دقيق القمح، عالي الجودة(زيرو) بنسبة استخراج (72) % ودقيق قياسي(موحد) بنسبة استخراج 80% (الجداول 5 و6)، والمدعم بنوعين من المحسنات (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) وخليط منهما حسب الجدول رقم (1). بيّنت نتائج عينات الدقيق المختبرة عدم وجود تأثير معنوي لإضافة حمض الأسكوربيك في امتصاص الدقيق للماء لكل من نوعي الدقيق وعند كل نسبة إضافة، لكن وجدت فروق معنوية في الامتصاصية عند إضافة الغلوتين الحيوي، وتميزت عينات الدقيق الموحد والمدعمة بنسبة (4) %غلوتين حيوي بأعلى قيمة للامتصاصية (59.33) %، بينما كانت نسبة الامتصاصية لعينات دقيق الزيرو والمدعمة بنسبة 4% غلوتين حيوي (58.55) %، كما أظهرت نتائج زمن تطور العجينة وجود فروق معنوية بيّن عينات الدقيق تبعاً لنسبة إضافة الغلوتين الحيوي، إذ لم يتأثر زمن تطور العجينة بإضافة حمض الأسكوربيك، وتراوح زمن تطور العجينة للدقيق الموحد بيّن (3.85-3.00) دقيقة ، ولدقيق الزيرو بيّن (2.70-2.20) دقيقة ، وتوافقت هذه النتائج مع نتائج دراسات سابقة (Terracone and Baiano, 2011; Baratto et al., 2016). على النقيض من ذلك، بيّنت نتائج تحليل التباين لزمن ثباتية العجينة بيّن العينات المدروسة وجود فروقات معنوية عند جميع نسب الإضافة من المحسنات ولنوعي الدقيق، حيث بلغ زمن ثباتية العجينة في عينة الشاهد (3.15 و4.25) دقيقة للدقيق الموحد والزيرو على التوالي، وارتفعت هذه القيم معنوياً إلى (4.50 و5.50) دقيقة للدقيق الموحد والزيرو على التوالي عند إضافة خليط المحسنات (200 ppm حمض الأسكوربيك و4% غلوتين حيوي)، و إضافة خليط المحسنات بالنسب المذكورة قد ساعد على رفع قوة الدقيق وذلك تبعاً لتصنيف الباحث (Williams, 1997). وتوافقت نتائج ثباتية العجينة مع نتائج درجة ضعف العجينة التي انخفضت معنوياً مع إضافة المحسنات، إذ بلغت درجة ضعف العجينة في عينات الشاهد (80.00 و75.00) BU وانخفضت معنوياً إلى (60.00) BU للدقيق الموحد والزيرو على التوالي، وتتوافق هذه النتائج مع دراسات سابقة حول تأثير إضافة المحسنات إلى دقيق القمح (Emire and Mekuria et al., 2013; Nikolic, 2015). بيّنت نتائج قياس الرقم الفالوريمتري ارتفاع قيمته في عينات الدقيق المدعمة بالغلوتين الحيوي (4 %)، حيث تراوح بيّن (62.50-56.50) BU للدقيق الموحد، وبيّن (61.88-54.10) BU للدقيق الزيرو.

الجدول (5): مؤشرات الفارينوغراف للدقيق الموحد المدعم بالمحسنات.

رقم العينة	الامتصاصية (%)	زمن التطور (د)	زمن الثبات (د)	الضعف (BU)	الرقم الفالوريمتري (BU)
1	55.10 ± 0.44^{a}	3.10 ± 0.02^{a}	3.15 ± 0.05^{a}	80.00 ± 2.30^{a}	56.50 ± 0.21^{a}
2	54.85 ± 0.12^{a}	3.00 ± 0.05^{a}	3.30 ± 0.01^{b}	72.00 ± 1.50^{b}	56.52 ± 0.15^{a}
3	55.05 ± 0.34^{a}	3.05 ± 0.01^{a}	3.55 ± 0.02^{c}	70.00 ± 0.80^{b}	56.60 ± 0.10^{a}
4	57.30 ± 0.10^{b}	3.50 ± 0.05^{b}	$3.40 \pm 0.01^{b,c}$	75.00 ± 0.55^{c}	58.10 ± 0.32^{b}
5	59.25 ± 0.65^{c}	3.80 ± 0.01^{c}	3.50 ± 0.05^{c}	71.00 ± 0.65^{b}	59.50 ± 0.22^{c}
6	57.15 ± 0.24^{b}	3.55 ± 0.02^{b}	4.05 ± 0.05^{d}	66.00 ± 2.45^{d}	58.25 ± 0.11^{c}
7	59.33 ± 0.72^{c}	3.85 ± 0.05^{c}	4.25 ± 0.01^{e}	$64.00 \pm 1.25^{d,e}$	58.85 ± 0.45^{c}
8	57.25 ± 0.15^{b}	3.50 ± 0.02^{b}	4.20 ± 0.02^{e}	$62.00 \pm 1.50^{e,f}$	61.44 ± 0.55^{d}
9	59.21 ± 0.40^{c}	3.85 ± 0.01^{c}	4.50 ± 0.05^{f}	60.00 ± 2.20^{f}	62.50 ± 0.30^{d}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

الجدول (6): مؤشرات الفارينوغراف لدقيق الزيرو المدعم بالمحسنات.

رقم العينة	الامتصاصية (%)	زمن التطور (د)	زمن الثبات (د)	الضعف (BU)	الرقم الفالوريمتري(BU)
1	54.20 ± 0.30^{a}	2.20 ± 0.01^{a}	4.25 ± 0.01^{a}	75.00 ± 0.50^{a}	54.10 ± 0.11^{a}
2	54.55 ± 0.10^{a}	2.15 ± 0.02^{a}	4.50 ± 0.04^{b}	70.00 ± 0.65^{b}	54.20 ± 0.10^{a}
3	54.25 ± 0.15^{a}	2.25 ± 0.01^{a}	4.75 ± 0.01^{c}	71.00 ± 2.40^{b}	54.25 ± 0.35^{a}
4	56.21 ± 0.22^{b}	2.45 ± 0.15^{b}	4.70 ± 0.05^{c}	73.00 ± 0.25^{a}	56.05 ± 0.15^{b}
5	58.30 ± 0.11^{c}	2.65 ± 0.05^{c}	4.65 ± 0.01^{c}	70.00 ± 1.15^{b}	58.10 ± 0.05^{c}
6	56.20 ± 0.05^{b}	2.40 ± 0.01^{b}	5.00 ± 0.02^{d}	65.00 ± 1.05^{d}	58.05 ± 0.30^{c}
7	58.55 ± 0.26^{c}	2.70 ± 0.10^{c}	$5.15 \pm 0.04^{d,e}$	65.00 ± 0.15^{d}	59.25 ± 0.15^{d}
8	56.15 ± 0.35^{b}	2.50 ± 0.01^{b}	5.25 ± 0.01^{e}	61.00 ± 0.20^{e}	60.65 ± 0.20^{e}
9	58.35 ± 0.12^{c}	2.65 ± 0.05^{c}	5.50 ± 0.02^{f}	60.00 ± 1.10^{e}	61.88 ± 0.15^{f}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$

3-1- خصائص الاكستينسوغراف لأنواع دقيق القمح المدعمة بالمحسنات:

قُدِّرت الخصائص الريولوجية باستخدام تقنية الاكستينسوغراف لنوعي دقيق القمح، عالي الجودة(زيرو) بنسبة استخراج 72% ودقيق قياسي(موحد) بنسبة استخراج 80% (الجداول 7و8) والمدعم بنوعين من المحسنات (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) وخليط منهما حسب الجدول رقم (1). بيّنت نتائج عينات الدقيق المختبرة وجود تباين بدرجة تأثير المحسنات المضافة في خصائص الاكستينسوغراف لنوعي الدقيق (الدقيق الموحد ودقيق الزيرو)، وقد يعود ذلك إلى الاختلاف في قوة الدقيق بسبب تأثير ارتفاع نسبة الألياف في الدقيق الموحد والتي تعمل على تقطيع الشبكة الغلوتينية (Moradi *et al.*, 2016)، بالإضافة إلى ذلك، كان تأثير إضافة المحسنات في خصائص الاكستينسوغراف المختلفة أكثر وضوحاً بالمقارنة مع خصائص الفارينوغراف، وهذا يتوافق مع (Horvat et al., 2007). بيّن اختبار تحليل التباين وجود فروقات معنوية في قيم مقاومة الشد، التي تعبر عن طول المنحني بوحدات البرابندر (BU) بعد 5 سم من بداية الاكستينسوغرام، فقد ازدادت القيم بشكل معنوي ما بيّن عينات الشاهد لكل نوع دقيق وبقية العينات المدعمة بحمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي، إذ تراوحت قيم مقاومة الشد بيّن (280.40-291.50) BU و(290.30-315.65) BU للدقيق الموحد والزيرو على التوالي. ومن جهة أخرى، ازدادت المقاومة العظمى للشد، وهي الارتفاع الأعظمي للمنحني والمؤشر الهام الذي يدل على قوة الدقيق، فقد بلغت في عينات الشاهد دون إضافة المحسنات (360.50 و375.20) BU للدقيق الموحد والزيرو على التوالي، وتبعاً لتصنيف (Williams, 1997) الذي يعطي القيم (120، 350، 450 و630) BU للمقاومة العظمى للشد للدقيق الضعيف ومتوسط القوة والقوي على التوالي، يمكن تصنيف غلوتين العينات المدروسة كغلوتين متوسط القوة. وعلى النقيض من المؤشرات السابقة، انخفضت مرونة العجينة، وهي طول المسقط الأفقي للاكستينسوغراف بالميليمتر، عند تدعيم الدقيق بنوعي المحسنات المدروسة، إذ بلغت قيمة المرونة في عينات الشاهد (140.25 و135.15) مم وانخفضت إلى (126.10 و121.15) مم للدقيق الموحد والزيرو على التوالي. كما بيّنت نتائج قياس المطاطية، وهي نسبة المقاومة العظمى للشد إلى المرونة، ارتفاع قيم المطاطية معنوياً مع إضافة نوعي المحسنات، إذ تراوحت في عينات الدقيق الموحد بيّن (2.57-2.99) مم، وفي عينات الدقيق الزيرو بيّن (2.78- 3.29) مم، وتتوافق هذه النتائج مع دراسات سابقة حول تأثير إضافة المحسنات في مؤشرات الاكستينسوغراف للدقيق (Horvat et al.,2009 ;Terracone and Parate et al., 2011; Baiano, 2016).

الجدول (7): مؤشرات الاكستينسوغراف للدقيق الموحد المدعم بالمحسنات.

رقم العينة	مقاومة الشد (BU)	المقاومة العظمى (BU)	المرونة (مم)	المطاطية(مم)
1	280.40 ± 2.15^{a}	360.50 ± 2.24^{a}	140.25 ± 1.06^{a}	2.57 ± 0.12^{a}
2	285.10 ± 1.61^{b}	362.35 ± 1.55^{a}	136.30 ± 1.45^{b}	2.66 ± 0.08^{b}
3	289.00 ± 3.25^{c}	366.40 ± 3.12^{b}	132.15 ± 2.40^{c}	2.77 ± 0.25^{c}
4	284.30 ± 1.12^{b}	365.10 ± 2.20^{b}	138.55 ± 1.10^{d}	2.64 ± 0.05^{b}
5	290.50 ± 2.20^{c}	371.00 ± 2.10^{c}	135.25 ± 1.82^{b}	2.74 ± 0.15^{c}
6	290.10 ± 1.15^{c}	375.40 ± 1.80^{d}	130.00 ± 0.96^{e}	2.89 ± 0.31^{d}
7	291.20 ± 1.45^{c}	375.65 ± 1.55^{d}	131.65 ± 3.05^{e}	2.85 ± 0.20^{d}
8	290.70 ± 0.90^{c}	377.20 ± 3.30^{d}	126.45 ± 2.72^{c}	2.98 ± 0.11^{e}
9	291.50 ± 2.35^{c}	377.00 ± 1.15^{d}	126.10 ± 2.16^{c}	2.99 ± 0.24^{e}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

الجدول (8): مؤشرات الاكستينسوغراف لدقيق الزيرو المدعم بالمحسنات.

رقم العينة	مقاومة الشد (BU)	المقاومة العظمى (BU)	المرونة (مم)	المطاطية(مم)
1	290.30 ± 1.55^{a}	375.20 ± 3.22^{a}	135.15 ± 2.20^{a}	2.78 ± 0.10^{a}
2	294.55 ± 2.31^{b}	377.10 ± 1.15^{a}	132.10 ± 2.05^{b}	2.85 ± 0.02^{b}
3	299.05 ± 1.50^{c}	386.25 ± 2.05^{b}	130.50 ± 1.56^{b}	2.96 ± 0.12^{c}
4	295.10 ± 2.20^{b}	380.00 ± 1.88^{c}	125.35 ± 1.33^{c}	3.03 ± 0.20^{d}
5	299.00 ± 2.34^{c}	388.55 ± 1.54^{d}	126.20 ± 2.41^{c}	3.08 ± 0.05^{d}
6	310.10 ± 2.45^{d}	385.50 ± 1.12^{b}	122.40 ± 2.30^{d}	3.15 ± 0.22^{e}
7	310.50 ± 1.12^{d}	390.05 ± 2.25^{d}	120.65 ± 2.91^{d}	3.23 ± 0.11^{f}
8	315.20 ± 1.24^{e}	396.45 ± 2.55^{e}	120.45 ± 1.11^{d}	3.29 ± 0.25^{f}
9	315.65 ± 2.10^{e}	395.00 ± 2.15^{e}	121.15 ± 1.95^{d}	3.26 ± 0.05^{f}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

2- تأثير طريقة التجميد وزمن التخزين في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة:

2-1- قياس الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة:

2-1-1- قياس نشاط الخميرة للعجائن المجمدة:

قُدر نشاط الخميرة للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة والطريقة السريعة كما هو موضح بالجداول (9 و10) والشكل (13) على التوالي والمحضرة من نوعي دقيق القمح، عالي الجودة (زيرو) نسبة استخراج 72% ودقيق قياسي(موحد) نسبة استخراج 80% والمدعم بنوعين من المحسنات (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) وخليط منهما حسب الجدول رقم (1).

أهم ما يميز نتائج التحليل هو التأثير المعنوي لجميع المتغيرات المدروسة (المحسنات المضافة، طريقة التجميد وزمن لتخزين) في نشاط الخميرة، فقد أدى إضافة المحسنات إلى زيادة معنوية في قوة التخمر، حيث ارتفعت قيم قوة التخمر للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة من (16.00، 15.23، 10.56 و8.36) سم^3 في عينات الشاهد إلى (16.82، 15.81، 10.92 و8.60) سم^3 في العينات رقم9(المدعمة بحمض اسكوربيك ppm200 و غلوتين حيوي(4) %، وكما ارتفعت قيم قوة التخمر للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة من (9.10، 8.25، 6.40 و5.33) سم^3 في عينات الشاهد إلى (9.75، 8.85، 6.95 و5.95) سم^3 في العينات رقم 9 (المدعمة بحمض الأسكوربيك ppm200 و غلوتين حيوي 4%) خلال فترة التخزين (30، 60، 90 و120) يوم على التوالي. أشارت دراسات سابقة إلى أن تأثير إضافة حمض الأسكوربيك في سلوك العجين المخمر يعتمد على تركيبة الدقيق خاصةً في مرحلة التخمير، إذ يقل تأثيره في العجين المتخمر تأثيراً كبيراً بسبب وجود الخميرة التي تجعل الظروف أكثر لاهوائيةً، ولكن بعد ترييح العجين، يكون لحمض الأسكوربيك تأثير تقوية ملحوظ في شبكة الغلوتين بسبب زيادة الارتباط المتبادل لبروتيناته، ويحدث التأثير المؤكسد في الغالب في أثناء استراحة العجين، وإن آلية تحسين حمض الأسكوربيك للخصائص الانسيابية لعجينة الدقيق والماء ترجع في الغالب إلى تطوير قدرته على التبرع بالإلكترون والمنتجات التفاعلية مثل (Baratto *et al.*, 2016). على النقيض من ذلك، لوحظ وجود تأثيراً معنوياً سلبياً لزمن التخزين في نشاط الخميرة، إذ انخفضت قيم قوة التخمر لجميع العينات في طريقتي التجميد مع ازدياد زمن التخزين المجمد، ويمكن أن ينتج ضعف احتباس الغاز أثناء ترييح العجين عن تلف شبكة بروتين الغلوتين ثلاثية الأبعاد، وإلى إطلاق مواد مختزلة مثل الجلوتاثيون من الخميرة أثناء التجميد (*et* Smail *al.*, 2012).

