



الجمهورية العربية السورية  
جامعة دمشق  
كلية الهندسة الزراعية  
قسم الإنتاج الحيواني

# **تأثير المنايلة الحرارية خلال التطور الجنيني في بعض المؤشرات الفيزيولوجية والتعبير عن بعض جينات الإجهاد الحراري عند الفري**

أطروحة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية  
(الإنتاج الحيواني - فيزيولوجيا الحيوان)

**إعداد المهندس  
إياد رياض علي ديب**

**المشرف المشارك**

**الدكتور شادي سكرية**

الأستاذ المساعد في قسم علم الحياة الحيوانية  
كلية العلوم - جامعة دمشق

**المشرف العلمي**

**الدكتور إبراهيم مهرة**

الأستاذ في قسم الإنتاج الحيواني  
كلية الزراعة - جامعة دمشق

2022م

قدمت هذه الأطروحة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه في الإنتاج الحيواني (فيزيولوجيا الحيوان)، من كلية الهندسة الزراعية - جامعة دمشق. نوقشت هذه الأطروحة الموسومة بعنوان (تأثير المناقلة الحرارية خلال التطور الجنيني في بعض المؤشرات الفيزيولوجية والتعبير عن بعض جينات الإجهاد الحراري عند الفري) في جلسة علنية بتاريخ 2021/12/22، وأجيزت من قبل لجنة الحكم المؤلفة من السادة الأساتذة:

**أ.د. إبراهيم مهرة** عضواً مشرفاً

الأستاذ في قسم الإنتاج الحيواني - كلية الزراعة - جامعة دمشق

**أ.د. محمد المحروس** عضواً

الأستاذ في قسم الإنتاج الحيواني - كلية الزراعة - جامعة دمشق

**أ.د. أميرة أومري** عضواً

الأستاذ في قسم علم الحياة الحيوانية - كلية العلوم - جامعة دمشق

**أ.د. ياسين هاشم** عضواً

الأستاذ في قسم الإنتاج الحيواني - كلية الزراعة - جامعة دمشق

**د. سلام لاوند** عضواً

الأستاذ المساعد في قسم المحاصيل الحقلية - كلية الزراعة - جامعة دمشق

## تصريح

أصرح بأن البحث الموصوف في هذه الأطروحة بعنوان (تأثير المناقلة الحرارية خلال التطور الجنيني في بعض المؤشرات الفيزيولوجية والتعبير عن بعض جينات الإجهاد الحراري عند الفري) لم يؤخذ أي جزء منه بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أي جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي، وأن كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي نتيجة جهودي الشخصية ويتوجيه من الأساتذة المشرفين، وأن أية معلومات أو نتائج أخرى ذكرت قد نُسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

## المرشح

إياد رياض علي ديب

## شهادة المشرفين

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الأطروحة (تأثير المناولة الحرارية خلال التطور الجنيني في بعض المؤشرات الفيزيولوجية والتعبير عن بعض جينات الإجهاد الحراري عند الفري) هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح الطالب إياد علي ديب تحت إشراف كل من الدكتور إبراهيم مهرة (مشرفاً) الأستاذ في قسم الإنتاج الحيواني، كلية الزراعة - جامعة دمشق والدكتور شادي سكرية (مشرفاً مشاركاً) الأستاذ المساعد في قسم علم الحياة الحيوانية، كلية العلوم - جامعة دمشق، وإن أية مراجع أخرى لباحثين آخرين ذكرت في هذا العمل موثقة في نص الأطروحة وحسب ورودها في النص.

المشرفان

المرشح

د. شادي سكرية

أ. د. إبراهيم مهرة

إياد رياض علي ديب

## Certificate

It is hereby to certify that this work described in this thesis (**Effect of Thermal Manipulation During Embryonic Development on Some Physiological Responses and Expression of Some Stress Genes of Quail**) is the results of the author's own investigation under supervision of Prof. Ibrahim Mohrah (main supervisor) at the Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, Damascus University and Dr. Chadi Soukkarieh (assistant supervisor) at the Department of Animal Biology, Faculty of Science, Damascus University. In addition, any other references mentioned in this work are documented in the text of other treatise.

Candidate

Supervisors

Eiad Reiad Ali-Deeb

Prof. Ibrahim Mohrah

Dr. Chadi Soukkarieh

## كلمة شكر

أتوجه بالشكر والامتنان لعمادة كلية الزراعة بجامعة دمشق بكادرها الإداري والتدريسي عامةً وقسم الإنتاج الحيواني بشكل خاص على التعاون المقدم لإتمام العمل.

الشكر الجزيل للأستاذ الدكتور إبراهيم مهرة (كلية الزراعة - جامعة دمشق) والدكتور شادي سكرية (كلية العلوم - جامعة دمشق) لما قدماه من خبرات علمية وعملية وإشراف وجهد ومتابعة لإنجاز هذا البحث.

كما أتقدم بجزيل الشكر والعرفان والامتنان والتقدير للدكتور محمد الصالح (الأستاذ المساعد في كلية الزراعة - جامعة دمشق) الذي لم يبخل يوماً بتقديم العون والمساعدة سواء العلمية والعملية أو المعنوية والتوجيه المستمر من بداية العمل وحتى نهايته وكان له الفضل في إعداد البحث.

لجميع الأساتذة والخبرات العلمية والعاملين في كلية العلوم بجامعة دمشق، ومختبر الدراسات العليا على وجه الخصوص لدعمهم المستمر ومساعدتهم في إتمام البحث.

أخص بالشكر الأصدقاء الزملاء ممن كانوا دوماً عوناً لي في كل خطوة وهم كثر لا يسعني ذكرهم جميعاً، لكنني أخص بالذكر مع حفظ الألقاب (ريم عقل - أسيل الكرجوسلي - اسماعيل الصالح - إيمان الخطيب - نور حمودة).

شكر وامتنان من القلب للأهل والزملاء والأصدقاء والأحبة وكل من ساعد ولو بكلمة.

أياد رياض علي ديب

## فهرس المحتويات

|         |                                                                                 |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|
| ب.....  | تصريح                                                                           |
| ج.....  | شهادة المشرفين                                                                  |
| د.....  | ملحة شكر                                                                        |
| ه.....  | فهرس المحتويات                                                                  |
| ح.....  | List of Tables قائمة الجداول                                                    |
| ي.....  | List of Figures قائمة الأشكال                                                   |
| ك.....  | List of Abbreviations and Terms قائمة الاختصارات والمصطلحات                     |
| ص.....  | الملخص                                                                          |
| 1.....  | Introduction المقدمة                                                            |
| 7.....  | Literature Review الفصل الأول: الدراسة المرجعية                                 |
| 8.....  | <u>1-1</u> الإجهاد الحراري في صناعة الدواجن                                     |
| 10..... | <u>1-1-1</u> تأثير الإجهاد الحراري في المؤشرات الإنتاجية للدجاج                 |
| 10..... | <u>1-1-1-1</u> دجاج إنتاج البيض                                                 |
| 12..... | <u>1-1-1-2</u> دجاج إنتاج اللحم                                                 |
| 14..... | <u>1-2-1</u> الآثار السلبية الناجمة عن الإجهاد الحراري عند الدواجن              |
| 14..... | <u>1-2-1-1</u> التأثير في استهلاك الماء والعلف خلال فترة الإجهاد الحراري        |
| 14..... | <u>1-2-1-2</u> الإجهاد التأكسدي الناتج عن الإجهاد الحراري                       |
| 17..... | <u>1-2-1-3</u> تأثير الإجهاد الحراري في النظام المناعي في الجسم                 |
| 20..... | <u>1-3-1</u> الطرائق المتبعة للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الحراري          |
| 21..... | <u>1-3-1-1</u> الإستراتيجيات الصناعية للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الحراري |
| 22..... | <u>1-3-1-2</u> الإستراتيجيات السلوكية للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الحراري |
| 25..... | <u>1-3-1-3</u> استراتيجيات التغذية للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الحراري    |
| 30..... | <u>1-3-1-4</u> الاستجابة الفيزيولوجية                                           |
| 34..... | <u>2</u> المشاركة الهرمونية في التنظيم الحراري                                  |
| 34..... | <u>1-2-1</u> الغدة النخامية                                                     |
| 34..... | <u>1-2-1-1</u> البنية التشريحية للغدة النخامية                                  |
| 34..... | <u>1-2-1-2</u> هرمونات الغدة النخامية                                           |
| 35..... | <u>1-2-2</u> الغدة الكظرية                                                      |