الجدول (9): نشاط الخميرة (سم^3) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.

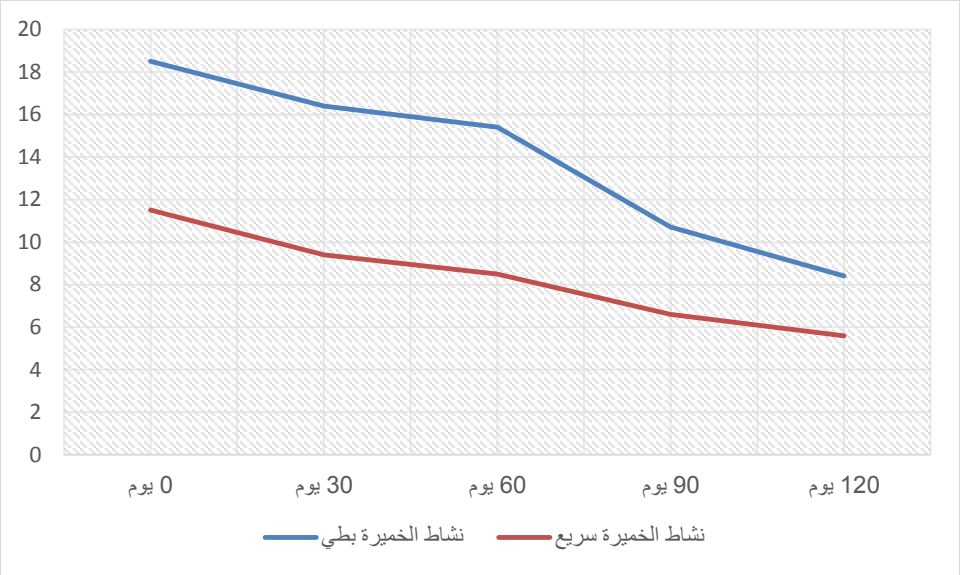
رقم العينة /الأيام	فترة التخزين				
	0 يوم	30 يوم	60 يوم	90 يوم	120 يوم
1	18.10 ± 0.16^{a}	16.00 ± 0.17^{a}	15.23 ± 0.25^{a}	10.56 ± 0.41^{a}	8.36 ± 0.32^{a}
2	18.35 ± 0.13^{b}	16.30 ± 0.11^{b}	15.20 ± 0.16^{a}	10.52 ± 0.20^{a}	8.40 ± 0.11^{b}
3	18.45 ± 0.25^{c}	16.45 ± 0.31^{c}	15.26 ± 0.15^{a}	10.55 ± 0.22^{a}	8.35 ± 0.15^{a}
4	18.46 ± 0.33^{b}	16.26 ± 0.30^{b}	15.40 ± 0.20^{b}	10.71 ± 0.30^{b}	8.45 ± 0.37^{b}
5	18.70 ± 0.31^{e}	16.50 ± 0.20^{c}	15.44 ± 0.35^{b}	10.76 ± 0.41^{b}	8.32 ± 0.12^{a}
6	18.35 ± 0.16^{c}	16.35 ± 0.12^{b}	15.65 ± 0.11^{c}	10.75 ± 0.33^{b}	8.40 ± 0.31^{a}
7	18.55 ± 0.11^{b}	16.55 ± 0.10^{c}	15.66 ± 0.15^{c}	10.80 ± 0.21^{b}	8.38 ± 0.15^{a}
8	18.79 ± 0.30^{d}	16.77 ± 0.22^{d}	15.84 ± 0.05^{d}	10.95 ± 0.30^{c}	8.55 ± 0.25^{c}
9	18.87 ± 0.11^{a}	16.82 ± 0.10^{e}	15.81 ± 0.25^{d}	10.92 ± 0.41^{c}	8.60 ± 0.22^{c}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

الجدول (10): نشاط الخميرة (سم^3) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.

رقم العينة / الأيام	فترة التخزين				
	0 يوم	30 يوم	60 يوم	90 يوم	120 يوم
1	11.11 ± 0.14^{a}	9.10 ± 0.22^{a}	8.25 ± 0.12^{a}	6.40 ± 0.26^{a}	5.33 ± 0.37^{a}
2	11.45 ± 0.16^{b}	9.46 ± 0.40^{b}	8.55 ± 0.32^{b}	6.55 ± 0.52^{b}	5.45 ± 0.32^{b}
3	11.55 ± 0.24^{c}	9.53 ± 0.06^{c}	8.56 ± 0.27^{b}	6.56 ± 0.305^{b}	5.46 ± 0.41^{b}
4	11.66 ± 0.33^{b}	9.20 ± 0.17^{d}	8.30 ± 0.10^{a}	6.50 ± 0.57^{b}	5.50 ± 0.26^{b}
5	11.70 ± 0.37^{e}	9.34 ± 0.12^{e}	8.35 ± 0.20^{a}	6.54 ± 0.26^{b}	5.53 ± 0.30^{b}
6	11.45 ± 0.19^{c}	9.55 ± 0.10^{c}	8.66 ± 0.40^{c}	6.72 ± 0.11^{c}	5.65 ± 0.12^{c}
7	11.55 ± 0.11^{b}	9.66 ± 0.25^{f}	8.65 ± 0.15^{c}	6.75 ± 0.31^{c}	5.66 ± 0.15^{c}
8	11.79 ± 0.30^{d}	9.58 ± 0.15^{c}	8.82 ± 0.17^{d}	6.91 ± 0.12^{d}	5.88 ± 0.22^{d}
9	11.87 ± 0.11^{a}	9.75 ± 0.11^{g}	8.85 ± 0.20^{d}	6.95 ± 0.20^{d}	5.95 ± 0.37^{e}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.



الشكل (3): نشاط الخميرة للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة والبطيئة.

2- 2 قياس الخصائص الريولوجية للعجائن المجمدة:

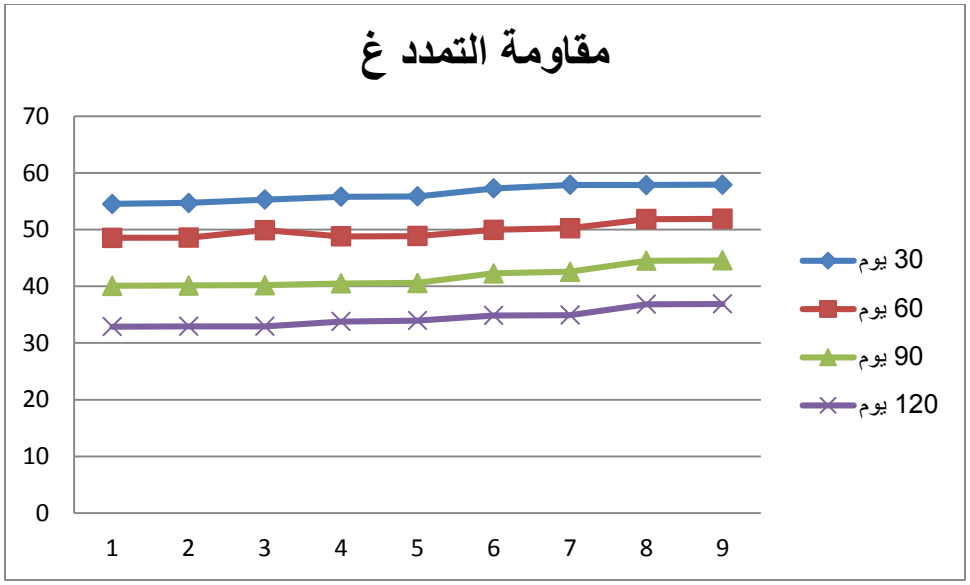
2-2-1- مقاومة التمدد للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة والسريعة:

قيست الخصائص الريولوجية باستخدام جهاز (Texter Analyser) لعينات العجين المجمد، وسُجِّلت نتائج مقاومة التمدد للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة والطريقة السريعة في الجدولين (11 و12) على التوالي. بيّنت نتائج تحليل التباين ANOVA لتحديد الفروقات المعنوية بيّن المتوسطات لقيم مقاومة التمدد للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة لدقيق الزيرو المدعم بالمحسنات، انخفاض الحد الأقصى لمتوسط مقاومة التمدد للعجين المجمد بعد مرور 120 يوم من التخزين المجمد، إذ وصلت إلى (32.90 و28.59) غ في عينة الشاهد المخزن لمدة 120 يوم، بيّنما كانت (54.53 و48.36) غ عند التخزين المجمد لمدة 30 يوم في الطريقة البطيئة والطريقة السريعة على التوالي، وقد يشير الانخفاض في المقاومة للتمدد إلى تدهور في شبكة الغلوتين(Kerr and Yi , 2009). بالإضافة إلى ذلك، ساعدت المحسنات المضافة بنوعيها (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) على تحسين قيم مقاومة التمدد للعجائن المجمدة، إذ وصلت القيم إلى (57.90 و51.30) غ عند إضافة التراكيز العليا من المحسنات (العينة رقم 9 المدعمة بحمض الأسكوربيك 200ppm وغلوتين حيوي(4) % خلال فترة تخزين العجائن لمدة 30 يوم. من جهة أخرى، كانت قيم مقاومة التمدد للعجائن المجمد بالطريقة البطيئة أعلى من مثيلاتها من العجائن المجمدة بالطريقة السريعة. أظهرت الدراسات الميكروسكوبية للعجائن المجمدة أنه أثناء التجميد هناك أيضاً تأثيرات سلبية في بنية العجين، إذ تنهار شبكة الغلوتين عند تعرضها للتجميد والذوبان، وربطت ذلك بالتغيرات في الخصائص الريولوجية للعجين (Esselink *et al.*, 2003).

الجدول (11): قيم مقاومة التمدد (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.

فترة التخزين				
رقم العينة/الأيام	30 يوم	60 يوم	90 يوم	120 يوم
1	54.53 ± 0.56^{a}	48.55 ± 0.64^{a}	40.08 ± 0.59^{a}	32.90 ± 0.71^{a}
2	54.70 ± 1.28^{b}	48.56 ± 1.09^{a}	40.15 ± 1.08^{a}	32.95 ± 0.58^{a}
3	55.28 ± 0.17^{c}	49.90 ± 0.60^{b}	40.20 ± 0.72^{a}	32.93 ± 0.55^{a}
4	55.80 ± 0.97^{d}	48.80 ± 0.54^{c}	40.50 ± 1.14^{b}	33.80 ± 0.45^{b}
5	55.85 ± 0.22^{d}	48.85 ± 0.64^{c}	40.58 ± 0.50^{b}	33.97 ± 0.25^{c}
6	57.25 ± 1.58^{e}	49.96 ± 1.09^{b}	42.27 ± 1.22^{c}	34.85 ± 0.52^{d}
7	57.88 ± 0.12^{f}	50.25 ± 0.30^{d}	42.56 ± 0.12d	34.93 ± 0.55^{d}
8	57.86 ± 0.55^{f}	51.85 ± 0.51^{e}	44.50 ± 1.14^{e}	36.85 ± 0.79^{e}
9	57.90 ± 0.33^{f}	51.90 ± 0.44^{e}	44.58 ± 0.34^{e}	36.90 ± 0.11^{e}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

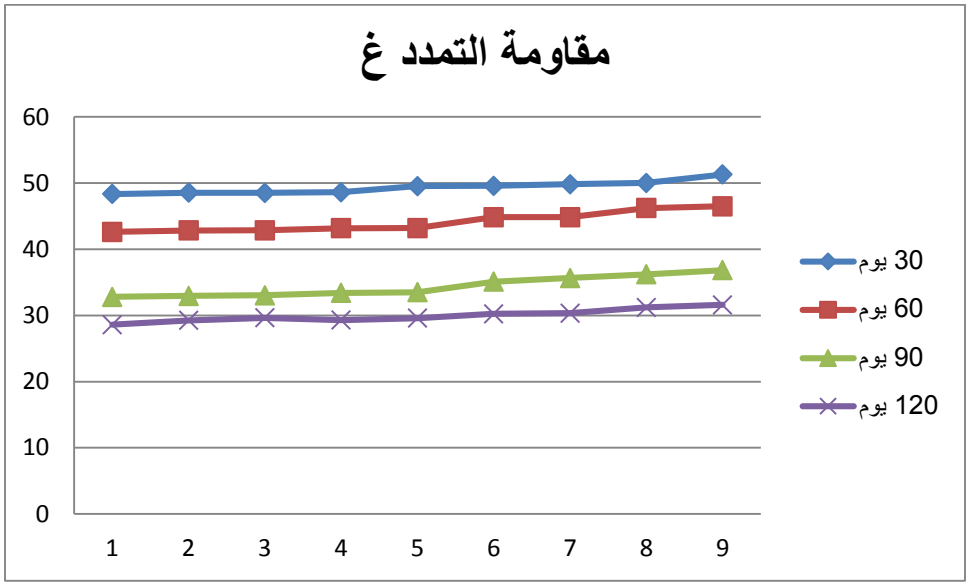


الشكل (4): قيم مقاومة التمدد (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.

الجدول (12): قيم مقاومة التمدد (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.

فترة التخزين				
رقم العينة/الأيام	30 يوم	60 يوم	90 يوم	120 يوم
1	48.36 ± 1.14[a]	42.63 ± 0.60[a]	32.80 ± 0.22[a]	28.59 ± 0.78[a]
2	48.55 ± 0.63[b]	42.84 ± 0.44[b]	32.95 ± 0.15[b]	29.26 ± 0.19[b]
3	48.52 ± 1.18[b]	42.86 ± 0.25[b]	33.05 ± 0.52[b]	29.65 ± 0.21[c]
4	48.62 ± 0.73[b]	43.17 ± 0.49[c]	33.42 ± 0.17[c]	29.30 ± 0.12[b]
5	49.55 ± 1.10[c]	43.20 ± 0.55[c]	33.50 ± 0.45[c]	29.59 ± 0.78[b]
6	49.60 ± 0.33[c]	44.85 ± 0.69[d]	35.10 ± 0.55[d]	30.25 ± 0.33[d]
7	49.82 ± 0.44[d]	44.86 ± 0.34[d]	35.66 ± 0.20[e]	30.35 ± 0.14[d]
8	50.02 ± 0.25[e]	46.22 ± 0.15[e]	36.22 ± 0.65[f]	31.20 ± 0.15[e]
9	51.30 ± 0.44[f]	46.50 ± 0.60[f]	36.85 ± 0.11[g]	31.60 ± 0.45[f]

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة P≤0.05.



الشكل (5): قيم مقاومة التمدد (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.

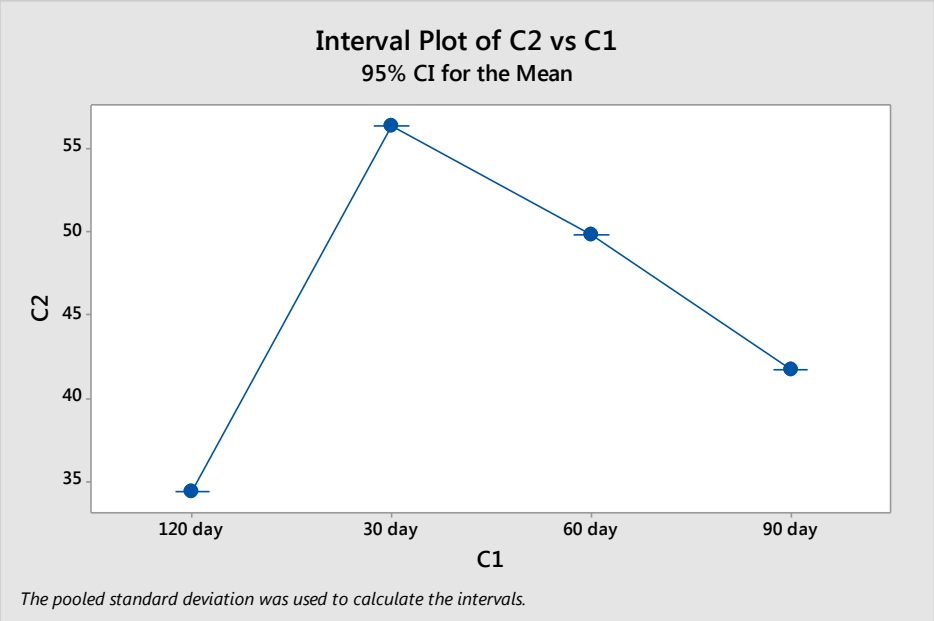
3-2- قابلية التمدد للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة والسريعة:

يبيّن الجدولين (13و14) قيم قابلية التمدد للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة والطريقة السريعة على التوالي. لوحظ من النتائج وجود فروقات معنوية بيّن فترات التخزين المدروسة للعينات جميعها وبيّن طريقتي التجميد، إذ انخفضت قيم قابلية التمدد مع استمرار عملية التخزين المجمد، وتراوحت في عينات الشاهد بيّن (80.00-70.65) مم ، بيّنما تراوحت في العينات المدعمة بنسبة 200 ppm حمض الأسكوربيك و4% غلوتين حيوي بيّن (83.10-72.55) مم في طريقة التجميد البطيئة، من جهة أخرى، تراوحت في عينات الشاهد بيّن (74.15-48.55) مم ، وتراوحت في العينة رقم 9 المدعمة بحمض الأسكوربيك 200ppm وغلوتين حيوي(4) % بيّن (75.85-49.95) مم في طريقة التجميد السريعة، وقد توافقت نتائج هذه الدراسة مع أبحاث سابقة إذ بيّنت أن إعادة بلورة الجليد وهجرة الماء في العجين تؤثر أيضاً في بنية العجين، و يغير التخزين المجمد لفترات طويلة مصفوفة بروتين الغلوتين، مما يؤدي إلى إضعاف العجين ويقلل من احتباس الغازات، بالإضافة إلى ذلك، تؤدي إصابة أغشية الخميرة الناتجة عن التجميد والذوبان إلى إطلاق مواد كيميائية خلوية لها تأثيرات ضارة على بنية العجين (Rojas *et al.*, 2000).

الجدول (13): قيم قابلية التمدد (مم) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.

	فترة التخزين			
رقم العينة/الأيام	30 يوم	60 يوم	90 يوم	120 يوم
1	80.00 ± 0.12^{a}	77.80 ± 0.26^{a}	74.50 ± 0.11^{a}	70.65 ± 0.71^{a}
2	80.60 ± 0.50^{b}	78.25 ± 0.61^{b}	74.85 ± 0.70^{b}	70.85 ± 0.24^{b}
3	80.65 ± 0.11^{b}	78.55 ± 0.30^{c}	74.80 ± 0.15^{b}	70.90 ± 0.61^{b}
4	80.55 ± 0.38^{b}	78.60 ± 0.22^{c}	75.25 ± 0.12^{c}	71.35 ± 0.25^{c}
5	80.60 ± 0.44^{b}	78.85 ± 0.21^{d}	75.85 ± 0.56^{d}	71.85 ± 0.11^{d}
6	81.20 ± 0.52^{c}	79.35 ± 0.41^{e}	75.80 ± 0.10^{d}	71.85 ± 0.44^{d}
7	81.25 ± 0.52^{c}	79.55 ± 0.32^{f}	76.30 ± 0.11^{e}	72.05 ± 0.22^{e}
8	82.85 ± 0.66^{d}	79.50 ± 0.22^{f}	76.65 ± 0.45^{f}	72.10 ± 0.20^{e}
9	83.10 ± 0.15^{e}	79.85 ± 0.65^{g}	76.90 ± 0.50^{g}	72.55 ± 0.21^{f}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

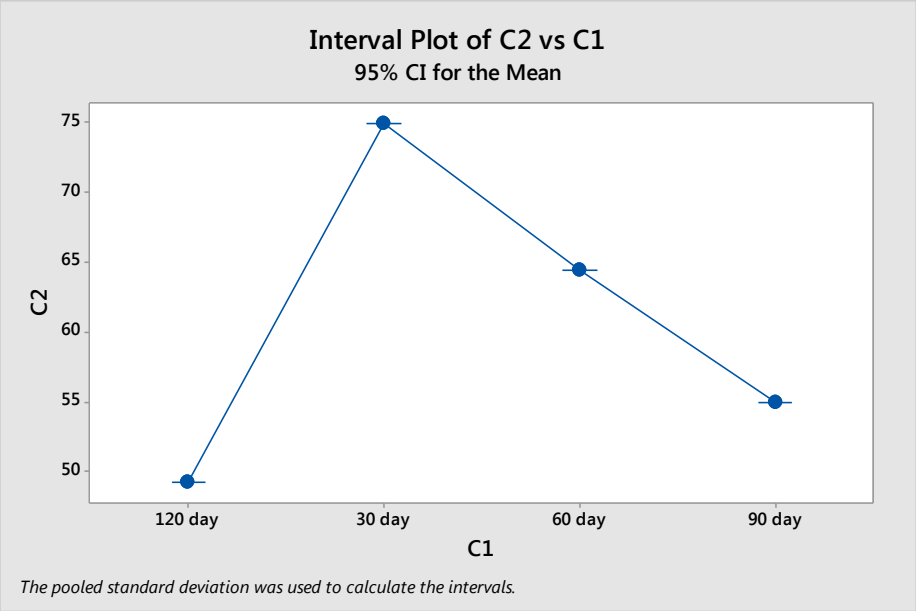


الشكل (6): قيم قابلية التمدد (مم) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة (c_1 فترة التخزين، c_2 قابلية التمدد).

الجدول (14): قيم قابلية التمدد (مم) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.

فترة التخزين				
120 يوم	90 يوم	60 يوم	30 يوم	رقم العينة/الأيام
48.55 ± 0.46^{a}	54.15 ± 0.31^{a}	63.60 ± 0.59^{a}	74.15 ± 0.65^{a}	**1**
48.85 ± 0.22^{b}	54.35 ± 1.03^{b}	64.05 ± 0.24^{b}	74.65 ± 0.15^{b}	**2**
49.20 ± 0.13^{c}	54.75 ± 0.95^{c}	64.45 ± 0.49^{c}	74.90 ± 0.55^{c}	**3**
49.10 ± 0.31^{c}	54.40 ± 0.69^{b}	63.85 ± 0.55^{d}	74.60 ± 0.97^{b}	**4**
49.55 ± 0.42^{d}	54.80 ± 0.33^{c}	64.10 ± 0.22^{b}	74.70 ± 0.15^{b}	**5**
49.35 ± 0.15^{e}	55.30 ± 0.20^{d}	64.40 ± 0.34^{c}	74.95 ± 0.25^{c}	**6**
49.60 ± 0.33^{f}	55.65 ± 0.35^{e}	64.80 ± 0.41^{d}	74.95 ± 0.22^{b}	**7**
49.65 ± 0.21^{f}	55.60 ± 0.29^{e}	64.90 ± 0.49^{d}	75.40 ± 0.66^{d}	**8**
49.95 ± 0.45^{g}	56.10 ± 0.11^{f}	65.60 ± 0.30^{e}	75.85 ± 0.44^{e}	**9**

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.



الشكل (7): قيم قابلية التمدد (مم) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة (c_1فترة التخزين، c_2 قابلية التمدد).

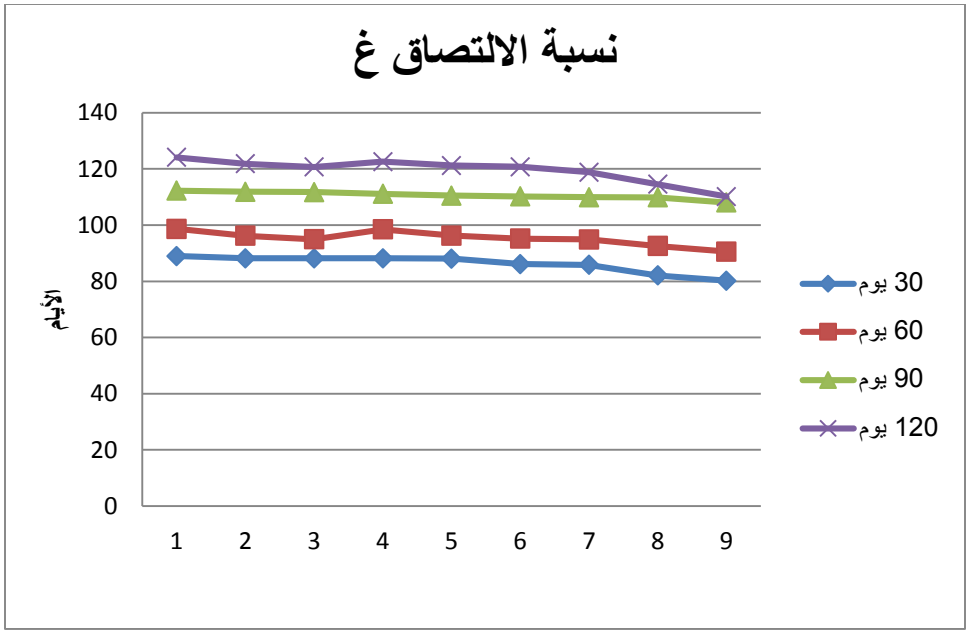
4-2 نسبة الالتصاق للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة والسريعة:

بيّنت نتائج التحليل أن قيم نسبة التصاق العجين قد تأثرت معنوياً بزمن التخزين، إذ زادت قيم الالتصاق للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة، وتراوحت بيّن (88.97-124.11 و80.24-110.15) غ لعينات الشاهد والعينات رقم (9) المدعمة (بحمض الأسكوربيك 200ppm وغلوتين حيوي 4%) عند التخزين من 30 يوم إلى 120 يوم على التوالي، مقارنةً مع (88.74-105.46 غ و80.75-95.88 غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة. قد يكون الارتفاع في قيم التصاق العجين المجمد ناتجاً عن اختلال روابط شبكة الغلوتين الناجم عن العمل الميكانيكي لبلورات الثلج (Havet *et al.*, 2000) ، وكما بيّنت دراسات سابقة أيضاً أن فترة التخزين المجمد كان لها تأثيراً سلبياً على صلابة العجين ونعومته وقابليته للالتصاق (Meziani *et al.*, 2012; Angioloni *et al.*, 2008)، وفقاً لـ (Esteller *et al.*, 2004) تحدث التغييرات في روابط ثنائي الكبريتيد والهيدروجين والأيونات في أثناء التخزين المجمد، مما يؤدي إلى اختلال تدريجي في بنية العجين، لذلك، قد يكون الانخفاض في التجاذب بيّن الجزيئات بيّن مكونات العجين المجمد في أثناء التخزين هو سبب تراكم العجين و زيادة الالتصاق.

الجدول (15): قيم نسبة الالتصاق (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.

فترة التخزين				
رقم العينة/الأيام	30 يوم	60 يوم	90 يوم	120 يوم
1	88.97 ± 0.68[a]	98.64 ± 0.16[a]	112.29 ± 0.96[a]	124.11 ± 1.79[a]
2	88.16 ± 0.49[b]	96.21 ± 0.30[b]	111.86 ± 0.68[b]	121.87 ± 1.48[b]
3	88.17 ± 1.02[b]	94.96 ± 0.46[c]	111.75 ± 0.22[b]	120.68 ± 0.50[c]
4	88.19 ± 0.91[b]	98.48 ± 0.37[d]	111.12 ± 0.55[a]	122.56 ± 0.45[d]
5	88.10 ± 0.55[b]	96.25 ± 0.16[b]	110.50 ± 0.12[c]	121.21 ± 0.55[e]
6	86.15 ± 0.44[c]	95.21 ± 0.33[e]	110.25 ± 0.33[d]	120.77 ± 0.40[c]
7	85.87 ± 0.25[d]	94.88 ± 0.25[c]	109.92 ± 0.65e	118.85 ± 0.22[e]
8	82.10 ± 0.56[e]	92.58 ± 0.41[f]	109.88 ± 0.42[e]	114.55 ± 1.45[f]
9	80.24 ± 0.32[f]	90.60 ± 0.15[g]	108.09 ± 0.36[f]	110.15 ± 1.20[g]

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

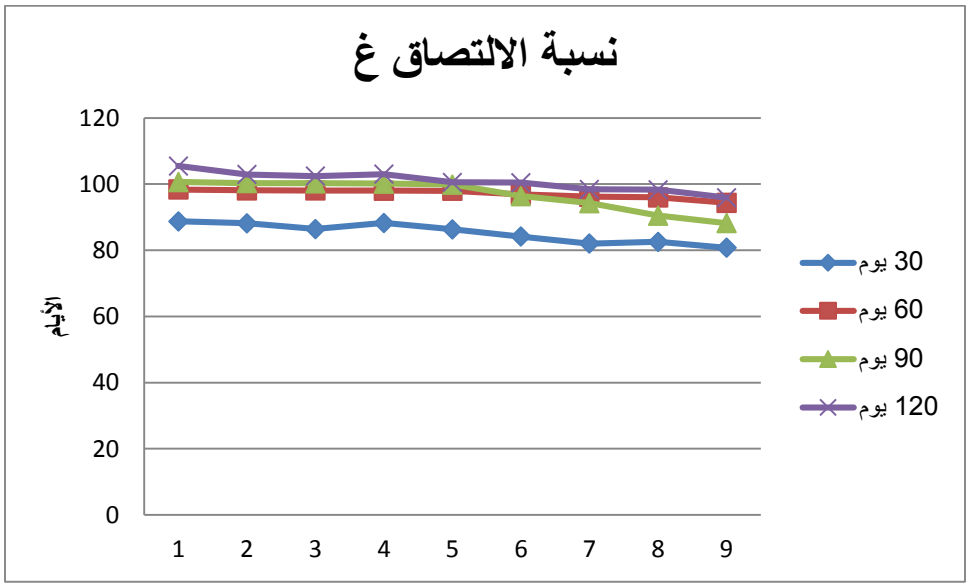


الشكل (8): قيم نسبة الالتصاق (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة.

الجدول (16): قيم نسبة الالتصاق (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.

فترة التخزين				
120 يوم	90 يوم	60 يوم	30 يوم	رقم العينة/الأيام
105.46 ± 0.91[a]	100.66 ± 1.94[a]	98.35 ± 0.45[a]	88.74 ± 0.43[a]	**1**
102.91 ± 0.65[b]	100.28 ± 0.67[b]	98.15 ± 1.15[b]	88.15 ± 0.58b	**2**
102.44 ± 0.95[c]	100.25 ± 0.80[b]	98.10 ± 0.61[b]	86.41 ± 0.66[c]	**3**
103.01 ± 1.88[d]	100.15 ± 1.73[b]	98.05 ± 0.71[b]	88.24 ± 0.59[b]	**4**
100.55 ± 0.43[e]	99.85 ± 0.88[c]	98.00 ± 0.44[b]	86.35 ± 0.33[c]	**5**
100.45 ± 0.35[e]	96.40 ± 0.45[d]	96.85 ± 0.35[c]	84.15 ± 0.68[d]	**6**
98.42 ± 0.65[f]	94.25 ± 0.22[e]	96.21 ± 0.65[d]	82.01 ± 0.65[e]	**7**
98.33 ± 0.22[f]	90.50 ± 0.44[f]	96.00 ± 0.11[e]	82.55 ± 0.23[f]	**8**
95.88 ± 0.66[g]	88.20 ± 0.56[g]	94.35 ± 0.40[f]	80.75 ± 0.44[g]	**9**

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.



الشكل (9): قيم نسبة الالتصاق (غ) للعجائن المجمدة بالطريقة السريعة.

3-الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للبيتزا المحضرة من العجائن المجمدة والمدعمة بالمحسنات:

3-1- الخصائص الفيزيائية لعجائن البيتزا:

أظهرت نتائج دراسة الخصائص الفيزيائية لعجينة البيتزا المجمدة والمدعمة بالمحسنات (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) وخليط منهما، تأثر حجم العجين بإضافة المحسنات معنوياً على مستوى ثقة ($P\leq0.05$) وتراوحت قيمه بيّن (169.56-169.69) سم^3 وهذا يعود إلى حمض الأسكوربيك الذي يحسن من قدرة العجين على الاحتفاظ بالغازات وتقوية شبكة الغلوتين ويزيد من حجم العجين ويقلل مدة التخمر ويحسن أيضاً حجم العجين الناتج فيكون ذا مسامات أنعم ولبّ متجانس مع التقليل من ظاهرة البيات وإطالة فترة صلاحية العجين، وهذا يتوافق مع نتائج (Renzetti S and Dal Bello F, 2008)، وأوضحت بعض الدراسات أن مدّة التخزين الطويلة ترتبط بانخفاض في حجم المنتج النهائي فقد وجد (Giannou and Tzia, 2007) أن جودة العجين المجمد تتدهور بسرعة خلال الأشهر الأولى من التخزين المجمد ولكنها تبقى مستقرة لمدة تصل إلى 9 أشهر من التخزين. كذلك لوحظ نفس التأثير بالنسبة إلى الحجم النوعي حيث تراوحت قيمه بيّن (1.75-1.76) سم^3 / غ عند إضافة المحسنات إلى العجين، حيث أن معدل التجميد ودرجة حرارته له تأثير على الحجم النوعي، ففي دراسات سابقة اختلف الحجم النوعي للعجين المجمد بيّن فترات التخزين 30 يوم و180يوم فقد كان العجين المجمد المخزن لمدة 180 يوما أقل حجماً، وهذا يتوافق مع (Kenny, 2001) ولوحظ وجود فروق معنوية بيّن الشاهد ونسب الإضافة من المحسنات بالنسبة للوزن حيث تراوحت قيمه بيّن (96.33-96.79) غ.