|         |                                                                                                          |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 35..... | <a href="#">1-2-2. البنية التشريحية</a>                                                                  |
| 36..... | <a href="#">2-2-2. التشريح المجهرى</a>                                                                   |
| 38..... | <a href="#">3-2-2. فيزيولوجيا قشرة الكظر</a>                                                             |
| 44..... | <a href="#">4-2-2. تأثير الستيرويدات القشرانية في الاستقلاب الأني</a>                                    |
| 49..... | <a href="#">5-2-2. التأثيرات الفيزيولوجية لهرمونات قشرة الكظر</a>                                        |
| 53..... | <a href="#">6-2-2. محور الوطاء - الغدة النخامية - الغدة الكظرية</a>                                      |
| 61..... | <a href="#">3- طرائق المناבלات الحرارية أثناء فترة حضانة البيض</a>                                       |
| 62..... | <a href="#">1-3- تأثير ارتفاع درجة حرارة الحضان في المؤشرات الفيزيولوجية والإنتاجية عند الطيور</a>       |
| 64..... | <a href="#">2-3- تأثير المنابلات الحرارية في تعديل التعبير المورثي</a>                                   |
| 66..... | <a href="#">3-3- الآليات الكامنة وراء انتقال الآثار البيئية المبكرة عبر الأجيال</a>                      |
| 67..... | <a href="#">4- بروتينات الصدمة الحرارية (HSPs) Heat Shock Proteins</a>                                   |
| 67..... | <a href="#">1-4- اكتشاف نظام الاستجابة للصدمة الحرارية والمجموعات الرئيسية لبروتينات الصدمة الحرارية</a> |
| 68..... | <a href="#">2-4- الوظائف الجزيئية لبروتينات الصدمة الحرارية</a>                                          |
| 72..... | <a href="#">الفصل الثاني: مواد وطرائق البحث Research Methodology</a>                                     |
| 73..... | <a href="#">1- مكان تنفيذ البحث</a>                                                                      |
| 73..... | <a href="#">2- منهجية البحث</a>                                                                          |
| 76..... | <a href="#">3- المؤشرات المدروسة</a>                                                                     |
| 76..... | <a href="#">1-3- تقدير مؤشرات التفريخ</a>                                                                |
| 77..... | <a href="#">2-3- تقدير مؤشرات النمو</a>                                                                  |
| 77..... | <a href="#">3-3- تقدير مؤشرات البيض</a>                                                                  |
| 80..... | <a href="#">4-3- تقدير المؤشرات الفيزيولوجية</a>                                                         |
| 80..... | <a href="#">1-4-3. تقدير تركيز هرمون الكورتيكوستيرون</a>                                                 |
| 83..... | <a href="#">2-4-3. تقدير المؤشرات البيوكيميائية</a>                                                      |
| 89..... | <a href="#">5-3- تقدير المؤشرات الجزيئية</a>                                                             |
| 89..... | <a href="#">1-5-3. استخلاص الحمض النووي الريبى RNA وإجراء تفاعل PCR التقليدي</a>                         |
|         | <a href="#">2-5-3. التعبير المورثي لمورثة HSP70 و HSP90 باستخدام تفاعل Real-Time</a>                     |
| 91..... | <a href="#">Polymerase chain reaction (RT-PCR)</a>                                                       |
| 94..... | <a href="#">4- التحليل الإحصائي</a>                                                                      |
| 95..... | <a href="#">الفصل الثالث: النتائج والمناقشة Results and Discussion</a>                                   |
| 96..... | <a href="#">1- مؤشرات التفريخ</a>                                                                        |
| 96..... | <a href="#">1-1- مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الأول</a>                                      |

|     |                                                                   |                                     |
|-----|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 97  | مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الثاني                   | <a href="#">-2-1</a>                |
| 99  | مقارنة قيم مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الأول والثاني | <a href="#">-3-1</a>                |
| 101 | نسبة النفوق الجنيني وموعده للبيض المكون لأفراد الجيل الأول        | <a href="#">-4-1</a>                |
| 102 | مؤشرات النمو لأفراد الجيل الأول                                   | <a href="#">-2</a>                  |
| 102 | نسبة النفوق                                                       | <a href="#">-1-2</a>                |
| 103 | متوسط الوزن الحي                                                  | <a href="#">-2-2</a>                |
| 104 | سرعة النمو النسبية                                                | <a href="#">-3-2</a>                |
| 105 | مؤشرات البيض لأفراد الجيل الأول                                   | <a href="#">-3</a>                  |
| 105 | مؤشرات إنتاج البيض                                                | <a href="#">-1-3</a>                |
| 105 | متوسط استهلاك العلف                                               | <a href="#">1-1-3</a>               |
| 106 | معدل إنتاج البيض                                                  | <a href="#">2-1-3</a>               |
| 107 | متوسط وزن البيضة                                                  | <a href="#">3-1-3</a>               |
| 108 | معدل إنتاج الأنثى الواحدة من البيض (H.D) و (H.H)                  | <a href="#">4-1-3</a>               |
| 110 | كتلة البيض للأنثى الواحدة                                         | <a href="#">5-1-3</a>               |
| 111 | معامل التحويل الغذائي                                             | <a href="#">6-1-3</a>               |
| 112 | المواصفات النوعية الداخلية والخارجية للبيض                        | <a href="#">-2-3</a>                |
| 126 | المؤشرات الفيزيولوجية                                             | <a href="#">-4</a>                  |
| 126 | تركيز هرمون الكورتيكوستيرون                                       | <a href="#">-1-4</a>                |
| 131 | المؤشرات البيوكيميائية                                            | <a href="#">-2-4</a>                |
| 131 | الغلوكوز                                                          | <a href="#">1-2-4</a>               |
| 134 | الكوليسترول                                                       | <a href="#">2-2-4</a>               |
| 137 | الجليسيريدات الثلاثية                                             | <a href="#">3-2-4</a>               |
| 140 | البولة                                                            | <a href="#">4-2-4</a>               |
| 143 | حمض البول                                                         | <a href="#">5-2-4</a>               |
| 146 | نتائج المؤشرات الجزيئية                                           | <a href="#">-5</a>                  |
| 147 | التعبير المورثي لمورثة HSP70                                      | <a href="#">-1-5</a>                |
| 150 | التعبير المورثي لمورثة HSP90                                      | <a href="#">-2-5</a>                |
| 153 | Conclusions and Suggestions                                       | الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات |
| 157 | References                                                        | المراجع                             |
| 188 | Abstract                                                          |                                     |

## قائمة الجداول List of Tables

| رقم<br>الجدول | عنوان الجدول                                                                                                                                                                                                | رقم<br>الصفحة |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1             | التراكيز القاعدية لكل من الكورتيكوستيرون والألدوستيرون في بلازما دم بعض أنواع الطيور التابعة لرتبة الدجاجيات والإوزيات                                                                                      | 39            |
| 2             | ديناميكية إفراز وتصفية الستيرويدات القشرانية                                                                                                                                                                | 43            |
| 3             | التأثيرات الرئيسية للستيرويدات القشرانية                                                                                                                                                                    | 51-52         |
| 4             | البادئات الخاصة بالمورثات المدروسة HSP70 و HSP90 والمورثة المرجعية GAPDH مع طول كل مورثة                                                                                                                    | 90            |
| 5             | مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الأول                                                                                                                                                              | 97            |
| 6             | مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الثاني                                                                                                                                                             | 98            |
| 7             | مقارنة نسبة البيض المخصب ونسبة الفقس بين البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني                                                                                                  | 99            |
| 8             | مقارنة نسبة التفريخ ووزن الصوص بعمر يوم واحد بين البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني                                                                                          | 100           |
| 9             | نسبة النفوق وموعده لبيض التفريخ المكون لأفراد الجيل الأول                                                                                                                                                   | 101           |
| 10            | وزن البيضة ودليل شكلها بعد التخزين والمناوبات الحرارية المختلفة                                                                                                                                             | 113           |
| 11            | المؤشرات الخارجية لقشرة البيضة بعد التخزين والمناوبات الحرارية المختلفة                                                                                                                                     | 116           |
| 12            | مؤشرات البياض بعد التخزين والمناوبات الحرارية المختلفة                                                                                                                                                      | 119           |
| 13            | مؤشرات الصفار بعد التخزين والمناوبات الحرارية المختلفة                                                                                                                                                      | 122           |
| 14            | لون الصفار ونسبة البياض إلى الصفار ووحدات هوف بعد التخزين والمناوبات الحرارية المختلفة                                                                                                                      | 125           |
| 15            | متوسط تركيز هرمون الكورتيكوستيرون (ng/mL) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 90 دقيقة و 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني بعمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة | 130           |
| 16            | متوسط تركيز الغلوكوز (mg/dL) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 90 دقيقة و 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة            | 133           |

|     |                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 136 | متوسط تركيز الكوليسترول (mmol/L) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة           | 17 |
| 139 | متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية (mmol/L) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة | 18 |
| 142 | متوسط تركيز البولة (mmol/L) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة                | 19 |
| 145 | متوسط تركيز حمض البول (μmol/L) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة             | 20 |

## قائمة الأشكال List of Figures

| رقم<br>الشكل | عنوان الشكل                                                                                                                                     | رقم<br>الصفحة |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1            | مخطط المحلول العياري يوضح التراكيز المعلومة المستخدمة وامتصاصية كل تركيز، والمستخدم لحساب قيم تركيز هرمون الكورتيكوستيرون لعينات الدراسة        | 82            |
| 2            | نسبة النفوق (%) لإجمالي الطيور (ذكور وإناث) لكامل فترة النمو (6 أسابيع)                                                                         | 102           |
| 3            | متوسط الوزن الحي (غ) لإجمالي الطيور (ذكور وإناث) لكامل فترة النمو (6 أسابيع)                                                                    | 103           |
| 4            | سرعة النمو النسبية (%) لإجمالي الطيور (ذكور وإناث) لكامل فترة النمو (6 أسابيع)                                                                  | 104           |
| 5            | متوسط استهلاك العلف (غ) لإجمالي الطيور (ذكور وإناث) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)                                                              | 106           |
| 6            | معدل إنتاج البيض (%) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)                                                                                             | 107           |
| 7            | متوسط وزن البيضة (غ) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)                                                                                             | 108           |
| 8            | معدل إنتاج الأنثى الواحدة (H.D) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)                                                                                  | 109           |
| 9            | معدل إنتاج الأنثى الواحدة (H.H) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)                                                                                  | 109           |
| 10           | كتلة البيض للأنثى الواحدة (غ) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)                                                                                    | 110           |
| 11           | معامل التحويل الغذائي خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)                                                                                            | 111           |
| 12           | صورة لهلام الرحلان الكهربائي تظهر نواتج تضخيم المورثة الشاهد GAPDH (الحرف G)، والجين HSP70 (الرقم 7)، والجين HSP90 (الرقم 9)                    | 147           |
| 13           | مخطط بياني لقيم التعبير المورثي لمورثة HSP70 في كل من الكبد والكلية والوطاء لطيور الجيلين الأول والثاني في مجموعة المناقلة الحرارية المبكرة     | 148           |
| 14           | مخطط بياني لقيم التعبير المورثي لمورثة HSP70 في كل من الكبد والكلية والوطاء لطيور الجيلين الأول والثاني في مجموعة المناقلة الحرارية المزدوجة    | 149           |
| 15           | مخطط يوضح قيمة التعبير المورثي لمورثة HSP90 في كل من (الكبد - الكلية - الوطاء) لطيور الجيلين الأول والثاني في مجموعة المناقلة الحرارية المبكرة  | 151           |
| 16           | مخطط يوضح قيمة التعبير المورثي لمورثة HSP90 في كل من (الكبد - الكلية - الوطاء) لطيور الجيلين الأول والثاني في مجموعة المناقلة الحرارية المزدوجة | 152           |

## قائمة الاختصارات والمصطلحات List of Abbreviations and Terms

| الاختصار | المعنى باللغة العربية          | المعنى باللغة الانكليزية    |
|----------|--------------------------------|-----------------------------|
| 11-DHC   | هرمون قشراني منزوع الهيدروجين  | 11-Dehydrocorticosterone    |
| 5α-THB   | هرمون قشراني رباعي الهيدروجين  | 5α-Tetrahydrocorticosterone |
| 5α-R     | مختزلة الألفا-5 (أنزيم)        | 5α-Reductas                 |
| A        |                                |                             |
|          | خلايا أليفة الحموضة            | Acidophilic cells           |
|          | النخامية الغدية                | Adenohypophysis             |
| ATP      | ثلاثي فوسفات الأدينوزين        | Adenosine triphosphate      |
|          | الغدة الكظرية                  | Adrenal gland               |
|          | قشرة الكظر                     | Adrenocortical              |
| ACTH     | الهرمون الموجه لقشرة الكظر     | Adrenocorticotropic hormone |
| ALT      | ناقلة أمين الآلانين            | Alanine aminotransferase    |
| ALD      | الألدوستيرون (هرمون)           | Aldosterone                 |
| AT1      | مضيق للأوعية الدموية           | Angiotensin-I               |
| AT2      | مضيق للأوعية الدموية           | Angiotensin-II              |
| AGT      | مولد الأنجيوتنسين              | Angiotensinogen             |
|          | رتبة الطيور المائية            | Anseriform                  |
|          | مضاد إدرار البول (مضاد التبول) | Antidiuretic                |
|          | ظاهرة تذيل البربخ              | Appendix epididymis         |
| AVT      | أرجنين فاسوتوسين (هرمون)       | Arginine vasotocin          |
| AST      | ناقلة أمين الأسبارتات (أنزيم)  | Aspartate aminotransferase  |
| C        |                                |                             |
| CAT      | كاتالاز (أنزيم)                | Catalase                    |
|          | الصفيرة البطنية                | Celiac plexus               |
|          | الهروب الخلوي                  | Cellular trafficking        |
| Cpn      | البروتينات المرافقة            | Chaperonins                 |
| CHL      | كوليسترول                      | Cholesterol                 |
|          | خلايا أليفة الكروم             | Chromaffin cells            |

|                                               |                                                              |                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------|
| Chromium                                      | الكروم                                                       | Cr               |
| Chromodulin                                   | كرومودولين                                                   |                  |
| Chylomicrons                                  | كيلوميكرونات                                                 |                  |
| Circadian rhythm                              | إيقاع الساعة البيولوجية                                      |                  |
| Clathrin baskets                              | سلات كلاثرين                                                 |                  |
| Clearance                                     | تصفية                                                        |                  |
| Collagenase Digestion                         | الهضم بالكولاجيناز                                           |                  |
| Complementary DNA                             | DNA المتمم                                                   | cDNA             |
| Constitutive proteins                         | البروتينات البنيوية                                          |                  |
| Corticosteroid–Binding Globulin (transcortin) | الغلوبيولين المرتبط بالستيرويد القشري (ترانزكورتين – بروتين) | CBG              |
| Corticosteroids                               | ستيرويدات قشرانية                                            | CSs              |
| Corticosterone                                | الكورتيكوستيرون (هرمون)                                      | CORT             |
| Corticotropin–releasing factor                | العامل المحرر للكورتيكوتروبين                                | CRF              |
| Corticotropin–releasing hormone               | الهرمون المحرر للكورتيكوتروبين                               | CRH              |
| Cycle Threshold                               | الدورة العتبة                                                | Ct               |
| Cyclic adenosine monophosphate                | الأدينوزين أحادي الفوسفات الحلقي                             | cAMP             |
| SOD enzyme with copper and zinc               | أنزيم SOD مع النحاس والزنك                                   | Cu/Zn–SOD (SOD1) |
| D                                             |                                                              |                  |
| Degradation                                   | تدرك                                                         |                  |
| Deoxyribonucleic acid                         | الحمض النووي الريبسي منزوع الأوكسجين                         | DNA              |
| Dexamethasone                                 | ديكساميتازون                                                 | DMS              |
| Dimeric glycoprotein                          | بروتين سكري ثنائي قسيم                                       |                  |
| Iodothyronine deiodinases                     | نازعة يود اليودوثيرونين (أنزيم)                              | DIOs             |
| E                                             |                                                              |                  |
| Electrolytes                                  | كهارل                                                        |                  |
| Electron transport chain                      | سلسلة نقل الإلكترون                                          | ETC              |

| Emission                                 | انبعاث                                                                      |        |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|
| Epinephrine                              | أبينفرين (أدرينالين)                                                        | E      |
| Ethidium Bromide                         | بروميد الإيثيديوم                                                           | EtBr   |
| Excessive depletion                      | نفاذ مفرط                                                                   |        |
| Extracellular osmolality                 | الأسمولية الخارجية الخلوية                                                  |        |
| The Enzyme-Linked Immunosorbent Assay    | مقايصة الادمصاص المناعي المرتبطة بالإنزيم                                   | ELISA  |
| F                                        |                                                                             |        |
| Feminization                             | استثناث                                                                     |        |
| Follicle-stimulating hormone             | الهرمون المنشط للجريب                                                       | FSH    |
| G                                        |                                                                             |        |
| Gastrointestinal                         | العبور المعدي المعوي                                                        |        |
| Glomerular filtration                    | الترشيح الكببي                                                              | GF     |
| Glucocorticoid                           | قشراني سكري                                                                 | GC     |
| Gluconeogenesis                          | استحداث الغلوكوز                                                            | GNG    |
| Glucose                                  | غلوكوز                                                                      | GLU    |
| Glutathione                              | غلوتاثيون                                                                   | GSH    |
| Glutathione superoxide dismutase         | ديسموتاز فوق أكسيد الجلوتاثيون (أنزيم)                                      | GSH-Px |
| Glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase | جليسير ألدهيد 3- فوسفات نازعة الهيدروجين (مورثة)                            | GAPDH  |
| Gonadotropins                            | موجهات الغدد التناسلية                                                      | GTP    |
| growth hormone                           | هرمون النمو                                                                 | GH     |
| H                                        |                                                                             |        |
| Heat shock proteins                      | بروتينات الصدمة الحرارية                                                    | HSPs   |
| Heat shock response                      | الاستجابة للصدمة الحرارية                                                   | HSR    |
| Heterophils to lymphocytes ratio         | نسبة الكريات البيض الحبيبية إلى الكريات البيض اللمفاوية                     | H/L    |
| Hemodynamics                             | ديناميكية الدم                                                              |        |
| Hen day                                  | متوسط إنتاج الأنثى الواحدة من البيض منسوباً إلى متوسط عدد الإناث في فترة ما | H.D    |