الجدول (17): الخصائص الفيزيائية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة.

رقم العينة	الوزن(غ)	الحجم(سم^3)	الحجم النوعي(سم^3/غ)
1	96.33±0.01^a	169.56 ±0.12^b	1.76±0.12^b
2	96.40±0.01^e	169.58 ±0.22^a	1.75 ±0.22^a
3	96.42±0.01^e	169.59 ±0.32^C	1.75 ±0.32^c
4	96.54±0.05^c	169.61 ±0.42^a	1.75 ±0.42^a
5	96.64±0.01^c	169.63 ±0.12^e	1.75 ±0.12^e
6	96.72±0.04^a	169.65 ±0.42^b	1.75 ±0.42^b
7	96.74±0.02^b	169.67 ±0.02^e	1.75 ±0.02^e
8	96.77±0.02^e	169.68 ±0.32^b	1.75 ±0.32^b
9	96.79±0.02^c	169.69 ±0.52^{ab}	1.75 ±0.12^b

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P\leq0.05$.

الجدول (18): الخصائص الفيزيائية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة.

رقم العينة	الوزن(غ)	الحجم(سم^3)	الحجم النوعي(سم^3/غ)
1	86.35±0.01^a	159.46 ±0.12^b	1.85±0.12^b
2	86.40±0.01^e	159.48 ±0.22^a	1.85 ±0.22^a
3	86.41±0.02^e	159.49 ±0.32^C	1.85 ±0.32^c
4	86.44±0.02^b	159.51 ±0.42^a	1.85 ±0.42^a
5	86.50±0.01^a	159.53 ±0.12^e	1.85 ±0.12^e
6	86.54±0.04^c	159.55 ±0.42^b	1.85 ±0.42^b
7	86.64±0.02^c	159.57 ±0.02^e	1.85 ±0.02^e
8	86.74±0.01^e	159.58 ±0.32^b	1.85 ±0.32^b
9	86.78±0.05^c	159.59 ±0.52^{ab}	1.85 ±0.12^b

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة 0.05≥P.

3-2- الخصائص الكيميائية لعجائن البيتزا:

يبيّن الجدولين (19و20) الخصائص الكيميائية لعجينة البيتزا المجمدة والمدعمة بنوعي المحسنات (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) وخليط منهما. إذ لم تؤثر إضافة المحسنات إلى عجينة البيتزا المجمدة والمدعمة بنوعي المحسنات (حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي) وخليط منهما على مستوى ثقة (P<0.05) في النسبة المئوية للرطوبة، وتراوحت في عجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة بيّن (14.15- 14.38) %، والطريقة السريعة بيّن (13.10- 13.56) %، وفي دراسة سابقة أشار التأثير الرئيسي للتخزين المجمد إلى انخفاض في محتوى الرطوبة في المنتج النهائي من يوم وحتى 60 يوم بعد التخزين المجمد (Asghar *et al.*, 2007). أما النسبة المئوية للرماد فقد ارتفعت مع إضافة المحسنات إلى عجينة البيتزا المجمدة والمدعمة وتراوحت في عجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة بيّن (0.62-0.77) % والطريقة البطيئة بيّن (0.72-0.77) %، وهذه النتائج تتوافق مع (Martin, 2003) إذ ارتفعت نسبة الرماد مع ارتفاع نسبة الإضافة من المحسنات (Azizi *et al.*, 2006). كما أن المحتوى من البروتين ازداد مع ارتفاع نسب الإضافة من حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي وخليط منهما، إذ وصل إلى قيمة (11.81) % بالنسبة لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة، أما عجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة وصلت إلى (10.81) %، وهذا يتوافق مع نتائج (Emire, 2015) و (Vetrimani *et al.*, 2005). إذ إنه من الضروري إضافة الغلوتين الحيوي للعجين للحصول على منتجات غنية بالبروتين. ازدادت نسبة الألياف معنوياً مع إضافة الغلوتين الحيوي لتصل إلى (11.58) % بالنسبة لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة أما عجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة وصلت نسبة الألياف إلى (10.58) %، وهذا يتوافق مع أبحاث (Vetrimani *et al.*, 2005). أما المحتوى من اللبيدات فقد ارتفع

مع إضافة المحسنات حيث تراوحت بيّن (23.40-23.56) % بالنسبة لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة أما عجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة تراوحت نسبة اللبيدات بيّن (22.57-22.41) % وهذا يتفق مع نتائج (Daramola,B.and Asunni, 2006).

الجدول (19): الخصائص الكيميائية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة.

رقم العينة	الرطوبة(%)	الرماد(%)	البروتين(%)	الألياف(%)	اللبيدات(%)
1	14.24 ± 0.23^{a}	0.72 ± 0.03^{a}	10.31 ± 0.22^{a}	11.21 ± 0.04^{e}	23.41±0.02
2	14.38 ± 0.02^{a}	0.75 ± 0.10^{a}	10.29 ± 0.15^{a}	11.35 ± 0.03^{fa}	23.40±0.02
3	14.15 ± 0.11^{a}	0.75 ± 0.05^{a}	10.33 ± 011^{a}	11.44 ± 0.07^{da}	23.49±0.02
4	14.36 ± 0.20^{a}	0.77 ± 0.01^{a}	11.12 ± 0.25^{b}	11.41 ± 0.04^{b}	23.46±0.02
5	14.26 ± 0.15^{a}	0.76 ± 0.02^{a}	11.75 ± 0.05^{c}	11.52 ± 0.03^{a}	23.47±0.02
6	14.29 ± 0.01^{a}	0.77 ± 0.04^{a}	11.15 ± 0.26^{b}	11.52 ± 0.02^{c}	23.54±0.02
7	14.21 ± 0.10^{a}	0.72 ± 0.09^{a}	11.81 ± 0.65^{c}	11.55 ± 0.03^{fa}	23.53±0.02
8	14.31 ± 0.12^{a}	0.73 ± 0.11^{a}	11.11 ± 0.14^{b}	11.56 ± 0.07^{da}	23.54±0.02
9	14.20 ± 0.02^{a}	0.72 ± 0.05^{a}	11.77 ± 0.33^{c}	11.58 ± 0.05^{e}	23.56±0.02

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

الجدول (20): الخصائص الكيميائية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة.

رقم العينة	الرطوبة(%)	الرماد(%)	البروتين(%)	الألياف(%)	الليبيدات(%)
1	13.34 ± 0.23^{a}	0.68 ± 0.03^{a}	10.21 ± 0.22^{a}	10.27 ± 0.05^{e}	22.42±0.02
2	13.48 ± 0.02^{a}	0.69 ± 0.10^{a}	10.19 ± 0.15^{a}	10.26 ± 0.03^{fa}	22.41±0.02
3	13.35 ± 0.11^{a}	0.67 ± 0.05^{a}	10.23 ± 011^{a}	10.35 ± 0.07^{da}	22.44±0.02
4	13.56 ± 0.20^{a}	0.68 ± 0.01^{a}	10.12 ± 0.25^{b}	10.42 ± 0.04^{b}	22.47±0.02
5	13.46 ± 0.15^{a}	0.67 ± 0.02^{a}	10.75 ± 0.05^{c}	10.44 ± 0.03^{a}	22.46±0.02
6	13.39 ± 0.01^{a}	0.69 ± 0.04^{a}	10.15 ± 0.26^{b}	10.46 ± 0.02^{c}	22.50±0.02
7	13.51 ± 0.10^{a}	0.72 ± 0.09^{a}	10.81 ± 0.65^{c}	10.56 ± 0.03^{fa}	22.51±0.02
8	13.21 ± 0.12^{a}	0.73 ± 0.11^{a}	10.11 ± 0.14^{b}	10.55 ± 0.07^{da}	22.56±0.02
9	13.10 ± 0.02^{a}	0.62 ± 0.05^{a}	10.77 ± 0.33^{c}	10.58 ± 0.04^{b}	22.57±0.02

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

3-3- الخصائص الحسية لعجائن البيتزا:

قُيِمَت عجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة والسريعة من قبل لجنة من المختبرين العاملين في مجال البحث العلمي في مخبر الحبوب المركزي في منطقة سبيّنة. تم تقديم تسع عينات من عجينة البيتزا إلى المختبرين. طُلب من أعضاء لجنة الاختبار تقييم أنواع البيتزا المختلفة التي قُدِمت لهم على مقياس التفضيل من 9 نقاط مع تصنيفات: 8.9 = ممتاز جدا، 8.8 = ممتاز، 8.7= جيد جداً، 8.6 = جيد ،8.5 = مقبول، 8.4 = متوسط، 8.3 = أعجبني، 8.2 = لايعجبني و8.1 = لايعجبني أبداً. بيّنت نتائج الجدولين (21-22) الخصائص الحسية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة والسريعة على التوالي، إذ لوُحظ ارتفاع في درجة الطعم بزيادة نسب إضافة نوعي المحسنات وخليط منهما، وتراوحت ما بين (8) بالنسبة لعينة الشاهد و(8.9) عند إضافة حمض الأسكوربيك 200 ppm وغلوتين حيوي (4) % لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة والطريقة البطيئة. تراوحت قيم القوام لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة بيّن (8.1-8.9) أما الطريقة البطيئة تراوحت بين (8.2-8.9)، أما نتائج الرائحة لعجينة البيتزا بالطريقة البطيئة تراوحت بيّن(8.8-8.4) ، أما الطريقة السريعة تراوحت بين (8.2-8.8)، وهذا يعود إلى المحسنات المضافة وتأثيرهم الإيجابي على القوام ومعايير القبول، وهذا يتوافق مع نتائج (Sarwar Inam *et al*., 2009) الذي أشار إلى تغير الخواص الحسية للعجين بزيادة نسب الإضافة، وظهر ذلك واضحاً في القوام وبالنسبة للتقبل العام فزاد التقبل العام بزيادة نسب الإضافة فكانت جميع العينات التجريبية مقبولة.

الجدول (21): الخصائص الحسية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة البطيئة.

رقم العينة	القوام	الطعم	الرائحة	التقبل العام
1	8.2 ± 0.3^{d}	8.0 ± 0.3^{ca}	8.4 ± 0.3^{ba}	8.4 ± 0.2^{d}
2	8.4 ± 0.3^{cd}	8.2 ± 0.1^{d}	8.3 ± 0.2^{d}	8.3 ± 0.1^{d}
3	8.5 ± 0.2^{ab}	8.3 ± 0.2^{d}	8.2 ± 0.1^{cd}	8.2 ± 0.3^{a}
4	8.6 ± 0.3^{cd}	8.4 ± 0.1^{d}	8.2 ± 0.2^{d}	8.3 ± 0.6^{d}
5	8.6 ± 0.7^{cd}	8.5 ± 0.2^{d}	8.6 ± 0.2^{d}	8.6 ± 0.2^{d}
6	8.7 ± 0.3^{e}	8.6 ± 0.2^{d}	8.7 ± 0.2^{d}	8.7 ± 0.5^{d}
7	8.8 ± 0.2^{cd}	8.7 ± 0.2^{d}	8.7 ± 0.4^{d}	8.7 ± 0.2^{d}
8	8.9 ± 0.7^{b}	8.8 ± 0.2^{d}	8.8 ± 0.5^{a}	8.9 ± 0.6^{c}
9	8.9 ± 0.4^{d}	8.9 ± 0.2^{d}	8.8 ± 0.2^{d}	8.9 ± 0.1^{b}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P\leq0.05$.

الجدول (22): الخصائص الحسية لعجينة البيتزا المجمدة بالطريقة السريعة.

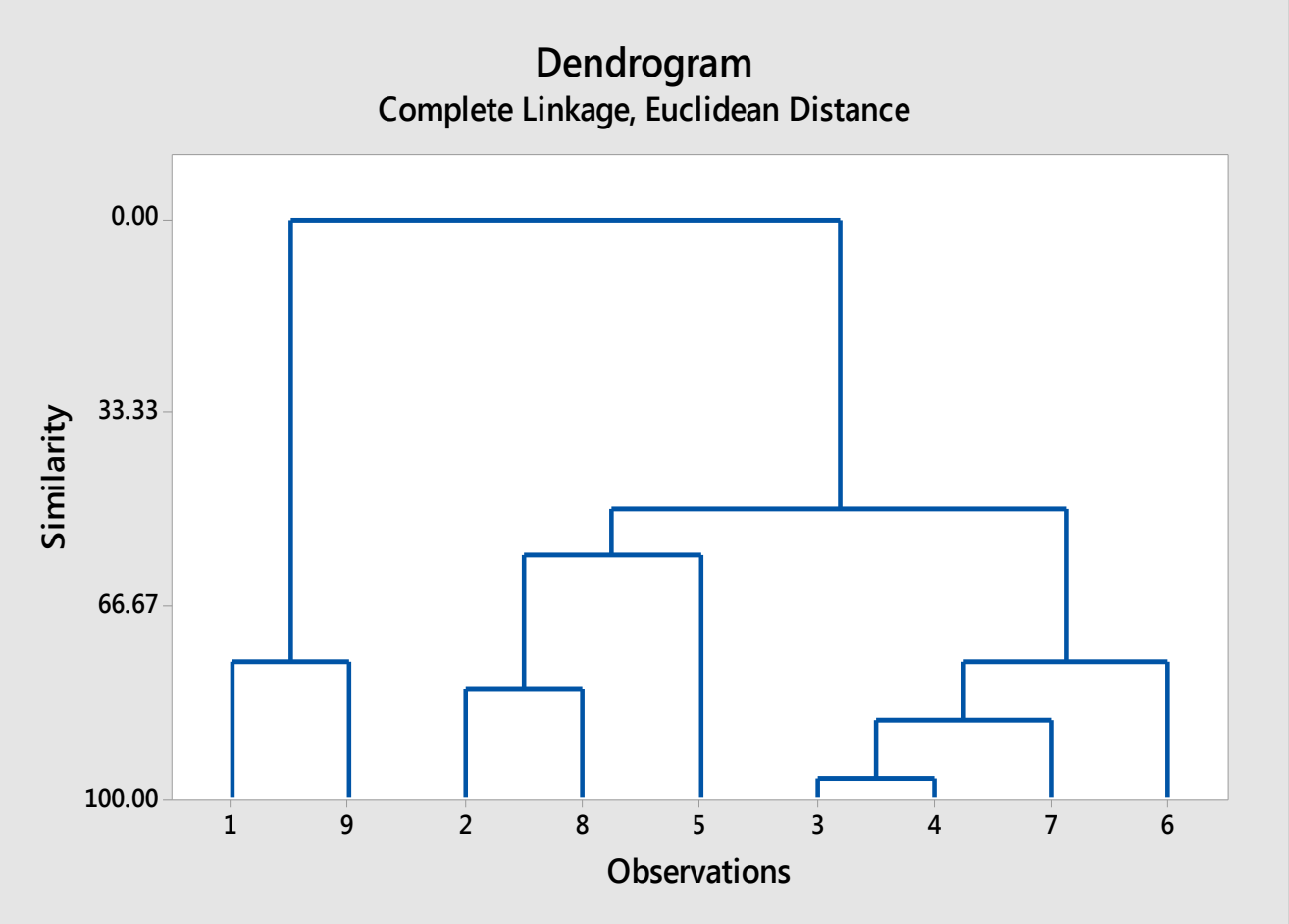
رقم العينة	القوام	الطعم	الرائحة	التقبل العام
1	8.1 ± 0.3^{d}	8.0 ± 0.3^{ca}	8.2 ± 0.3^{ba}	8.2 ± 0.4^{c}
2	8.3 ± 0.3^{cd}	8.1 ± 0.1^{d}	8.3 ± 0.4^{c}	8.3 ± 0.1^{d}
3	8.4 ± 0.3^{ab}	8.3 ± 0.2^{d}	8.4 ± 0.1^{cd}	8.4 ± 0.3^{a}
4	8.5 ± 0.4^{c}	8.4 ± 0.1^{d}	8.5 ± 0.4^{c}	8.5 ± 0.6^{d}
5	8.4 ± 0.4^{c}	8.5 ± 0.4^{c}	8.4 ± 0.2^{d}	8.4 ± 0.4^{c}
6	8.5 ± 0.3^{d}	8.6 ± 0.2^{d}	8.5 ± 0.2^{d}	8.5 ± 0.5^{d}
7	8.3 ± 0.3^{cd}	8.7 ± 0.4^{c}	8.6 ± 0.4^{d}	8.6 ± 0.4^{c}
8	8.8 ± 0.3^{ab}	8.9 ± 0.4^{c}	8.7 ± 0.5^{a}	8.7 ± 0.6^{c}
9	8.9 ± 0.4^{c}	8.8 ± 0.4^{c}	8.9 ± 0.4^{c}	8.9 ± 0.1^{b}

* تدل الأحرف المتشابهة في العمود الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P\leq0.05$.

التحليل الإحصائي:

1- تحديد درجة ومستوى تشابه العينات المدروسة في خصائصها الحسية:

تم إجراء اختبار التحليل العنقودي (Cluster Analysis of Variables: ASCORBIC, GLUTIN) كما يبيّن الشكل (10) لتحديد درجة ومستوى تشابه العينات المدروسة في خصائصها الحسية (القوام، الطعم، الرائحة، التقبل العام)، وبيّن هذا المخطط العينات المتقاربة في خصائصها بالإضافة إلى مستوى التشابه، أهم ما يميز الجدول العينات رقم (1 و9)، حيث بيّن الشكل رقم (8) تشابه خصائص العينات رقم (1) عينة السوق والعينات رقم (9) المدعمة بالمحسنات بنسبة 68%، والعينات رقم (3 و4) بنسبة 85%، والعينات رقم (2 و8) بنسبة 70%.



الشكل (10): مخطط مستوى التشابه للجدول (22) للخصائص الحسية للعجائن.

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي المرفق أن قيمة P- Value :لحمض الأسكوربيك بلغت 0.048 والغلوتين الحيوي بلغت 0.030 وهي أقل من 5%، وهذا مؤشر إيجابي على أهمية إضافة المحسنات (حمض الأسكوربيك والغلوتين) للعينات المدروسة. ويبين الجدول رقم (23) تأثير المؤشرات النوعية للدقيق (امتصاصية العجينة، زمن تطور العجين، زمن الثبات، الضعف، الرقم الفالوريمتري) مقاساً بجهاز الفارينوغراف في خصائص الجودة للعجائن المجمدة (نشاط الخميرة، مقاومة وقابلية التمدد و نسبة الالتصاق)، نلاحظ من الجدول رقم (23) وجود علاقة ارتباط إيجابية بين النسبة المئوية لامتصاص الماء وبين مقاومة التمدد للعجائن حيث بلغت (r=0,56)، وكذلك علاقة ارتباط إيجابية بين عينات الدقيق وزمن تطور العجينة تبعاً لنسبة إضافة الغلوتين الحيوي، وأن أهم ما يميز الجدول رقم (23) علاقات الارتباط المعنوية للرقم الفالومتري إذ بلغت (r=0.18) لطريقة التجميد و (r=0.15) لنسبة التصاق العجين، وهذا يتوافق مع (Nikolic، 2015; Emire and Mekuria et al., 2013).

الجدول (23): معاملات الارتباط للفارينوغراف للدقيق ومؤشرات جودة العجائن المجمدة

	نشاط الخميرة	مقاومة التمدد	قابلية التمدد	نسبة الالتصاق	طريقة التجميد	زمن التخزين
الامتصاصية (%)	0.49	0.56	051	0.52	0.51	**0.50**
زمن التطور (د)	0.31	0.39	0.38	0.37	0.31	**0.33**
زمن الثبات (د)	0.02	0.04	0.03	0.01	0.01	**0.02**
الضعف (BU)	0.50	0.60	0.55	0.54	0.50	**0.49**
الرقم الفالوريمتري	0.14	0.12	0.11	0.15	0.18	**0.17**
p<0.05						

أظهرت المؤشرات النوعية لعينات الدقيق المقاس بجهاز الاكستينسوغراف في الجدول رقم (24)، وجود علاقة ارتباط معنوية بين قابلية ومقاومة التمدد للعجائن مع خصائص جودة العجائن، كذلك علاقة ارتباط إيجابية بين درجة الالتصاق وزمن التخزين وبين المقاومة العظمى للشد وبين طريقة التجميد، ولوحظ وجود تأثيراً معنوياً سلبياً لزمن التخزين في نشاط الخميرة، إذ انخفضت قيم قوة التخمر لجميع العينات في طريقتي التجميد مع ازدياد زمن التخزين المجمد وهذا يتوافق مع (Smail et al., 2012).

الجدول (24): معاملات الارتباط لخصائص الاكستينسوغراف للدقيق ومؤشرات جودة العجائن المجمدة

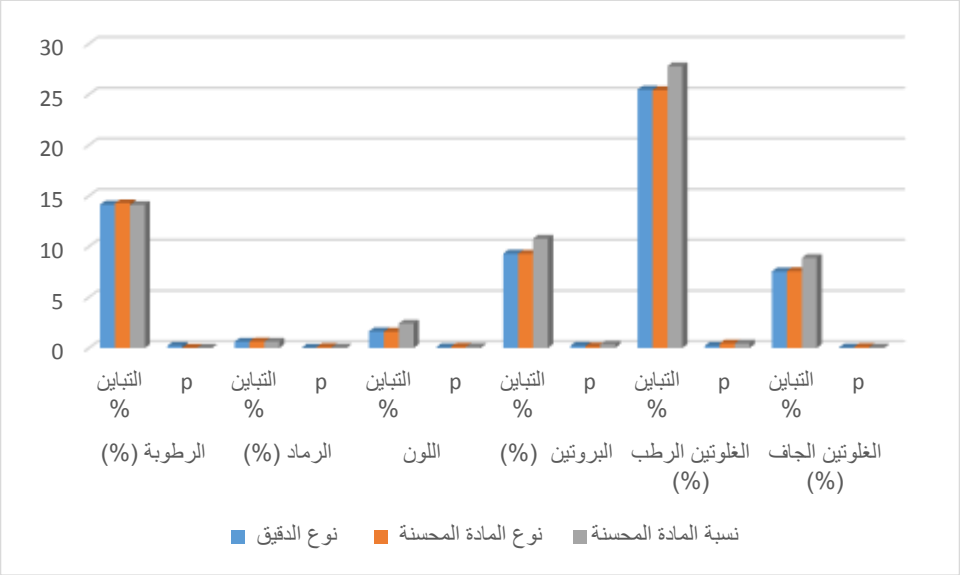
	نشاط الخميرة	مقاومة التمدد	قابلية التمدد	نسبة الالتصاق	طريقة التجميد	زمن التخزين
مقاومة الشد	-0.17	0.56	0.65	0.68	0.01	**0.07**
المقاومة العظمى	-0.25	0.64	0.59	0.16	0.02	**0.01**
المرونة	0.41	0.59	0.31	0.96	0.09	**0.04**
المطاطية	0.32	0.71	0.46	0.88	0.03	**0.05**
p<0.05						

2-اختبار F وتوزع التباين على مستوى ثقة 5% ($p \leq 0.05$) لتحديد الأهمية النسبية لكل من تأثير المتغيرات الأساسية وتأثيراتهم المتبادلة:

يوضح الجدول رقم (25) تأثير نوع الدقيق ونوع ونسبة المادة المحسنة في الخصائص الكيميائية للدقيق، وذلك من خلال المؤشرات المعنوية التي تؤثر تأثيراً مباشراً على جودة العجائن. نلاحظ من الجدول رقم (26) والشكل رقم (9) تأثر كل من النسبة المئوية للرماد ودليل الغلوتين، حيث بلغت النسبة المئوية لدليل الغلوتين (61.25) %، وهذا يتوافق مع دراسات سابقة، إذ بيّنت أن كمية ونوعية الغلوتين في الدقيق تخضع إلى تأثير العوامل الوراثية (Surma et al., 2012) وترتبط بنسبة البروتين في الحبوب (Simic et al., 2006). كما أثرت نسبة ونوعية المادة المحسنة المضافة في النسبة المئوية للرطوبة ونسبة الرماد ودليل الغلوتين، حيث بلغت النسب على التوالي (14.28 و0.65 و65.22) %. كما أثر محتوى الدقيق من الغلوتين ونوعيته تأثيراً إيجابياً في الخصائص الريولوجية للعجيائن، وخصائص المنتج النهائي، وتعد إلى حد كبير العامل المحدد لاستخدام الدقيق (Fu and Sapirstein, 1998).

الجدول (25): اختبار F لتأثير المتغيرات في الخصائص الكيميائية للدقيق

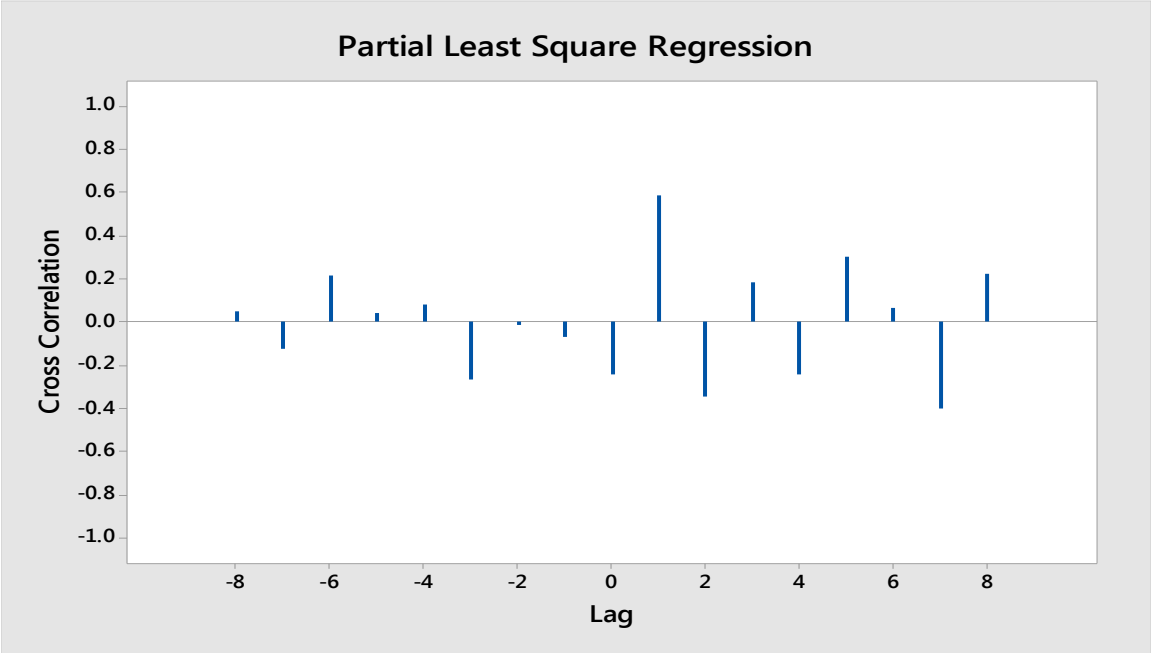
	الرطوبة (%)		الرماد (%)		اللون		البروتين (%)		الغلوتين الرطب (%)		الغلوتين الجاف (%)		دليل الغلوتين (%)	
	التباين %	p	التباين %	p	التباين %	p	التباين %	p	التباين %	p	التباين %	p	التباين %	p
نوع الدقيق	14.14	0.23	0.62	0.03	1.64	0.07	9.31	0.22	25.47	0.22	7.55	0.05	61.25	0.66
نوع المادة المحسنة	14.28	0.02	0.65	0.1	1.61	0.12	9.29	0.15	25.42	0.45	7.57	0.11	65.22	0.05
نسبة المادة المحسنة	14.1	0.02	0.62	0.05	2.41	0.1	10.77	0.33	27.77	0.44	8.88	0.05	78.6	0.21



الشكل (11): توزيع التباين لتأثير المتغيرات في الخصائص الكيميائية للدقيق.

3- تحديد علاقة الارتباط المتعدد بيّن العوامل المدروسة:

أجري اختبار (Partial least square regression) لدراسة العلاقة المؤثرة بيّن مؤشرات كمية ونوعية بروتين الدقيق، النسبة المئوية للغلوتين، دليل الغلوتين، النسبة المئوية للبروتين، درجة امتصاص الماء، زمن تطور العجينة، مقاومة الشد وبين خصائص جودة العجائن كما هو مبين في الشكل رقم (12).

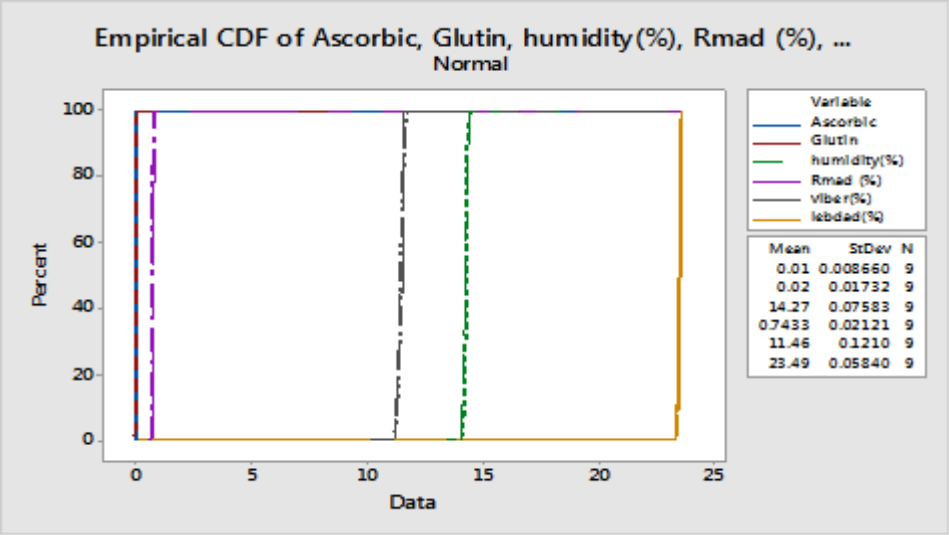


الشكل (12): مخطط (PLSR) لخصائص جودة العجينة

نلاحظ من الشكل (12): التأثير المعنوي الايجابي للنسبة المئوية لبروتينات الدقيق وزمن ثبات العجينة، بينما كان لكل من درجة امتصاص الماء، الرقم الفالوريمتري تأثير معنوي سلبي.

4- تحديد النسب المثلى من المتغيرات المدروسة:

أُجري التحليل الإحصائي للخصائص الفيزيوكيميائية للعجائن المدروسة بواسطة برنامج(MINITAB)، باستخدام برنامج تصميم التجارب المتقدم (Advanced Design of Experiments(DOE) نوع (Factorial Designs واختبار (Response Optimization) لتحديد النسب المثلى من المتغيرات المدروسة. إذ بيّنت نتائج الاختبار التأثير الإيجابي للمحسنات في الخصائص الفيزيوكيميائية للعينات المدروسة من خلال القيم المنخفضة ل P-Value، إذ بلغت بالنسبة لحمض الأسكوربيك (0.048) والغلوتين الحيوي (0.030)، وهذا مؤشر إيجابي على أهمية إضافة المحسنات المدروسة.



الشكل(13): مخطط المستويات المثلى يبين تأثير المحسنات في الخصائص الفيزيوكيميائية للعينات المدروسة

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions And Recommendations

الاستنتاجات:

1. بينت نتائج تقييم الخصـــائص الفيزيوكيميائية لنوعي الدقيق المنتج محلياً (الدقيق الموحد ودقيق الزيرو) والمدعم بنســـب مختلفة من محســـنات الدقيق (حمض الأســـكوربيك والغلوتين الحيوي) وخليط منهما، تطابق تأثير إضـــافة المحسنات في كل من نوعي الدقيق وذلك في النسبة المئوية للرطوبة والنسبة المئوية للرماد على أساس الوزن الجاف.

2. اختلفت عينات الدقيق المدروسة في بقية المؤشرات الفيزيوكيميائية معنوياً مع اختلاف نوع ونسبة المادة المحسنة المضافة، إذ بينت نتائج قياس درجة اللون للدقيق، النسبة المئوية للبروتينات على أساس الوزن الجاف، النسبة المئوية للغلوتين الرطب والنســـبة المئوية للغلوتين الجاف لعينات نوعي الدقيق عدم تأثر هذه المؤشـــرات معنوياً مع إضـــافة حمض الأسكوربيك، بينما كان التأثير معنوياً مترافق مع إضافة الغلوتين الحيوي.