|                                          |                                                                                  |                               |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Hen housed                               | متوسط إنتاج الأنثى الواحدة من البيض منسوباً إلى متوسط عدد الإناث في بداية الفترة | H.H                           |
| Hydrogen peroxide                        | فوق أكسيد الهيدروجين                                                             | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> |
| Hyperkalemia                             | فرط بوتاسيوم الدم                                                                |                               |
| Hyperlipidemia                           | فرط شحوم الدم                                                                    |                               |
| Hyperosmotic                             | التناضح المفرط                                                                   |                               |
| Hyperphagia                              | فرط الأكل                                                                        |                               |
| Hypophysectomy                           | استئصال الغدة النخامية                                                           |                               |
| Hypothalamus–Pituitary–Adrenal axis      | محور الوطاء – الغدة النخامية – الغدة الكظرية                                     | HPA                           |
| Hypothalamus–Thyroid–Pituitary axis      | محور الوطاء – الغدة النخامية – الغدة الدرقية                                     | HPT                           |
| I                                        |                                                                                  |                               |
| Immobilization                           | استيقاف (التثبيت لمنع الحركة)                                                    |                               |
| Immunoglobulin G                         | الغلوبولين المناعي G                                                             | IgG                           |
| Immunoglobulin M                         | الغلوبولين المناعي M                                                             | IgM                           |
| Immunosuppression                        | كبت المناعة                                                                      | ImSP                          |
| Infundibulum hypothalamus                | السُّوَيْقَةُ القَمْعِيَّةُ للوطاء (قَمْعُ الوطاء)                               |                               |
| Inhibin                                  | إنهيبين (بروتين)                                                                 |                               |
| Insulin–like factor–1                    | عامل النمو الشبيه بالأنسولين الأول                                               | IGF–1                         |
| J                                        |                                                                                  |                               |
| Juxtaglomerular cells                    | الخلايا المجاورة للكُبيبة                                                        | JGC                           |
| L                                        |                                                                                  |                               |
| Lactotroph                               | مفرزة البرولاكتين (خلية نخامية)                                                  |                               |
| Lactotropin (Prolactin)                  | لاكتوتروبين (برولاكتين)                                                          |                               |
| Lipopolysaccharide                       | عديد السكاريد الدهني                                                             | LPS                           |
| Lipoprotein lipase                       | ليباز البروتين الدهني                                                            | LPL                           |
| Luteinizing hormone                      | الهرمون الملوتن                                                                  | LH                            |
| M                                        |                                                                                  |                               |
| Major histocompatibility complex protein | معقد التوافق النسيجي الرئيس (بروتين)                                             | MHC                           |
| Malondialdehyde                          | (مركب عضوي)                                                                      | MDA                           |

|                                             |                                             |               |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------|
| manganese superoxide dismutase              | ديسموتاز فوق أكسيد المنغنيز                 | Mn-SOD (SOD2) |
| Median eminence                             | البارزة الناصفة الأنسية (لوطاء)             | ME            |
| Messenger RNA                               | RNA مرسال                                   | mRNA          |
| Metabolic                                   | استقلاب                                     |               |
| Mineralocorticoids                          | قشرانيات معدنية                             | MCs           |
| Mitochondrial superoxide anion              | أنيون فوق الأكسيد للمتقدرات                 |               |
| N                                           |                                             |               |
| Neurohypophysis                             | النخامية العصبية                            | NHP           |
| Neuropeptide-Y                              | الببتيد العصبي-Y                            | NPY           |
| NF-kappaB                                   | بروتين معقد يتحكم بعملية نسخ DNA            | NF-kB         |
| Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate | نيكوتيناميد أدينين ثنائي فوسفات النوكليوتيد | NADP+         |
| Nitric oxide                                | أكسيد الأزوتيك                              | NO            |
| Nitric oxide synthase                       | صانع أوكسيد الأزوتيك                        | NOS           |
| Non-esterified fatty acids                  | أحماض دهنية غير مؤسّرة                      | NEFAs         |
| Norepinephrine                              | نورأبينفرين (نور أدرينالين)                 | NE            |
| Northern blot analysis                      | تحليل تبصيم نورثرن                          | NB            |
| O                                           |                                             |               |
| Omental fat                                 | الدهن الشري                                 |               |
| Oxidative phosphorylation                   | الفسفرة التأكسدية                           | OXPHOS        |
| P                                           |                                             |               |
| Cytochrome P-450 enzymes                    | أنزيمات السيتوكروم P-450                    | P-450         |
| Pale, Soft and Exudative meat               | لحم شاحب وطري ونضحي                         | PSE           |
| Parasympathetic fibers                      | الألياف اللاودية                            | PS            |
| Pathogen-associated molecular patterns      | الأنماط الجزيئية المرتبطة بالعامل الممرض    | PAMPs         |
| Pattern recognition receptors               | نمط تمييز المستقبلات                        | PPRs          |
| Peroxynitrite                               | فوق أكسيد النيتريت (مادة مؤكسدة)            | PNT           |

|                                                     |                                                       |        |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------|
| Photorefractoriness                                 | الحران الضوئي                                         | PR     |
| Phytochemicals                                      | المواد الكيميائية النباتية                            | PC     |
| Pineal gland                                        | الغدة الصنوبرية                                       |        |
| Pituitary gland                                     | الغدة النخامية                                        |        |
| Polymerase Chain Reaction                           | التفاعل السلسلي للبوليميراز                           | PCR    |
| Polypeptide                                         | عديد الببتيد                                          |        |
| Preganglionic and postganglionic sympathetic fibers | الألياف الودية قبل وما بعد العقد                      |        |
| Primers                                             | بادئات                                                |        |
| Prolactin                                           | برولاكتين (هرمون)                                     | PRL    |
| Pro-opiomelanocortin                                | طلائع أبيوميلانوكورتين (بروتين)                       | POMC   |
| Q                                                   |                                                       |        |
| Quail                                               | الفري                                                 |        |
| R                                                   |                                                       |        |
| Reactive nitrogen species                           | أنواع الآزوت التفاعلي                                 | RNS    |
| Reactive oxygen species                             | أنواع الأوكسجين التفاعلي                              | ROS    |
| Real-time polymerase chain reaction                 | التفاعل السلسلي للبوليميراز بالزمن الحقيقي            | RT-PCR |
| Renin-angiotensin system                            | نظام الرينين-أنجيوتنسين                               | RAS    |
| Respiratory alkalosis                               | القلاء التنفسي                                        | RAL    |
| Retinoid X receptor                                 | المستقبل الريتينالي X                                 | RXR    |
| Ribonucleic acid                                    | الحمض النووي الريبي                                   | RNA    |
| S                                                   |                                                       |        |
| Saline-loaded                                       | الحمل الملحي                                          | SL     |
| Se-dependent glutathione peroxidases                | بيروكسيداز الغلوتاثيون المعتمد على السيلينيوم (أنزيم) | GPx    |
| Sequestration                                       | الاحتجاز                                              |        |
| Signal transduction                                 | تنبيغ الإشارة                                         |        |
| Small heat shock proteins                           | بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة                      | sHSPs  |
| Somatostatin                                        | السوماتوستاتين                                        | SRIF   |

| Steroid                       | ستيرويد                            |                |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------|
| superoxide dismutase-1        | أكسيد الديسموتاز الفائق-1          | SOD-1          |
| Suprachiasmatic nucleus       | النواة فوق التصالبية               | SCN            |
| Sympathetic-adrenal medullary | لب الكظر الودّي                    | SAM            |
| T                             |                                    |                |
| T cells type 1                | الخلايا التائية من النمط الأول     | Th1            |
| T cells type 2                | الخلايا التائية من النمط الثاني    | Th2            |
| Thermal manipulation          | المناولة الحرارية                  | TM             |
| Thyroid stimulating hormone   | الهرمون المنبه للدرقية             | TSH            |
| Thyrotropin-releasing hormone | الهرمون المطلق لموجه الدرقية       | TRH            |
| Thyroxine                     | التيروكسين (هرمون)                 | T <sub>4</sub> |
| Toll-like receptors           | المستقبلات الشبيهة بالتول          | TLR            |
| Triglycerides                 | الجليسيريدات الثلاثية              | TG             |
| Triiodothyronine              | هرمون ثلاثي يودوثيرونين            | T <sub>3</sub> |
| U                             |                                    |                |
| Uncoupling proteins           | بروتينات الفصل                     | UCPs           |
| Urea                          | بولة                               | U              |
| Uric acid                     | حمض البول                          | UA             |
| V                             |                                    |                |
| Vagus nerve                   | العصب المبهم                       | VN             |
| Vasoactive intestinal peptide | الببتيد المعوي الفعال              | VIP            |
| very low-density lipoprotein  | بروتينات دهنية منخفضة الكثافة جداً | VLDLs          |
| X                             |                                    |                |
| Xerophilous birds             | الطيور المتأقلمة مع الجفاف         |                |

## الملخص

هدف البحث إلى تقييم برامج المنابلة الحرارية المطبقة على بيض الفري في أثناء مراحل مختلفة من الحضانة، وإلى معرفة مدى تأثير برامج المنابلة في المؤشرات الفيزيولوجية والتعبير المورثي لمورثات الإجهاد الحراري التي تعكس الاستجابة للإجهاد، وإلى دراسة إمكانية انتقال صفة المقاومة للإجهاد إلى طيور الجيل الثاني. وُزعت 200 بيضة عشوائياً إلى أربع مجموعات متساوية، حُصّن بيض المجموعة الأولى بالشروط القياسية لتفريخ بيض الفري، وعُرض بيض المجموعات الثلاثة الأخرى لدرجة حرارة 41° س لمدة 3 ساعات يومياً لمدة 3 أيام متتالية في مراحل مختلفة من التنامي الجنيني (مرحلة تنامي جنيني مبكرة، ومرحلة متأخرة، وتعرض مزدوج في المرحلتين)، ومن ثم خضعت الطيور لبرنامج الإجهاد الحراري بتعرضها لدرجة حرارة 41° س لمدة 3 ساعات عند وصولها لعمر النضج الجنسي وُجمعت عينات الدم والأنسجة لدراسة المؤشرات المطلوبة، كما جُمع البيض من الطيور وحُصّن بالشروط القياسية، وأعيد تطبيق برنامج الإجهاد الحراري على طيور الجيل الثاني مع جمع العينات للدراسة.