3. أظهر دليل الغلوتين وعلى النقيض من بقية المؤشـــرات الفيزيوكيميائية المقاســـة، تأثراً معنوياً في كل من نوعي المحسنات المضافة.

4. بينت نتائج عينات الدقيق المختبرة أنه لا وجود لتأثير معنوي لإضافة حمض الأسكوربيك في امتصاص الدقيق للماء لكل من نوعي الدقيق وعند كل نسبة إضافة، لكن وجدت فروق معنوية في الامتصاصية عند إضافة الغلوتين الحيوي، كما أظهرت نتائج زمن تطور العجينة وجود فروق معنوية بين عينات الدقيق تبعاً لنســـبة إضـــافة الغلوتين الحيوي، إذ لم يتأثر زمن تطور العجينة بإضافة حمض الأسكوربيك.

5. بيّنت نتائج تحليل التباين لزمن ثباتية العجينة بين العينات المدروســـة، وجود فروقات معنوية عند جميع نســـب الإضافة من المحسنات ولنوعي الدقيق، وإن إضافة خليط المحسنات ساعد على رفع قوة الدقيق معنوياً، وتوافقت نتائج ثباتية العجينة مع نتائج درجة ضعف العجينة التي انخفضت معنوياً مع إضافة المحسنات.

6. بيّن اختبار تحليل التباين وجود فروقات معنوية في قيم مقاومة الشـــد، فقد ازدادت القيم معنوياً ما بين عينات الشـاهد لكل نوع دقيق وبقية العينات المدعمة بحمض الأسـكوربيك والغلوتين الحيوي، وازدادت المقاومة العظمى للشـد ومطاطية العجينة وانخفضت مرونة العجينة معنوياً مع إضافة نوعي المحسنات.

7. بينت نتائج تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للعجائن المجمدة سواء بالطريقة البطيئة أو الطريقة السريعة حدوث تدهور في هذه الخصائص في أثناء عملية التخزين المجمد على درجة حرارة −18 °م لمدة (30، 60، 90 و120 يوم)، ولكن تأثرت الجودة النهائية للمنتج المجمد بمعدل التجميد.

8. أدى إضافة المحسنات إلى زيادة معنوية في قوة التخمر، بينما لوحظ وجود تأثيراً معنوياً سلبياً لزمن التخزين في نشاط الخميرة، إذ انخفضت قيم قوة التخمر لجميع العينات في طريقتي التجميد مع ازدياد زمن التخزين المجمد.

9. انخفاض الحد الأقصى لمتوسط مقاومة التمدد للعجين المجمد بعد مرور 120 يوم من التخزين المجمد. وانخفضت قيم قابلية التمدد مع استمرار عملية التخزين المجمد. كما زادت قيم الالتصاق للعجائن المجمدة بالطريقة البطيئة والطريقة السريعة.

10. بينت النتائج أن إضافة حمض الأسكوربيك يحسن من قدرة العجين على الاحتفاظ بالغازات من خلال تقوية شبكة الغلوتين ويزيد من حجم العجين ويقلل مدة التخمر، فيكون ذا مسامات أنعم ولبّ متجانس مع التقليل من ظاهرة البيات وإطالة فترة صلاحية العجين.

11. بينت نتائج التحليل الإحصائي أن النسب المثلى لتدعيم العجين 200 ppm حمض الأسكوربيك و4% غلوتين حيوي حيث أعطت تأثير إيجابي على خصائص الجودة للعجين.

المقترحات والتوصيات:

1. يوصي البحث بضرورة استخدام حمض الأسكوربيك والغلوتين الحيوي كمواد محسنة في إنتاج مختلف أنواع المعجنات، لتأثيرهما الإيجابي على الخصائص الحسية والفيزيائية والكيميائية للعجين.

2. اختبار تأثير أنواع أخرى من محسنات الدقيق، مثل المستحلبات وخافضات التوتر السطحي، في الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للدقيق المعدة لتحضير العجائن المجمدة لتقديم منتج مناسب وبأعلى جودة ممكنة للمواطنين.

3. استخدام تحليل الأمثلة الاحصائي لتحديد أفضل المستويات من محسنات الدقيق المدروسة وخليط منهما التي تترافق مع أفضل خصائص جودة للمنتج النهائي.

المراجع العلمية:

AACC. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. **The American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA.**

Aamodt, A., Magnus, E. M. and Færgestad, E. M. (2003). Effect of flour ascorbic acid, and DATEM on dough rheological parameters and loaves characteristics. **Journal of Food Science,** 68, 2201-2210.

Abdel-Aal ESM, Hucl P, Chibbar RN, Han HL, Demeke T. (2002). Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and nonwaxy wheats. **Cereal Chem**. 79(3):458-464.

Ahmad, I. (2001). Varietal differences in amino acid, composition, milling and baking properties of spring wheats. Ph. D. Thesis, **Deptt. Food Tech., Univ. of Agric., Faisalabad, Pakistan.**

Ahmad, M. (2002). Effect of Carboxymethyl Cellulose and Carrageenan on the Quality and Shelf Life of Wheat Bread. M. Sc. (Hons) Thesis, **Deptt. Food Tech., Univ. of Agric., Faisalabad Pakistan.**

Akbarian, M., Koocheki, A., Mohebbi, M. and Milani, E. (2016). Rheological properties and bread quality of frozen sweet dough with added xanthan and different freezing rate. **Journal of Food Science and Technology**, 53, 3761-3769.

A.K.M. sarwar inam1*, dijen chandra roy, dr. md. shams-ud-din and rashed mahmud,(2009), Study on the effect of ingredients on quality and acceptability of pizza, **bangladesh research publications journal,** issn: 1998-2003, volume: 2, issue: 2, page: 543-551.

Almeida, E.L.; Chang, Y.K.; Steel, (2013), C.J. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. **LWT Food Sci. Technol**. 50, 545–553. [CrossRef]

Alshehry, G.A. (2020), Preparation and nutritional properties of cookies from the partial replacement of wheat flour using pumpkin seeds powder. **World** 9, 48–56.

Angioloni, A.., Balestra, F., Pinnavaia, G. G., Rosa, M. D. (2008). Small and large deformation tests for the evaluation of frozen dough viscoelastic behavior. **J Food Eng.,** 87, 527–531.

Anon, M. C., Le–Bail, A. and Leon, A. E. (2004). Effect of freezing on dough ingredients. In: Hui, Y. H. et al. (Eds.), **Handbook of Frozen Foods**. Marcel Dekker, New York, pp. 571–580.

Asghar A, Anjum FM, Butt MS, Randhawa MA, Akhtar S. (2012). Effect of polyols on the rheological and sensory parameters of frozen dough pizza. **Food Science and Technology Research**, 18(6), 781–787.

Asghar, A., Anjum, F., Butt, M., Tariq, W., & Hussain, S. (2007). Rheological and storage effect of hydroplillic gums on the quality of frozen dough pizza. **Food Science and Technology Research**, 13, 96–102.

Asghar, A., Anjum, F.M., Ahmed, A., Hussain, S. and Tariq, M.W. (2005). Effect of polyols on quality and acceptability of frozen dough bread. Pak. **J. Food Sci**. 15(1–2) :11–14.

Asghar, A., Anjum, F.M., Tariq, MW. and Hussain, S. (2005). Effect of carboxy methyl celluslose and gum Arabic on the stability of frozen dough for the bakery products. **Turk. J. Biol**., 29,237–241.

Autio K, Sinda E. (1992). Frozen doughs; rheological changes and yeast viability. **Cereal Chem**. 69(4):409-413.

Autio K, Laurikainen T. (1997). Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. **Trends in Food Science & Technology** 8(6):181-185.

Autio K, Sinda E. (1992). Frozen doughs; rheological changes and yeast viability. **Cereal Chem**. 69(4):409-413.

Azizi, M. H., Sayeddin, S. M. and Payghambardoost, S. H. (2006). Effect of flour extraction rate on flour composition, dough rheological characteristics and quality of flat bread. **J. Agric. Sci. Technol**., 8, 323-330.

Bache IC, Donald AM. (1998). The structure of the gluten network in dough: A study using environmental scanning electron microscopy. **J. Cereal Sci.** 28:127-133

Baratto, C. M., Becker, N. B., Gelinski, J. M. L. N. and Silveira, S. M. (2016). Influence of enzymes and ascorbic acid on dough rheology and wheat bread quality. **African Journal of Biotechnology**, 15, 55-61.

Barcenas ME, Benedito C, Rosell CM. (2004). Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. **Food Hydrocolloids 18**(5):769-774.

Barcenas ME, Haros M, Rosell CM. (2003). An approach to studying the effect of different bread improvers on the staling of pre-baked frozen bread. **Eur. Food Res. Technol**. 218(2):56- 61.

Baguena R, Soriano MD, Martinezanaya MA, Debarber CB. (1991). Viability and performance of pure yeast strains in frozen wheat dough. **J. Food Sci.** 56(6):1690-1694.

Barcenas ME, Rosell CM. (2006). Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread. **Food Chemistry** 95(3):438-445.

Belitz, H. D., Grosch, W. and Schieberle, P. (2009). Food Chemistry. 4th revised and extended edition. **Springer-Verlag, Berlin**.

Baier–Schenk, A. (2005). Freezing of Bread Dough- An Investigation on Water and Ice Properties in Relation to Dough Structure, PhD Thesis, **Swiss Federal Institute of Technology,** Zurich, Swiss.

Baianoa, A. and Terracone, C. (2011). Dough rheology and bread quality of supplemented flours Reologı´a de la masa y calidad del pan de harinas suplementadas. **CyTA – Journal of Food**, 9, 180–186.

Bárcenas M E, Rosell CM. (2006). Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: Low temperatures and HPMC addition. **Journal of Food Engineering,** 72, 92-99. http://dx .doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.027.

Bárcenas M E, Rosell C M. (2007). Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: low temperatures and hydrocolloid addition. **Food Chemistry,** 100(4), 1594-1601. http://dx .doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.043.

Benjamin, E.J., Ke, C.I., Cochran, S.A., Hynson, R., Veach, S.K., and Simon, S.J.I. (1985). Frozen Bread Dough Product, **European Patent** 144, 367.

Berglund PT, Shelton DR, Freeman TP. (1991). Frozen bread dough ultrastructure as affected by duration of frozen storage and freeze-thaw cycles. **Cereal Chem.** 68(1):105-107.

Bertrand, D., Le Guerneve, C., Marion, D., Devaux, M. F., and Robert, P. 1992. Description of the Textural Appearance of Bread Crumb by Video Image Analysis. **Cereal Chem**. 69:257-261.

Bebić, D. (1974). Cooling Technology, Faculty of Agriculture, **Institute of Food Technology and Biochemistry**, Belgrade.

Belton PS. (1999). On the elasticity of wheat gluten. **J. Cereal Sci.** 29:103-107.

Bedrníček, J. et al. (2020) Thermal stability and bioavailability of bioactive compounds after baking of bread enriched with different onion by-products. **Food Chem.** 126–562.

Begum, H. A. & Yassen, T. (2015) Anitmicrobial, phytochemical, ethnobotanical and proximate analysis of Allium cepa L. **Methods** 19, 9–20.

Bernklau, I. et al. (2017) Structural, textural and sensory impact of sodium reduction on long fermented pizza. **Food Chem.** 234, 398–407.

Bhattacharya M, Erazo-Castrejon SV, Doehlert DC, MS MSM. (2002). Staling of bread as affected by waxy wheat flour blends. **Cereal Chem**. 79(2):178-182.

Bhattacharya M, Langstaffa TM, Berzonsky WA. (2003). Effect of frozen storage and freeze-thaw cycles on the rheological and baking properties of frozen doughs. **Food Research Inernational** 36(4):365-372

Biesiekierski, J.R. (2017), What is gluten? **J. Gastroenterol. Hepatol**. 32, 78–81. [CrossRef] [PubMed]

Blandino, M.; Sovrani, V.; Marinaccio, F.; Reyneri, A.; Rolle, L.; Giacosa, S.; Locatelli, M.; Bordiga, M.; Travaglia, F.; Coïsson, J.D.; et al. (2013), Nutritional and

technological quality of bread enriched with an intermediated pearled wheat fraction. **Food Chem.** 141, 2549–2557. [CrossRef]

Bloksma AH, Bushuk W. (1988). Rheology and chemistry of dough. In: Yeshajahu P, editor. **Wheat chemistry and technology**. 3rd ed. St Paul, MN: AACC. p 219–370.

Blutinger, J.D.; Meijers, Y.; Chen, P.Y.; Zheng, C.; Grinspun, E.; Lipson, H. 2018, Characterization of dough baked via blue laser. **J. Food Eng.** 232, 56–64. [CrossRef]

Bradbury, D., MacMasters, M. M. and Cull, I. M. 1956. Structure of the mature wheat kernel. III. Microscopic structure of the endosperm of hard red winter wheat. **Cereal Chemistry**, 33, 361-373.

Brümmer, J.M., Morgenstern, G. (1990). Gefrostete Teiglinge (Basis: Wasserware). Kneten-Gären-Frosten), **Getreide Mehl und Brot**, 44, 220-221.

Brümmer, J.-M. (2001). Reaction of Baker´s Yeast in Dough for Fine Baked Goods During Deep Freezing, **Journal for Cereal and Flour Technology,** 28 (4) 103-112.

Boehm, D.J., Berzonsky, W.A., Bhattacharya, M. (2004). Influence of Nitrogen Fertilizer Treatments on Spring Wheat (Triticum aestivum L.) Flour Characteristics and Effect on Fresh and Frozen Dough Quality, **Cereal Chemistry,** 81, 51 -54.

Bodroţa-Solarov, M., Mastilović, J., Filipčev, B., Šimurina, O. (2009). Triticum aestivum spp. Spelta- The Potential for The Organic Wheat Production, **Journal on Processing and Energy in Agriculture**(PTEP), 13 (2) 128-131.

Bodroţa-Solarov, M., Šimurina, O., Filip- čev, B. (2011). Technological Quality of Triticum aestivum spp. Spelta, In Apstract book of First International Conference on Organic **Food Quality and Healt research**, Prague, Czechoslovakia, pp. 75.

Bollain, C., Angioloni, A., and Collar, C. (2005). Bread staling assessment of enzymesupplemented pan breads by dynamic and static deformation measurements. **Eur Food Res Technology**. 220:83-89.

Borrelli, G. M., Troccoli, A., Di Fanzo, N. and Fares, C. (1999). Durum wheat lipoxygenase activity and other quality parameters that affect pasta color. **Cereal Chemistry**, 76, 335-340.

Boz, H. and Karaoglu, M. M. (2013). Improving the quality of whole wheat bread by using various plant origin materials. **Czech Journal of Food Sciences**, 31, 457–466.

Bushuk W, Macritchie F. (1989). Wheat proteins: Aspects of structure that determine breadmaking quality. In: Phillips RD, Finely JW, editors. Protein quality and the effects of processing. **New York and Basel**: Marcel Dekkers, Inc. p 345-369.

Cabeza, M.; Keddam, M.; Nóvoa, X.R.; Sánchez, I.; Takenouti, H. (2006), Impedance spectroscopy to characterize the pore structure during the hardening process of Portland cement paste. **Electrochim. Acta** 51, 1831–1841. [CrossRef]

Cauvain SP, Yong LS. (2005). Technology of bread making. 2nd ed. Springer. **New York**.

Cauvain, S. (2015). *Technology of Breadmaking.* **Springer International Publishing, London**. Third Edition, ed.

Campos DT, Steffe JF, Ng PKW. (1997). Rheological behavior of undeveloped and developed wheat dough. **Cereal Chem**. 74(4):489-494.

Catterall, P.; Cauvain, S.P. Flour Milling. (2007). **In Technology of Bread-Making; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany**; pp. 333–369.

Calvo-Lerma, J.; Crespo-Escobar, P.; Martínez-Barona, S.; Fornés-Ferrer, V.; Donat, E.; Ribes-Koninckx, C. (2019), Differences in the macronutrient and dietary fibre profile of gluten-free products as compared to their gluten-containing counterparts. **Eur. J. Clin. Nutr**. 73, 930–936. [CrossRef]

Carr, L. G. and Tadini, C. C. (2003). Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked French bread. **LWT- Food Science and Technology**, 36(6):609-614.

Charley H, Weaver CM. (1997). Foods: **A scientific approach**. 3rd ed. New York: Prentice Hall.

Choi, I.; Kang, C.-S.; Hyun, J.-N.; Lee, C.; Park, H.-G. (2013), Mineral compositions of Korean wheat cultivars. Prev. Nutr. **Food Sci.** 18, 214. [CrossRef]

Chen, X. and Schofield, J. D. (1996). Effects of dough mixing and oxidising improvers on free reduced and free oxidised glutathione and protein-glutathione mixed disulphides of wheat flour. **Z Lebensm Unters Forch**, 203, 255-261.

Chen, W. Z. and Hoseney, R. C. (1995). Development of an objective method for dough stickiness. **Food Science and Technology- Lebensmittle-Wissenschaft und-Technologie**, 28, 467-473.

CODEX STANDARD. (2001). Codex standard for wheat protein products including wheat gluten. 1-4.

Codina, G. G., Bordei, D. and Paslaru, V. (2008). The effects of different doses of gluten on Rheological behaviour of dough and bread quality. **Roumanian Biotechnological Letters**, 13, 37-42.

Condia, G. G. and Paslaru, V. 2008. Effect of gluten vital on the alveograph charactersitics and bread quality of flour wheat dough with a weaker potential for bread making. **Revista Lucrari Stiintifice Seria Agronomie, 51**, 106 - 111.

Cornicelli, M.; Saba, M.; Machello, N.; Silano, M.; Neuhold, S.J.D.; Disease, L. (2018), Nutritional composition of gluten-free food versus regular food sold in the Italian market. **Dig. Liver Dis.** 50, 1305–1308. [CrossRef]

Daramola, B. and Asunni, O. A. (2006). Nutrient composition and storage studies on roselle extract enriched deep-fat-fried snack food. In: **African Journal of Biotechnology Vol**. 5 (19), pp. 1803-1807.

Day, L. (2011). Wheat gluten: production, properties and application. **Food and Nutritional Sciences, Australia**, 267-280.

De Delahaye, E. P., Jimenez, P. and Perez, E. (2004), Effect of enrichment with high content dietary fiber stabilized rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas. **Journal of Food Engineering**, 68, 1–7.

Demiralp H, Celik S, Koksel H. (2000). Effects of oxidizing agents and deffating on the electrophoretic patterns of flour proteins during mixing. **Eur. Food Res. Technol**. 211:322-325.

Dendy, D. A. and Dobraszczyk, B. J. (2001). Cereals and cereal products. In: **Chemistry and Technology**. Aspen Publishers, Inc, Gaithersburg, Maryland.

Dhen, H., Rejeb, I. B., Boukhris, H., Damergi, C. & Gargouri, M. (2018) Physicochemical and sensory properties of wheat-apricot kernels composite bread. LWT- **Food Sci. Technol.** 95, 262–267.

Dobraszczyk, B. J. & Morgenstern, M. P. (2003) Rheology and the bread making process. **J. Cereal Sci.** 38(3), 229–245.

Dodić, J., Prodanović, J., Ranković, J., Antonov, M., Dodić, S., Popov, S., Šćiban, M. (2007). Commercial Backer s Yeast with Optimal Characteristics for Frozen Bread Dough Production, **Journal for Cereal and Flour Technology**, 34 (3-4), 59-66.

Donnelly, B. J. (1980). Effect of sprout damage on durum wheat quality. **Macaroni Journal**, **62**, 8-10.

Dziki, D. and Laskowski, J. (2005). Wheat kernel physical properties and milling process. **Acta Agrophysica**, 6, 59–71.

El-Gammal, R. E., Ghoneim, J. A. A., Salama, M. F. and El-Sayed, M. M. (2013). Effect of addition of whole cereals flour on rheological and chemical properties of pan bread. **J. Food and Dairy Sci**., 4, 101-120.

Eliasson, A. C. and Larsson, K. (1993). *Cereals in breadmaking:* **A molecular colloidal approach**. ***Marcel*** Dekker,

Esselink, E. F. J., Aalst, J., Maliepaard, M. and Duynhoven, J. P. M. (2003). Long-term storage effect in frozen dough by spectroscopy and microscopy. **Cereal Chemistry**, 80, 396-403.

Esteller, M. S., Amaral, R. L. and Lannes, S. C. (2004). Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. J Texture Stud., 35, 383-393.

Evers, A. D. (1988). Microscopic structure of the wheat grain. In: Pomeranz, Y. (ed), Wheat: chemistry and technology (vol I), 3rd edn. St Paul, **MN: Am Assoc Cereal Chem:** 47–95.

Every, D., Simmons, L., Sutton, K. H. and Ross, M. (1999). Studies on the Mechanism of the Ascorbic Acid Improver Effect on Bread using Flour

Fractionation and Reconstitution Methods. **Journal of Cereal Science**, **30**, 147–158.

Farooq, N. (1984). The functional properties of new wheat varieties in relation to baking performance. M. Sc. (Hons.) Deptt. Food Tech., **Univ. of Agri. Faisalabad Pakistan**.

FAO, (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Internet database**. < http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Accessed 14 March 2017].

Fendri, L. B. et al. (2016) Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. **LWTFood Sci. Technol.** 73, 584–591.

Gawlik-Dziki, U. et al. (2015) Onion skin—Raw material for the production of supplement that enhances the health-beneficial properties of wheat bread. **Food Res. Int.** 73, 97–106.

Gelinas P, Deaudelin I, Grenier M. (1995). Frozen dough: Effect of dough shape, water content, and sheeting-molding conditions. **Cereal Foods World** 40(3):124-126.

Gelinas P, Fiset G, Leduy A, Qoulet J. (1989). Effect of growth conditions and trehalose content on cryotolerance of bakers' yeast in frozen doughs. **Appl. Environ. Microbiol**. 55(10):2453-2459.

Giannou, V. and Tzia, C. (2007). Frozen dough bread: Quality and textural behavior during prolonged storage – prediction of final product characteristics. **J. Food** Eng., 79, 929-934.

Giannou, V and Tzia, C. (2016). Addition of vital wheat gluten to enhance the quality characteristics of frozen dough products. **Foods**, 5, 1-10.

Gupta, C. S., Milind, Jeyarani, T. & Rajiv, J. (2015) Rheology, fatty acid profile and quality characteristics of nutrient enriched pizza base. **J. Food Sci. Technol**. 52(5), 2926–2933.

Gormley, R., Walshe, T., Hussey, K. and Butler, F. (2002). The effect of fluctuating vs. constant frozen storage temperature regimes on some quality parameters of selected food products. **LWT – Food Science and Technology**, 35, 190–200.

Havet, M., Mankai, M. and Le Bail, A. (2000). Influence of the freezing condition on the baking performances of french frozen dough. **J Food Eng**., 45, 139–145.

Hernáez, A, Valussi, J., Perez –Vega, A, Castaner, O.and Fito, m, (2019) Olive Oil and Health Effects. **Bioactive Molecules in Food**,1071–1096

Helstosky, C. Pizza: **A Global History; Reaktion Books**: London, UK, 2008.

Holcomb, R. (2003). Food Industry Overview: Frozen Pizza. http://fapc.biz/files/factsheets/fapc103.pdf.

Horvat, D., Drezner, G., Magdić, D., Šimić, G., Dvojković, K. and Lukinac, J. (2009). Effect of an oxidizing improver on dough rheological properties and bread crumb structure in winter wheat cultivars (Triticum aestivum L.) with different gluten strength. **Romanian agricultural research,** 26, 1–7.

Horvat, D., Magdić, D., Drezner, G., Šimić, G., Dvojković, K., Brođanac, M. and Lukinac, J. (2007). The effect of improver on dough rheology and bread properties. 4th International Congress FLOUR – BREAD '07. 6th Croatian **Congress of Cereal Technologists**, 37–42.

Humphries, J.M.; Graham, R.D.; Mares, D.J. (2004), Application of reflectance colour measurement to the estimation of carotene and lutein content in wheat and triticale. **J. Cereal Sci.** 40, 151–159. [CrossRef]

Hrušková, M. and Novotná, D. (2003). Effect of ascorbic acid on the rheological properties of wheat fermented dough. Czech **J. Food Sci**., 21, 137-144.

Huang, S. and Miskelly, D. (2016). Frozen Steamed Products and Frozen Doughs. A volume in Woodhead Publishing Series in **Food Science, Technology and Nutrition**. pp.101-107.

Imeida EL, chang YK. (2012) Effect of the addition of enzymes on the quality of frozen pre-baked French bread substituted with whole wheat flour. **LWT – Food Science and Technologe** ;49(1) 64-72.

Inoue, Y. and Bushuk, W. (1992). Studies on frozen doughs. II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough. **Cereal Chemistry**, 69, 423-428.

Inoue Y, Sapirstein HD, Takayanagi S, Bushuk W. (1994). Studies on frozen doughs. III. Some factors involved in dough weakening during frozen storage and thaw-freeze cycles. **Cereal Chem**. 71(2):118-121.

Izawa S, Ikeda K, Maeta K, Inoue Y. (2004). Deficiency in the glycerol channel Fps1p confers increased freeze tolerance to yeast cells: application of the fps1D mutant to frozen dough technology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 66(3), 303-305.

Jain, A.; Pradhan, B.K.; Mahapatra, P.; Ray, S.S.; Chakravarty, S.; Pal, K. (2021), Development of a low-cost food color monitoring system. **Color Res. Appl.** 46, 430–445. [CrossRef]

Jinhee, Y. I. (2008). Improving frozen bread dough quality through processing and ingredients. PhD. Thesis. **The University of Georgia. Athens, Georgia**.

Kenny, S., Wehrle, K., Auty, M., Arendt, E. K. (2001). Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough. **Cereal Chem**. 78(4):458-463.

Kaino, T. and Takagi, H. (2008). Gene expression profiles and intracellular contents of stress protectants in Saccharomyces cerevisiae under ethanol and sorbitol stresses. Appl. Microbiol. Biotechnol., 79, 273-283.

Kamel BS, Stauffer CE. (1993). Advances in baking technology 1ed. ed. **London: Blackie Academic & Professional**.

Kent, N.L. (1984). Technology of cereals: An introduction for Students of Food Science and Agriculture. **Third edition. Pergamon Press, Oxford**.

Kingswood, K. (1975). The structure and biochemistry of the wheat grain. In: Spicer, A. (ed), Bread: social, nutritional and agricultural aspects of wheaten bread. **London: Appl Sci Publ:** 47–65.

Koehler, P. (2003), Effect of ascorbic acid in dough: Reaction of oxidized glutathione with reactive thiol groups of wheat glutelin. **Journal of**

Agricultural and Food Chemistry 51, 4954-4959.

Kremić, M., (1989). Influence of freezing conditions and storage on the quality of yeast rolls the finished product, Master Thesis, **Faculty of Technology, University, Novi Sad**.

Kertész, Á.; Hlavacova, Z.; Vozáry, E.; Staronova, (2015), L. Relationship between moisture content and electrical impedance of carrot slices during drying. **Int. Agrophysics** 29, 61–66. [CrossRef]

Lagrain B, Goderis B, Brijs K, Delcour JA. (2010), Molecular basis of processing wheat gluten toward biobased materials. **Biomacromolecules**; 11: 533–541.

Leray D, Oliete B, Mezaize S, Chevallier S, Lamballerie M. (2010), Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. **J** Food Eng; 100: 70–76.

Levine H, Slade L. (1990). Thermal properties of three-component model systems: The antiplasticizing effect of added sugars on gelatinization of starch. **Faridi H, Faubion JM, editors. New York: AVI Book.**

Leon, K.; Mery, D.; Pedreschi, F.; Leon, (2006), J. Color measurement in L* a* b* units from RGB digital images. **Food Res.** Int. 39, 1084–1091. [CrossRef]

Liberopoulos, G.; Tsarouhas, P. (2005), Reliability analysis of an automated pizza production line. **J. Food Eng.** 69, 79–96. [CrossRef]

Lorenz, K. and Kulp, K. (1995). Freezing of doughs for the production of bread and rolls in the United States. P135-153; Frozen and Refrigerated Doughs and Batters. Kulp, K., K. Lorenz and J. Brummer, ed. Am. Assoc. **Cereal Chem. St, Paul, Minnesota.**

Luchian, M. I. and Canja, C. M. (2010). Effect of salt on gas production in bread dough. Bulletin of the Transilvania **University of Braşov,** 3, 52.

Mekuria, B. and Emire, S. A. (2015). Effects of vital gluten enrichment on qualities of value added products**. J Food Process Technol**, 6, 508-518.

Mamat, H. and Hill, S. E. (2014). Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit**. Journal of food science and technology**.

Mandala, I., & Sotirakoglou, K. (2005). Effect of frozen storage and microwave reheating on some physical attributes of fresh bread containing hydrocolloids. **Food Hydrocolloids,** 19, 709-719.

Manley, D. (2000). *Wheat flour and vital wheat gluten.* **Woodhead Publishing, Stamford.** 81-103 pp.

Martin J. Owens. (2003). Make Great Pizza at Home. **Published by Taste of America Press. (America)**.

Mastrascusa, D.; Vázquez-Villegas, P.; Huertas, J.I.; Pérez-Carrillo, E.; Nevarez, (2022), R. Determination of pizzas quality and acceptability by physic-mechanical tests. **J. Food Sci. Technol.** 59, 1384–1395. [CrossRef]

Msagati, T. A. (2013). Chemistry of **Food Additives and Preservatives. WileyBlackwell, UK.** 148-154 pp.

Matuda, T. G., Parra, D. F., Lugao, A. B. and Tadini, C. C. (2005). Influence of vegetable shortening and emulsifiers on the unfrozen water content and textural properties of frozen French bread dough. **Lebensmittel- Wissenschaft und –Technologie,** 38, 275–280.

Meng, L. (2016). Baking characteristic, color and rheological properties of frozen pizza dough under different freezing conditions by using a superheated steam (SHS) oven. MSc thesis, **the Graduate school Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo**. Japan.

Meziani, S., Jasniewski, J., Ribotta, P., Tehrany, E. A., Muller, J. M., Ghou, M. and Desobry, S. (2012). Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough. **Journal of Food Engineering,** 109, 538-544.

Michalak-Majewska, M., Sołowiej, B. & Slawińska, A. (2017) Antioxidant activity, technological and rheological properties of baked rolls containing dried onions (Allium cepa L.). **J. Food Process.** Pres. 41(1), e12914.

Miller, K. A. and Hoseney, R. C. (1999). Effect of oxidation on the dynamic rheological properties of wheat flour-water doughs. **Cereal Chemistry**, 76, 100-104.

Miller, R. A. and Hoseney, R. C. (2008). Role of salt in baking. **Cereal Foods World,** 53, 4-6.

Milovanović, R. (2010). Role of new Technologies in Creating Competitive Advantage, **Food & Feed Research**, 37, 1, 1 -42.

Moreira, R., Chenlo, F. & Torres, M. D. (2013) Rheology of gluten-free doughs from blends of chestnut and rice flours. **Food Bioprocess Tech.** 6(6), 1476-1485.

Moss, R. (1973). Conditioning studies on Australian wheat. II. Morphology of wheat and its relationship to conditioning. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** 24, 1067-1076.

Moore, J.; Luther, M.; Cheng, Z.; Yu, L. Effects of baking conditions, dough fermentation, and bran particle size on antioxidant properties of whole-wheat pizza crusts. **J. Agric. Food Chem.** 2009, 57, 832–839. [CrossRef] [PubMed]

Moradi, V., Khaneghah, A. M., Fallah, A. and Akbarirad, H. (2016). Rheological properties of wheat flour with different extraction rate. **International Food Research Journal,** 23, 1056-1061.

Nakamura, M. and Kurata, T. 1997. Effect of L-ascorbic acid on the rheological properties of wheat – water dough. **Cereal Chemistry**, 75, 647-650.

Narashans Alok Sagar, and Sunil Pareek, (2020), Dough rheology, antioxidants, textural, physicochemical characteristics, and sensory quality of pizza base enriched with onion (Allium cepa L.) skin powder**, Scientific Reports** 10:1886g.

Narpinder, s,Kulwinder k,Hardeep s , and Harmeet S . (2000) .Effect of starch lipids inclusion complex formation on functional properties of flour . **food chemistry**.42(6):1348-1351.

Nechita, V., Niculita, I., Arghire, C. and Izella, I. G. (2009). Strong flour improvement using malt flour **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 15**, 242-244.

Nikolić, N. C., Stojanović, J. S., Stojanović, G. S., Mastilović, J. S., Karabegović, I. T., Petrović, G. M. and Lazić, M. L. 2013. The effect of some protein rich flours on farinograph properties of the wheat flour. **Advanced technologies**, 2, 20-25.

Olivera, D. F. and Salvadori, V. O. 2009. Effect of freezing rate in textural and rheological characteristics of frozen cooked organic pasta. **Journal of Food Engineering**, 90, 271-276.