أظهرت النتائج انخفاضاً في وزن البيضة ووزن البياض والصفار بعد التخزين لمدة 28 يوماً في المجموعات كافة، مع تفوق مجموعتي المنابلة الحرارية في أثناء النمو الجنيني المبكر والمتأخر معنوياً ( $p < 0.05$ ) على مجموعة الشاهد بالنسبة لمؤشر وزن البيضة ومؤشرات البياض والصفار بعد التخزين. كانت قيمة وحدات هوف التي تُعبر عن طزاجة البيض أفضل معنوياً في مجموعتي المنابلة الحرارية في أثناء النمو الجنيني المبكر والمتأخر مقارنة بمجموعة الشاهد.

لوحظ انخفاض معنوي ( $p < 0.05$ ) في مؤشرات التفريخ لمجموعتي المنابلة الحرارية المبكرة والمتأخرة مقارنة مع الشاهد للبيض المكون لأفراد الجيل الأول بمقدار 17.78% و 89.36% على التوالي بالنسبة لنسبة الفقس، وبمقدار 24% و 88% على التوالي بالنسبة لنسبة التفريخ، وبمقدار 1.66 غ بالنسبة لمتوسط وزن الصوص بعمر يوم واحد عند تطبيق المنابلة المبكرة، ولم تكن الفروق معنوية عند مقارنة مجموعة

المنايلة الحرارية المزدوجة مع الشاهد. ارتفع وزن الصوص للبيض المكون لأفراد الجيل الثاني بمقدار 2.02 غ (معنوياً) لدى مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة مقارنة مع بيض مجموعة الشاهد، ولم تكن الفروق معنوية لمؤشرات التفريخ المتبقية على الرغم من وجود تأثير ظاهري لطرق المنايلة المختلفة على البيض المكون لأفراد الجيل الثاني.

تفوقت مجموعة المنايلة الحرارية أثناء مرحلة التطور الجنيني المتأخر على مجموعة الشاهد بدلالات إحصائية ( $p < 0.05$ ) في كافة مؤشرات إنتاج البيض المدروسة، أما مجموعة المنايلة أثناء مرحلة التطور الجنيني المبكر ومجموعة المنايلة المزدوجة فقد كان هناك أفضلية لها ( $p < 0.05$ ) في معظم المؤشرات مقارنة بالشاهد. تفوقت طيور الجيل الثاني معنوياً ( $p < 0.05$ ) بالنسبة لتركيز هرمون الكورتيكوستيرون على طيور الجيل الأول، الأمر ذاته بالنسبة للمؤشرات البيوكيميائية المدروسة، كما أظهرت مجموعة المنايلة المبكرة والمتأخرة تفوقاً على باقي المجموعات بالنسبة لهذه المؤشرات التي تعني تحسن قابلية التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة.

كان التعبير المورثي لبروتينات الإجهاد الحراري HSP70 و HSP90 أفضل في الجيل الثاني مقارنة بالجيل الأول، كما أن ارتفاع قيم التعبير المورثي في كافة الأنسجة المدروسة يؤكد تحسن قدرة الطيور على مقاومة الإجهاد الحراري وانتقال هذه الصفة إلى الجيل الثاني.

إن برامج المنايلة الحرارية أثناء التطور الجنيني قد حسنت من أداء الطيور وقدرتها على مقاومة الإجهاد الحراري واستمر التحسن في طيور الجيل الثاني، بشكل خاص بالنسبة لمجموعتي المنايلة الحرارية المبكرة والمتأخرة.

**الكلمات المفتاحية:** الفري - بيض الفري - المنايلة الحرارية - التطور الجنيني - هرمون الكورتيكوستيرون

HSP90 – HSP70 –

## المقدمة Introduction

تُعد البيئة الطبيعية والصناعية في مساكن الدواجن مصدراً للتحديات التي قد تسبب الإجهادات مثل درجة الحرارة المرتفعة أو ضعف موارد التغذية أو الأمراض (Roche و Guégan، 2011، Lara و Rostagno، 2013، Nazar و زملاؤه، 2018). تسبب درجة الحرارة المحيطة والتي تزيد عن نطاق الراحة حدوث الإجهاد الحراري الذي يُعد مشكلة رئيسة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، الأمر الذي يؤدي لاستجابات فيزيولوجية تُعرف بالاستجابة للإجهاد الحراري (Belhadj Slimen، 2016). تُعد الطيور من الحيوانات ذات درجة حرارة الجسم الثابتة، لذا يتطلب نموها توافر درجات الحرارة المريحة لها ولاسيما إذا ما أخذنا بالحسبان غياب الغدد العرقية مع وجود الريش المغطي للجسم وازدياد عدد الطيور في وحدة المساحة في التربية التجارية، ما يجعلها أكثر عرضة للإجهاد الحراري وعواقبه ولعل أهمها الخسائر الاقتصادية التي تحدث نتيجة ارتفاع تكاليف التبريد لمساكن الدواجن ولاسيما في البلدان ذات المناخ الحار (Nazar و زملاؤه، 2018).

ازداد الاهتمام بطائر الفري في السنوات الأخيرة عالمياً من الناحية العلمية والاقتصادية (Mohammad، 2016، Vitorino Carvalho و زملاؤه، 2020، Abdul-Majeed و Abdul- Rahman، 2021)، فهو من أنواع الدواجن المهمة الذي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالدجاج (Kawahara و Miki و زملاؤه، 2013، Vitorino Carvalho و زملاؤه، 2020). يُعد الفري الياباني *Coturnix coturnix japonica* أحد النماذج الطيرية المخبرية المهمة في الدراسات البيولوجية والفيزيولوجية ودراسات التحليل المورثي والجزيئي، إذ يتميز بالعديد من المزايا التي تجعله أحد النماذج المخبرية لدراسات البحث العلمي أهمها النمو السريع ومعدل الإنتاج المرتفع من البيض وقصر مدة الجيل فضلاً عن سهولة التعامل معه بسبب صغر حجم الجسم وإمكانية تربية عدد كبير من الطيور في مساحة صغيرة (Vitorino Carvalho و زملاؤه، 2020، Matty و Hassan، 2020، Zorab و Salih، 2021، Abdul- Majeed و Abdul-Rahman، 2021).

ركزت الأبحاث في السنوات الأخيرة على تطوير أساليب جديدة لتعزيز قدرة الدواجن على تحمل درجات الحرارة المرتفعة وكيفية التعامل مع الإجهاد الحراري. تُعد زيادة درجة الحرارة أثناء فترة حضانة الأجنة أحد هذه الأساليب بهدف الحصول على تحمل حراري على المدى الطويل (Yahav وزملاؤه، 2004a ; Renaudeau وزملاؤه، 2012 ; Zorab و Salih، 2021). يمكن أن تؤثر تغيرات درجة الحرارة خلال فترة الحضانة في آلية التنظيم الحراري للطيور بعد الفقس، فقد ذكرت بعض الدراسات السابقة أن تعريض الأجنة لدرجات حرارة مرتفعة أو منخفضة خلال فترة الحضانة يُحسن من قدرتها على التكيف مع البيئات الحارة أو الباردة في مرحلة ما بعد الفقس (Tzschentke و Basta، 2002). يجب أن يكون توقيت المناولة الحرارية (TM) thermal manipulation مرتبطاً بكل من تطور محور الوطاء-الغدة النخامية-الغدة الدرقية لتعديل معدل الاستقلاب الأساسي الذي يتحدد بهرمون T3، وتطور محور الوطاء-الغدة النخامية-الغدة الكظرية لتعزيز الاستجابة للإجهاد (Janke وزملاؤه، 2002 ; Yahav وزملاؤه، 2004a). لذا، فإن خصوصية التكيف المورثية التي تحدث خلال مرحلة ما قبل الفقس أو بعده قد تسهم في تخفيف المشاكل المرتبطة بالتحكم بالتنظيم الحراري أثناء فترة التربية (Nichelmann وزملاؤه، 2001). يعود الأساس الفيزيولوجي لهذه العملية إلى أن التغيرات في درجة حرارة الحضانة تسبب إجهاد للجنين المتنامي، وينتج عن هذه الإجهادات - فيما لو تحملها الجنين - آليات أقلية على مستويات عدة لعل أهمها المستوى الجزيئي، وترتبط درجة التحمل الحراري المحرّض بتعبير بروتينات مخصصة تسمى بروتينات الصدمة الحرارية.