Pablo D. Ribotta, Alberto E. Leo´n, and Marı ´a Cristina An˜o´n*, (2001) Effect of Freezing and Frozen Storage of Doughs on Bread Quality, Facultad de Ciencias Agropecuarias, **Universidad Nacional de Co´rdoba, Av. Valparaı ´so** s/n, C.C. 509.

Pagani, M. A., Lucisano, M. & Mariotti, M. (2014) Italian bakery products. in Bakery **Products Science and Technology** (eds. Zhou, W. & Hui, Y. H.) 685–721 (Wiley, New York, 2014).

Parate, V. R., Pathak, S. S. and Talib, M. I. (2016). Improvement in functional and rheological properties of gluten by enzyme treatment. **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology,** 10, 38-44.

Peleg, M. The instrumental texture profile analysis revisited. 2019, J. **Texture Stud.** 50, 362–368. [CrossRef]

Pehlivanoglu, H.; Ozulku, G.; Yildirim, R.M.; Demirci, M.; Toker, O.S.; Sagdic, O. (2018), Investigating the usage of unsaturated fatty acid-rich and low-calorie oleogels as a shortening mimetics in cake. **J. Food Processing Preserv**. 42, e13621. [CrossRef]

Peyron, S., Chaurand, M., Rouau, X. and Abecassis, J. (2002). Relationship between bran mechanical properties and milling behaviour of durum wheat (Triticum durum Desf.). Influence of tissue thickness and cell wall structure. **Journal of Cereal Science,** 36, 377-386.

Piechowiak, T., Grzelak-Błaszczyk, K., Bonikowski, R. & Balawejder, M. (2020) Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin

and their use in functional bread production. **LWT-Food Sci. Technol**. 117, 108614.

Piechowiak, T. & Balawejder, M. (2019) Onion skin extract as a protective agent against oxidative stress in Saccharomyces cerevisiae induced by cadmium. **J. Food Biochem.** 43(7), e12872.

Plyer, E. J. (1988). Baking Science and Technology. Sosland Publ. Comp., **Kansas City, US,** 256-265.

Prokopov, T. et al. (2018), Effects on the quality and health-enhancing properties of industrial onion waste powder on bread. **J. Food Sci. Technol.** 55(12), 5091-5097.

Prokopov, T. et al. (2018) Effects on the quality and health-enhancing properties of industrial onion waste powder on bread. **J. Food Sci. Technol.** 55(12), 5091-5097.

Pomeranz Y. (1971). Wheat Chemistry and Technology. AACC, II. ed., **St Paul, Minnesota, US**, 561-600.

Pourfarzad A, Khodaparast MH, Karimi M, Mortazavi SA, Ghiafeh Davoodi M, Hematian Sourki A. (2009). Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. **Journal of Food Process Engineering** 34, 1435 - 1445.

Pourafshar, S.; Rosentrater, K.A.; Krishnan, (2015), P.G. Using alternative flours as partial replacement of barbari bread formulation (traditional Iranian bread). J. **Food Sci. Technol.** 52, 5691-5699. [CrossRef]

Räsäen J. (1998). Prefermented Frozen Lean Wheat Doughs, **PhD Thesis, Technical research Centre of Finland, Espoo, Finlan**d.

Reid, D. S. (1993). Basic physical phenomena in the freezing and thawing of plant and animal tissues. In: Mallet, C.P., editor. Frozen food technology. **New York: Blackie Academic & Professional**. p 1-19.

Renzetti S, Dal Bello F, Arendt EK. Microstructure,(2008) fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**;48(1) 33-45.

Redl, A.; Guilbert, S.; Morel, M.-H. Heat and shear mediated polymerisation of plasticized wheat gluten protein upon mixing. **J. Cereal Sci.** 2003, 38, 105-114. [CrossRef]

Ribotta, P. D., Leon, A. E. and Anon, M. C. (2003). Effect of yeast freezing in frozen dough. **Cereal Chem**. 80(4):454-458.

Ribotta, P. D., Perez, G. T., Leon, A. E. and Anon, M. C. (2004). Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, 18, 305-313.

Ribotta, P. D., León, A. E., Anón, M. C. (2006). Frozen dough. In: Hui, Y. H., editor. Bakery products: **Science and technology. Ames, Iowa: Blackwell Publishing.** p 381-390.

Ridgaway, D. (2005). Pizza: 50 Traditional and Alternative Recipes for the Oven and Grill. **Rockport Publishers, Inc. America.**

Rips, L. J. (1989). Similarity, typically, and categorization. In A. Ortony & S. Vosniadou (Eds.), Similarity and analogical reasoning. (pp. 21-59): **Cambridge University Press, New York, NY, US**.

Rojas, J. A., Rosell, C. M., Benedito de Barber, C., Pe´rez-Munuera, I. and Lluch, M. A. (2000). The baking process of wheat rolls followed by cryo scanning electron microscopy. **European Food Research Technology**, 212, 57-63.

Rosell, C. M. and Gomez, M. (2007). Frozen dough and partially baked bread: an update. **Food Reviews International**, 23, 303-319.

Rouille, J., Le Bail, A. and Coucoux, P. (2000). Influence of formulation and mixing conditions on bread making qualities of French frozen dough. **Journal of Food Engineering,** 43, 197-203.

Rubel, I. A., Perez, E. E., Manrique, G. D. & Genovese, D. B. (2015) Fiber enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. **Food Struct.** 3, 21-29.

Sagar, N. A., Pareek, S. & Gonzalez-Aguilar, G. A. (2020) Quantification of flavonoids, total phenols and antioxidant properties of onion skin: A comparative study of fifteen Indian cultivars. **J. Food Sci.** Technol. 57, 2423-2432.

Sahlstrom S, Park W, Shelton DR. (2004). Factors influencing yeast fermentation and the effect of LMW sugars and yeast fermentation on hearth bread quality. **Cereal Chem**. 81(3):328- 335

Salas-Mellado, M., & Chang, Y. (2003). Effect of formulation on the quality of frozen bread dough. Brazilian Archives of Biology and Technology, 46, 461-468.

Samad, A. (2000). Effect of Different Gums on the Quality and Shelf Life of Wheat Bread. M.Sc.(Hons) Thesis, Deptt. Food Tech., **Univ. of Agric., Faisalabad. Pakistan**.

Sasano, Y., Haitani, Y., Hashida, K., Ohtsu, I., Shima, J. and Takagi, H. (2012). Simultaneous accumulation of proline and trehalose in industrial baker's yeast enhances fermentation ability in frozen dough. **Journal of Bioscience and Bioengineering,** 113, 592-595.

Sapirstein, H. D. and Fu, B. X. (1998). Intercultivar variation in the quantity of monomeric proteins, soluble and insoluble glutenin, and residue protein in wheat flour and relationships to breadmaking quality. **Cereal Chemistry**, 75, 500-507.

Sapirstein, H., Wu, Y., Koksel, F. and Graf, R. 2018. A study of factors influencing the water absorption capacity of Canadian hard red winter wheat flour. **Journal of Cereal Science**, 81, 52-59.

SAS (1985). SAS user guide. Statistics, version 5th edition. SAS Institute. **Inc. Cary, NC.**

Sahu, D.; Bharti, D.; Kim, D.; Sarkar, P.; Pal, K. (2021), Variations in Microstructural and Physicochemical Properties of Candelilla Wax/Rice Bran Oil–Derived Oleogels Using Sunflower Lecithin and Soya Lecithin. Gels 7, 226. [CrossRef]

Selomulyo, V. O. and Zhou, W. B. (2007). Frozen bread dough: effects of freezing storage and dough improvers. **Journal of Cereal Science**, 45, 1-17.

Shewry, P. R. and Tatham, A. S. 2000. *Wheat Gluten.* The Royal Society of Chemistry, **Cambridge, UK.**

Shewry PR, Tatham AS. Disulphide bonds in wheat gluten proteins (1997). **J Cereal Sci**; 25: 207–227.

Shewry PR, Tatham AS, Forde J, Kreis M, Miflin BJ.(1986) The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. **J Cereal Sci**; 4: 97–106.

Shewry PR, Halford NG, Belton PS, Tatham AS.(2002), The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. Philos **Trans R Soc Lond B Biol Sci**; 357: 133–142.

Shi, K., Yu, H. and Lee, T. C. (2013). A novel approach for improving yeast viability and baking quality of frozen dough by adding biogenic ice nucleators from Erwinia herbicola. **Journal of Cereal Science**, 57, 237- 243.

Shima, J., Ando, A. and Nakamura, T. (2010). Environmental stress tolerance of yeast: Importance in industrial uses and molecular mechanisms. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**–Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 57, 225–231.

Simic, G., Horvat, D., Jurkovic, Z., Drezner, G., Novoselovic, D. and Dvojkovic, K. (2006). The genotype effect on the ratio of wet gluten content to total wheat grain protein. **Journal of Central European Agriculture** 7, 13–18.

Smail, M., Kaci, M. M., Jacquot, M., Jasniewski, J., Ribotta, P., Muller, J., Ghoul, M. Desobry, S. (2012). Effect of freezing treatments and yeast amount on sensory and physical properties of sweet bakery products. **Journal of Food Engineering**, 111, 336–342.

Srivastava, J. P., Damania, A. B. and Pecetti, L. (1988). Landraces, Primitive forms and wild progenitors of macaroni wheat, Triticum durum: Their use in dryland agriculture. Miller, T.E. and Koebner, R.M.D., Eds. Proceedings of the 7th International Wheat Genetics Symposium, **Oxford, England. Oxford University.** 153–158.

Statista. Domino's Pizza Stores in Selected Countries 2020. Available online: https://**www.statista.com/statistics/207130 /number–of–dominos–pizza–stores**–worldwide–by–country/ (accessed on 21 March 2022).

Stauffer, C. E. (1993). Frozen dough production. In: Kamel BS, Stauffer CE, editors. Advances in baking technology. **London, UK: Blackie**. p 88–106.

Sun S, Song Y, Zheng Q. (2007) Morphologies and properties of thermo–molded biodegradable plastics based on glycerolplasticized wheat gluten. **Food**

Hydrocolloids; 21: 1005–1013.

Surma, M., Adamski, T., Banaszak, Z., Kaczmarek, Z., Kuczynska, A., Majcher, M., Lugowska, B., Obuchowski, W., Salmanowicz, B. and Krystkowiak, K. (2012). Effect of genotype, environment and their interaction on quality parameters of wheat breeding lines of diverse grain hardness. **Plant Prod. Sci**., 15, 192–203.

Syed Saif Alam 1, Deepti Bharti 1, Bikash K. Pradhan 1, Deblu Sahu 1, Somali Dhal 1, Nahyun Mariah Kim 2, Maciej Jarze˛bski 3, and Kunal Pal 1, (2022), Analysis of the Physical and Structure Characteristics of Reformulated Pizza Brea, **J. Foods** 11, 1979. https://doi.org/ 10.3390/foods11131979.

Szczesniak, A.S. (2002), Texture is a sensory property. **Food Qual**. Prefer. 13, 215–225. [CrossRef]

Tehseen, S.; Anjum, F.M.; Pasha, I.; Khan, M.I.; Saeed, (2014), F. Suitability of spring wheat varieties for the production of best quality pizza. **J. Food Sci. Technol.** 51, 1517–1524. [CrossRef] [PubMed]

Tritt, A.; Reicks, M.; Marquart, L. (2015), Reformulation of pizza crust in restaurants may increase whole-grain intake among children. **Public Health Nutr**. 18, 1407–1411. [CrossRef]

Tuhumury, H.C.D., Small, D.M.and Day, L. (2014). The effect of sodium chloride on gluten network formation and rheology. **Journal of Cereal Science**, 60,229–237.

Udeh, K. O., Achremowicz, B. and Podgórska, E. (1999). Effect of dough mixing and oxidizing improvers on glutathione and related thiol-containing compounds on bread making quality: A review of mechanism and controversy. **Agro Food Industry Hi-Tech**., 10, 20–23.

Varrianomarston E, Hsu KH, MAHDI J. (1980). Rheological and structural-changes in frozen dough. **Bakers Digest** 54(1):32–34.

Van Dijck P, Colavizza D, Smet P, Thevelein JM. (1995). Differential importance of trehalose in stress resistance in fermenting and nonfermenting saccharomyes-cerevisiae cells. **Appl. Environ. Microbiol**. 61(1):109-115.

Verstrepen, K., Derdelinckx, G., Verachtert, H. and Delvaux, F. (2003). Yeast flocculation: What brewers should know. **Applied microbiology and biotechnology**, 61, 197-205

Vetrimani, R., Sudha, M. L. and Haridas Rao, P. (2005). Effect of extraction rate of wheat flour on the quality of vermicelli. **Food Research International,** 38, 411-416.

Virginia, G., & Tzia, C. (2007). Frozen dough bread: Quality and textural behavior during prolonged storage - Prediction of final product characteristics. **Journal of Food Engineering**, 79, 929-934.

Vodovotz Y, Vittadini E, Sachleben JR. (2002). Use of H-1 cross-relaxation nuclear magnetic resonance spectroscopy to probe the changes in bread and its components during aging. **Carbohydrate Research** 337(2):147-153.

Vujić, S. (1983). Air-conditioning, Mechanical Engineering, **Belgrade**.

Wassermann, Ludwig Neuulm. (2008). Bread improvers- action and application.. Informationen aus dem Wissensforum Backwaren. **Wissensforum Backwaren e.V. Wien.**

Westlake, M. (2003). The economics of strategic crops. In: Fiorillo, C. and Vercueil, J. Syrian Agriculture at the crossroads, Part 2, **Economics of the main sub-sectors in Syrian agriculture.** FAO, Rome.

Whitworth, M. B., Cauvain, S. P., and Cliffe, D. (2004) Measurement of bread cell structure by image analysis. Proceedings of the 12th International ICC **Cereal and Bread Congress. Woodhead Publishing Ltd.**.

Williams, P. (1997). Variety development and quality control of wheat in Canada. **International Japanese Conference on Near-Infrared Reflectance**, CGC. 345-378.

Wilderjans E, Pareyt B, Goesaert H, Brijs, K, Delcour, JA. (2008). The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on luten-starch blends. **Food Chemistry** 110, 909-915.

Wieser H. (2003), The use of redox agents. In: Cauvain SP, editor. Breadmaking: improving quality. Cambridge, UK: **Woodhead Publishing Limited**,: 424-446.

Wu, M.-Y.; Chang, Y.-H.; Shiau, S.-Y.; Chen, C.-C. (2012), Heology of fiber-enriched steamed bread: Stress relaxation and texture profile analysis. **J. Food Drug Anal**. 20, 133-142. [CrossRef]

Wolt, M. J., and D'appolonia, B. L. (1984). Factors involved in the stability of frozen dough. I. The influence of yeast-reducing compounds on frozen-dough stability. **Cereal Chem**. 61:209-212.

Yasui T, Matsuki J, Sasaki T, Yamamori M. (1996). Amylose and lipid contents, amylopectin structure, and gelatinisation properties of waxy wheat (triticum aestivum) starch. **J. Cereal Sci**. 24(2):131-137.

Youssef, M.; Barbut, S.S. (2011), Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. **Meat Sci.** 87, 356-360. [CrossRef]

Yi, J. and Kerr, W. L. (2009). Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. **LWT - Food Science and Technology**, 42, 1474-1483.

Yildiz, Ö.; Yurt, B.; Bas¸türk, A.; Toker, Ö.S.; Yilmaz, M.T.; Karaman, S.; Dag˘lıog˘lu, (2013), O. Pasting properties, texture pro ile and stress–relaxation behavior of wheat starch/dietary ber systems. **Food Res.** Int. 53, 278–290. [CrossRef]

Zayas, I. Y. (1993). Digital Image Texture Analysis for Bread Crumb Grain Evaluation. **Cereal Food World**. 38:760-762, 764-766.

Zghal, M. C., Scanlon, M. G., and Sapirstein, H. D. (1999). Prediction of Bread Crumb Density by Digital Image Analysis. **Cereal Chem**. 76:734-742.

Zheng H, Morgenstern MP, Campanella OH, Larsen NG. (2000). Rheological properties of dough during mechanical dough development**. J. Cereal Sci.** 32(3):293-306.

Zhu, Y.; Sang, S. (2017), Phytochemicals in whole grain wheat and their health-promoting effects**. Mol. Nutr. Food Res**. 61, 1600852. [CrossRef] [PubMed]

Zielinski, H., Michalska, A., Ceglinska, A. (2008a). Antioxidant properties of spelt bread**. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences** 58 (2), 217-222

Zielinski, H., Michalska, A., Ceglinska, A. (2008b). Bioactive compounds in spelt bread. **European Food Research and Technology**, 226, 537-544.