تم في هذا البحث دراسة "تأثير المناولة الحرارية خلال التطور الجنيني في بعض المؤشرات الفيزيولوجية والتعبير عن بعض مورثات الإجهاد الحراري عند الفري" وقد تناول كل من الفصول التالية: تضمن الفصل الأول تسليط الضوء على أهم الدراسات المرجعية الحديثة والتي ركزت على أهمية برامج المناولة الحرارية خلال التطور الجنيني في الحد من الآثار السلبية للإجهاد الحراري لدى الطيور، إضافة لتعزيز قدرة الطيور الطبيعية على تحمل درجات الحرارة المرتفعة وإمكانية توريث صفة المقاومة إلى أفراد

الجيل التالي. كما تضمن هذا الفصل أهم الدراسات المرجعية الخاصة بدراسة المؤشرات الفيزيولوجية بشكل عام وهرمون الكورتيكوستيرون مع محور الوطاء-الغدة النخامية-الغدة الكظرية بشكل خاص وعلاقتها بالإجهاد الحراري والحد من آثاره السلبية. فضلاً عن ذلك، تم في هذا الفصل ذكر الدور المهم والرئيسي لبروتينات الإجهاد الحراري وآلية عملها في الجسم عند تعرض الطيور لدرجات الحرارة المرتفعة.

تم في **الفصل الثاني** ذكر مناهج البحث وأدواته من حيث مكان تنفيذ البحث وتكوين قطيع طيور الفري (الجيل الأول والثاني) وتصميم وتوزيع حيوانات التجربة وفقاً لبرامج المناقلة الحرارية المراد دراستها، إضافة لبرنامج رعاية الطيور خلال فترة النمو والإنتاج وبرنامج الإجهاد الحراري المطبق على طيور الجيلين الأول والثاني عند الوصول لعمر النضج الجنسي، كما تم ذكر المؤشرات المدروسة في هذا البحث والتي قسمت إلى أربعة أقسام: 1- مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الأول والثاني والتي شملت (متوسط وزن بيضة التفريخ، نسبة البيض المخصب، نسبة الفقس، نسبة التفريخ، متوسط وزن الصوص بعمر يوم واحد)، 2- مؤشرات النمو وإنتاج البيض لطيور الجيل الأول والتي تضمنت (نسبة النفوق، متوسط الوزن الحي، سرعة النمو النسبية، متوسط استهلاك العلف، معدل إنتاج البيض، متوسط وزن البيضة، معدل إنتاج الأنثى الواحدة من البيض، متوسط كتلة البيض، معامل التحويل الغذائي) إضافة لدراسة المواصفات النوعية الداخلية والخارجية لبيضة الفري الطازجة وبعد تخزينها لفترات مختلفة، 3- المؤشرات الفيزيولوجية لكل من طيور الجيلين الأول والثاني وهي (تركيز هرمون الكورتيكوستيرون، تركيز المؤشرات البيوكيميائية في بلازما الدم وهي الغلوكوز والكوليسترول والجليسيريدات الثلاثية والبوله وحمض البول)، 4- المؤشرات الجزيئية والتي درست التعبير المورثي للمورثتين HSP70 و HSP90 لطيور الجيلين الأول والثاني والمأخوذة من عينات الأنسجة الداخلية (الكبد - الكلية - الوطاء).

بينت النتائج في **الفصل الثالث** مقارنة برامج المناقلة الحرارية المختلفة خلال التطور الجنيني بينها وبين مجموعة الشاهد، إضافة لمقارنة كل مجموعة بين أفراد الجيل الأول والثاني بهدف الحصول

على أفضل برنامج يعزز من قدرة الطيور على تحمل الإجهاد الحراري، مع دراسة كفاءة هذه البرامج في نقل صفة المقاومة للحرارة المرتفعة من جيل إلى آخر.

أوضح **الفصل الرابع** أهم الاستنتاجات وفق النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة من حيث كفاءة برامج المنابلة الحرارية خلال التطور الجنيني في الحد من الآثار السلبية للإجهاد الحراري دون التأثير على النمو والإنتاج، بل أيضاً من خلال قدرة بعض البرامج على تحسين الإنتاج والانتقال إلى الجيل التالي، وبالتالي تحديد البرنامج الأفضل من مختلف النواحي الفيزيولوجية والجزيئية بهدف الوصول إلى أهم المقترحات للاعتماد على هذا البرنامج وإمكانية تطوير وفهم برامج المنابلة الحرارية وآلية تأثيرها بشكل أفضل وأوسع من خلال ذكر بعض التوصيات المهمة بهذا الخصوص.

### تساؤلات البحث

هل تستطيع برامج المنابلة الحرارية، التي تتمثل برفع درجة حرارة حضن البيض خلال مراحل معينة من التطور الجنيني، تعزيز قدرة الطيور على تحمل درجات الحرارة المرتفعة بعد الفقس؟

هل يمكن انتقال صفة المقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة (في حال ظهورها) من جيل إلى آخر؟

ما هي آلية عمل النظام الفيزيولوجي في الجسم عند التعرض للإجهاد الحراري، وما هي أهم الهرمونات المفرزة والمحاور المشاركة في الاستجابة للإجهاد الحراري؟

ما هو دور بروتينات الإجهاد الحراري وما هي آلية عملها وأهم أنواعها المشاركة في الاستجابة للإجهاد؟

هل يمكن الاعتماد على برنامج محدد من برامج المنابلة الحرارية للاستفادة منه في تقليل الخسائر الاقتصادية في قطاع الدواجن الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة؟

## فرضيات البحث

هل هناك فروقات ذات دلالة احصائية عند مستوى الدلالة 0.05 لتأثير برامج المنايلة الحرارية المختلفة

على المؤشرات الفيزيولوجية عند الفري؟

هل هناك فروقات ذات دلالة احصائية عند مستوى الدلالة 0.05 لتأثير برامج المنايلة الحرارية المختلفة

على التعبير عن بعض مورثات الإجهاد الحراري عند الفري؟

هل هناك فروقات ذات دلالة احصائية عند مستوى الدلالة 0.05 لتأثير برامج المنايلة الحرارية المختلفة

على أفراد الجيل الثاني الناتج عن أفراد عُرِضت للمنايلة الحرارية؟

## مبررات البحث

يُعد الإجهاد الحراري أحد أكثر الظروف البيئية صعوبة التي تسبب خسائر اقتصادية كبيرة لمربي الدواجن في القطر العربي السوري بسبب زيادة نسبة النفوق وخفض الإنتاج، فضلاً عن ارتفاع تكاليف تبريد مساكن الدواجن في أثناء فترة ارتفاع درجات الحرارة، بالتالي فهو مصدر قلق كبير في قطاع صناعة الدواجن. لذا كان لا بد من دراسة أساليب جديدة بهدف تعزيز قدرة الطيور على تحمل ارتفاع درجات الحرارة بشكل طبيعي من خلال فهم النظام الفيزيولوجي والجزيئي لمقاومة الإجهاد الحراري، وإيجاد برنامج المنايلة الحرارية المناسب وقدرته على تحقيق الفائدة المرجوة منه.

## أهمية البحث

تعرف المنايلة الحرارية أثناء فترة التطور الجنيني بأنها تعريض البيض لدرجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة أثناء فترة الحضانة، ما ينتج عنه آثار طويلة الأمد على النمو وفيزيولوجيا الجسم والاستقلاب الغذائي وزيادة القدرة على تحمل درجة الحرارة عند الطيور. تكمن أهمية هذا البحث في دراسة برامج مختلفة من المنايلة الحرارية وتقييم كفاءة هذه البرامج على تعزيز قدرة طيور الفري على تحمل درجات

الحرارة بشكل طبيعي عند الوصول لعمر النضج الجنسي، واكتساب رؤية جديدة حول الآليات الفيزيولوجية والجزئية المشاركة في التأثيرات طويلة الأمد لبرامج المناقلة الحرارية في الفري. فضلاً عن ذلك، دراسة انتقال صفة مقاومة درجات الحرارة المرتفعة عبر جيلين متلاحقين، مع إمكانية تعميم النتائج على الدجاج كون الفري يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالدجاج.

## أهداف البحث

أشارت دراسات عديدة إلى دور هرمون الكورتيكوستيرون في مقاومة الإجهاد الحراري، إلا أن هذا الدور وتأثيره في العمليات الاستقلابية في أثناء التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة، إضافة لارتباطه مع دور بروتينات الإجهاد الحراري عند الدواجن يُعد أمراً بالغ التعقيد. على الرغم من تفسير جوانب مهمة من ظاهرة التحمل الحراري، إلا أن الكثير من الآليات المفترضة لم توضح بعد لاسيما على المستوى الجزيئي، وإمكانية توريث هذه الصفة. لذا فقد هدفت الدراسة الحالية إلى:

- تقييم مقاومة طيور الفري للإجهاد الحراري بنتيجة تعرض البيض لدرجات الحرارة المرتفعة خلال جيلين متلاحقين.

- تقييم أثر المناقلة الحرارية المطبقة خلال المراحل المختلفة من حضانة البيض في تعبير بعض مورثات الإجهاد الحراري.

## الفصل الأول

### الدراسة المرجعية

### Literature Review

## 1- الإجهاد الحراري في صناعة الدواجن

تشمل المصادر الرئيسية للحرارة في مزارع الدواجن درجة الحرارة الخارجية والانبعاثات الصادرة عن الأسطح والجدران الساخنة فضلاً عن الحرارة التي تنبعث من الطيور ذاتها، وتُعد الحرارة المنبعثة من جسم الطيور بأنها المصدر الأكثر انتشاراً في المنشأة. من المعروف أن العلف المتوازن المقدم للطيور غني بالطاقة، وبدوره يجب أن يوفر متطلبات الطائر كافةً من الطاقة اللازمة للقيام بالوظائف الحيوية الأساسية اليومية التي تلبي الاحتياجات الحافظة ومتطلبات الإنتاج بشكل رئيس (التنفس، الدورة الدموية، الحفاظ على درجة حرارة الجسم، المناعة، .. إلخ).

لوحظت العديد من العوامل التي تؤثر في إنتاج الدواجن في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية مثل نوع الهجين المستخدم وجودة العلف وتركيبه وتوفره وتكلفة تكوينه فضلاً عن أسعار المواد الخام مع مشاكل النظافة والأمن الحيوي (Renaudeau وزملاؤه، 2012). إضافة إلى ذلك، تعد الظروف المناخية عاملاً رئيساً مهماً لتحديد كفاءة الإنتاج في هذه المناطق التي تتميز بدرجات حرارة محيطية عالية ما يفرض عبئاً حرارياً على الطيور المرباة.

يُعد الإجهاد الحراري أحد أكثر المشاكل صعوبة في صناعة الدواجن، إذ يتسبب بأضرار كبيرة تؤثر في جميع المعايير الخاصة بالإنتاج، وغالباً ما يرتبط بالنفوق المفاجئ. جذب الإجهاد الحراري اهتماماً عالمياً كبيراً في السنوات الأخيرة نتيجة آثاره الضارة، ولاسيما فيما يتعلق بإنتاج الدواجن ذات الاستقلاب العالي في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، مع ذلك، تؤدي درجة حرارة الجو المحيط دوراً رئيساً في الإجهاد الحراري. تبدأ الطيور بالشعور بعدم الارتياح عندما تتجاوز درجة الحرارة في مسكن الدواجن 27° س، وتبدأ معها السلوكيات المختلفة للحد من هذا الشعور وأولها اللهاث، وعندما تزيد درجة الحرارة عن 30° س تصبح عملية التخلص من الحرارة الفائضة في الجسم صعبة للغاية، ويعد هذا الأمر من المشاكل التي تواجه مربّي الدواجن ولاسيما عندما تترافق درجات الحرارة العالية بارتفاع في رطوبة الهواء. يُعد ارتفاع درجة الحرارة المحيطة أحد أهم الأسباب للخسائر الاقتصادية في قطاع صناعة الإنتاج الحيواني (Goel،

(2021)، إذ يبلغ إجمالي الخسائر الاقتصادية السنوية في قطاع الإنتاج الحيواني بسبب الإجهاد الحراري ما بين 1.69-2.36 مليار دولار منها 128-165 مليون دولار خسائر في قطاع الدواجن (Nawab وزملاؤه، 2018).

خُصّ Charles و Walker (2002) إلى أن درجة الحرارة المثلى لتربية الفروج والدجاج البياض هي 18-22° س و 19-22° س على التوالي، كما أظهرت الأبحاث السابقة أن درجة الحرارة المثلى بالنسبة للدجاج البياض تكون بالمستوى بين 23-27° س طالما تم تعديل تركيب الخلطة العلفية لمراعاة الحد الأدنى من استهلاك العلف في مستوى درجة الحرارة تلك (Morris و Marsden، 1987)، قد تكون هذه الفجوة في درجة الحرارة ناتجة عن التحسين الوراثي على المدى الطويل بهدف تحسين الأداء الإنتاجي، ما زاد من قابليتها للتعرض للإجهاد الحراري. أدت برامج الانتخاب المطبقة على الدواجن على المدى الطويل إلى زيادة الأداء الإنتاجي وبالتالي توليد حرارة أعلى نتيجة الاستقلاب الغذائي في الجسم وتعزيز التعرض للإجهاد الحراري (Naring و زملاؤه، 2016). ينتج الإجهاد الحراري عن التوازن السلبي لدورة الطاقة، عندما يكون صافي الطاقة المتحررة من جسم الطائر إلى البيئة المحيطة أقل من كمية الطاقة الحرارية التي ينتجها الجسم (Lara و Rostagno، 2013). في هذه الحالة، تزداد درجة حرارة الجسم ومعدل التنفس ومعدل ضربات القلب ودرجة حرارة المستقيم ما يؤثر بدوره في كمية العلف المستهلك والكفاءة الإنتاجية للطيور (Zaboli و زملاؤه، 2017).

من المتوقع أن يزداد تواتر الأيام التي تزداد فيها درجات الحرارة مع تغير المناخ والاتجاه نحو الاحتباس الحراري، لذا فإن التخفيف من الآثار السلبية الناجمة عن الإجهاد الحراري في إنتاج الدواجن سيكون أهم التحديات التي تواجه الباحثين والعاملين في قطاع صناعة الدواجن. تتركز أساليب التعامل مع تأثيرات الإجهاد الحراري في الحيوانات بشكل أساس على ثلاثة جوانب رئيسية:

- الأول: إجراءات التبريد الفيزيائية، مثل زيادة التهوية وتقليل كثافة التربية ودرجة حرارة ماء الشرب وتقليل شدة الإضاءة (Renaudeau وزملاؤه، 2012).
- الثاني: الانتخاب وإنتاج الهجن ذات المورثات المقاومة للحرارة (Lin وزملاؤه، 2006b).
- الثالث: التغيير في مستويات الخلطة العلفية ومكوناتها (الطاقة، البروتين، الأحماض الأمينية، ... إلخ) وطرائق تقديم العلف (Gous و Morris، 2005) والإضافات الغذائية (Habibian وزملاؤه، 2015 ; Akbarian وزملاؤه، 2016).

## 1-1- تأثير الإجهاد الحراري في المؤشرات الإنتاجية للدجاج

### 1-1-1. دجاج إنتاج البيض

من الممكن أن يسبب ارتفاع درجات الحرارة خسائر اقتصادية ضخمة في صناعة دجاج البيض، إذ يسهم الإجهاد الحراري في إحداث اضطراب في وضع البيض وانخفاض في جودة ومواصفات البيض وانخفاض في سلامة الهيكل العظمي للدجاج (Sahin وزملاؤه، 2007). أظهرت الدراسات أن تناول العلف وسماكة قشرة البيضة ونسبتها المئوية وكتلة البيض وإنتاجه أكثر المؤشرات الإنتاجية حساسية للإجهاد الحراري (Mignon-Grasteau وزملاؤه، 2015)، وقد أظهر الدجاج البياض تأثراً بالإجهاد الحراري الذي أثر سلبياً في الإنتاج عندما ارتفعت درجة الحرارة إلى ما يزيد عن 32° س بعد أربعة أسابيع من الفقس (Lara و Rostagno، 2013).

### - تأثير الإجهاد الحراري في استهلاك العلف

يؤدي انخفاض استهلاك العلف مع تعديل تركيب الخلطة العلفية إلى تغيرات بالوزن بشكل طبيعي، لكن يُعد هذا الضرر ضئيلاً مقارنةً بالخسارة الكبيرة المحتملة التي تنتج بسبب ارتفاع نسبة النفوق. يُعد انخفاض استهلاك العلف العامل الرئيس المؤثر في الإنتاج، الذي يؤدي إلى تغيرات في المؤشرات الأخرى مثل إنتاج البيض وجودته والاستقلاب الغذائي ومحتوى البروتين والكالسيوم في الدم (Ebeid وزملاؤه، 2012). في دراسة لـ Attia وزملاؤه (2016) انخفض معدل استهلاك العلف اليومي لدى الطيور المعرضة لدرجة

حرارة 38° س بنسبة 5.9% ووزن الجسم بنسبة 24.7%، ما أدى إلى انخفاض في كتلة البيض بنسبة 12.8%. ذكر Song وزملاؤه (2012) أن الدجاج المعرض للإجهاد الحراري (31° س) بعمر 24 أسبوعاً قد قلل من استهلاك العلف اليومي بحوالي 52.9 غرام/طائر، و 5.5 غرام أقل من متوسط كتلة البيض، مع انخفاض بنسبة 15.8% في إنتاج البيض و 37.7% من معامل التحويل الغذائي.

إن انخفاض جودة مواصفات البيض، والبيض المنتج يمكن أن يكون نتيجة انخفاض نسبة الكالسيوم المتاح في العلف، إذ يؤثر الإجهاد الحراري في تقليل كمية العلف المستهلك وبالتالي الحد من هضم الكالسيوم وامتصاصه (Quinteiro-Filho وزملاؤه، 2010).

### - تأثير الإجهاد الحراري في إنتاج البيض وقشرة البيضة

خُصّ تحليل نتائج الإجهاد الحراري في إنتاج الدجاج البياض إلى أن سماكة القشرة وكمية العلف المستهلك يومياً وكتلة البيض وإنتاج الدجاجة الواحدة من البيض كانت أكثر حساسية للإجهاد الحراري من الصفات الأخرى، إذ انخفضت بنسبة 0.9 حتى 22.6% بين الحيات الحراري (15-20° س) والإجهاد الحراري (30-35° س) (Mignon-Grasteau وزملاؤه، 2015). فضلاً عن ذلك، وجد Ebeid وزملاؤه (2012) أن وزن البيض وسماكة قشرة البيض والوزن النسبي لها وكثافة قشرة البيض قد تأثرت بشكل سلبي مع ارتفاع درجة الحرارة المحيطة، إذ انخفض وزن البيض بنسبة 3.55% وانخفضت سماكة القشرة بنسبة 9.3% وكان وزن القشرة أقل بنسبة 9.9% وانخفض الوزن النسبي للقشرة بنسبة 6.7% مع انخفاض في كثافة القشرة بنسبة 7.8% مقارنة بالبيض الكلي.

نظراً لأن الإجهاد الحراري يؤدي إلى قيام الطيور باللهاث، فإن هذه العملية تزيد من معدل التنفس وتحرير كميات أكبر من ثاني أكسيد الكربون. يؤدي إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون في أثناء اللهاث إلى زيادة درجة باهاء الدم وبالتالي انخفاض مستوى بيكربونات الكالسيوم الضروري لتكوين قشرة البيضة (Kapetanov وزملاؤه، 2015). إن الخلل في آلية انتقال الكالسيوم في الدم يؤدي إلى تدني نوعية

القشرة وليس مستوى الكالسيوم في الدم، لذا فإن زيادة نسبة الكالسيوم في الخلطة العلفية لن يكون فعالاً. إن إضافة الكهارل electrolytes في مياه الشرب أو مع العلف يعد من الأمور الجيدة لتقليل الخسائر، كما يُوصى الباحثين بإضافة مكملات بيكربونات الكالسيوم وكلوريد الأمونيوم وكلوريد البوتاسيوم وفيتامينات C و E و B2 أيضاً (Dozier وزملاؤه، 2005).

### 1-1-2. دجاج إنتاج اللحم

إن الإنتاج الضعيف للطيور تحت ظروف الإجهاد الحراري عادة ما يكون مصحوباً بزيادة معدل النفوق وانخفاض وزن طيور التسمين (Syafwan وزملاؤه، 2011).

#### - تأثير الإجهاد الحراري في وزن الجسم واستهلاك العلف

يرافق الإجهاد الحراري انخفاضاً باستهلاك العلف ووزن الجسم وكفاءة التغذية وانخفاضاً في معدل الاستقلاب في الجسم (Quinteiro-Filho وزملاؤه، 2010 ; Quinteiro-Filho وزملاؤه، 2012a ; Kamel وزملاؤه، 2017). بيّن Syafwan وزملاؤه (2011) أن زيادة درجة الحرارة المحيطة من 21° حتى 32° س قد تسببت في انخفاض استهلاك العلف ووزن الجسم بنسبة 9.5% و 14.3% للطائر/يوم على التوالي بدءاً من عمر 21 يوماً وحتى عمر 42 يوماً. عندما ارتفعت درجة الحرارة من 32° حتى 37.8° س لوحظ انخفاض إضافي في معدل استهلاك العلف ووزن الجسم بنسبة 9.9% و 21% للطائر/يوم، عند مقارنتها مع طيور عُرضت لدرجة حرارة محيطة بلغت 21° س.

في دراسة حديثة، سبب الإجهاد الحراري المطبق على الفروج حدوث اختلافات في بعض المؤشرات الإنتاجية مثل معدل استهلاك العلف إذ انخفض بنسبة 8.6% ووزن الجسم 15.4% وارتفع معامل التحويل الغذائي بنسبة 8.5% بعمر 42 يوماً (Safdari-Rostamabad وزملاؤه، 2017). وجد Kamel وزملاؤه (2017) أن الفروج المعرض لإجهاد حراري مزمّن ما بين اليوم 21 و 42 من العمر قد أدى إلى انخفاض كبير في وزن الجسم ومعدل استهلاك العلف، بينما ازداد معامل التحويل

الغذائي بشكل كبير. تبين في دراسة أخرى أن الإجهاد الحراري يسبب انخفاضاً كبيراً في زيادة وزن الجسم بنسبة 11.5% والعلف المستهلك بنسبة 5.8% خلال الفترة ما بين اليوم 22 و 42 بالنسبة لهجين التسمين (Wan) Arbor Acres (وزملاؤه، 2017a). أظهرت دراسات أخرى آثاراً مماثلة للإجهاد الحراري في أداء نمو الفروج (Niu وزملاؤه، 2009؛ Imik وزملاؤه، 2012a؛ Habibian وزملاؤه، 2013). من الجدير بالذكر أن كل من كثافة التربية ودرجة حرارة المياه والضجيج تؤدي دوراً رئيساً في تقليل كفاءة الأداء الإنتاجي (Estevez، 2007).

### - تأثير الإجهاد الحراري في مواصفات الذبيحة

بصرف النظر عن التأثير في وزن الجسم وتناول العلف، فقد وُجد أن الإجهاد الحراري يسبب تغيرات كبيرة في جودة اللحم عند دجاج الفروج، إذ أدى ذلك إلى إنتاج لحم شاحب وطري ونضجي (لحم PSE) (Tankson وزملاؤه، 2001). يؤدي الإجهاد الحراري المزمن إلى زيادة إنتاج حمض اللبن في العضلات، ما يؤدي بدوره إلى سرعة في انخفاض pH وبالتالي يؤثر في جودة لحم الفروج (Zhang وزملاؤه، 2012). علاوة على ذلك، في تجربة لـ Hashizawa وزملائه (2013) للإجهاد الحراري المزمن على الفروج، وُجد أن تعريض الطيور لدرجة حرارة 30° س لمدة 10 أيام أدى إلى قساوة في لحم الصدر، كما وجد Lu وزملاؤه (2007) و Zhang وزملاؤه (2017) أن الإجهاد الحراري قد أثر بشكل سلبي على جودة لحم الفروج، ولا سيما لون اللحم وقيمة pH. في الواقع، يقلل الإجهاد الحراري من تخليق البروتين في عضلات الصدر بينما أدى إلى انخفاض نسبة البروتين في عضلات الفخذ (Zuo وزملاؤه، 2015). أظهرت دراسة أخرى أن الفروج المعرض للإجهاد الحراري المزمن قد انخفض فيه البروتين المكتسب بنسبة 54% وانخفضت كفاءة الاحتفاظ بالبروتين بنسبة 46% (Geraert وزملاؤه، 1996). يعود تأثير درجة الحرارة المرتفعة المحيطة في جودة اللحم إلى تأثير الإجهاد الحراري الذي تسبب بضرر تأكسدي للعضلات الهيكلية، وزيادة أنواع الأوكسجين التفاعلي (Reactive oxygen species (ROS)، وإنتاج أنواع الأزوت التفاعلي (Reactive nitrogen species (RNS وزيادة تركيز المركب العضوي

Malondialdehyde (MDA) في العضلات نتيجة الإجهاد التأكسدي، ما تسبب في تغيرات غير مرغوب فيها في خصائص اللحم (Azad وزملاؤه، 2013 ; Liu وزملاؤه، 2016).

## 1-2- الآثار السلبية الناجمة عن الإجهاد الحراري عند الدواجن

### 1-2-1. التأثير في استهلاك الماء والعلف خلال فترة الإجهاد الحراري

#### - استهلاك الماء

يجب توفير كميات كافية من الماء البارد النظيف للطيور في أثناء الإجهاد الحراري، إذ يسمح الماء البارد بتخفيض نسبي في حرارة الجسم، ويتم ذلك من خلال توفير مناهل إضافية لأن الطيور سوف تستهلك كميات أكبر من الماء، فضلاً عن عزل خزانات المياه بشكل جيد كي لا تزداد درجة حرارة الماء بداخلها.

#### - الخلطة العلفية

يرتبط الهضم والاستقلاب الغذائي بكمية الطاقة المطروحة ودرجة حرارة الجسم، وبالتالي تتجنب الطيور بشكل طبيعي تناول العلف طوال اليوم في فترات الإجهاد الحراري. أثبتت إحدى الدراسات أن إزالة العلف من أمام الطيور ليس فقط في فترات الإجهاد الحراري، بل أيضاً قبل حوالي 6-8 ساعات من فترة الإجهاد (الفترة اللازمة لهضم المادة الغذائية) كان مفيداً (Kapetanov وزملاؤه، 2015). على سبيل المثال، يجب أن يتم توزيع العلف عند تربية الدجاج البياض على فترات من النهار إذ يتم تقديم ثلث الاحتياج من العلف في الصباح الباكر والمتبقي في وقت متأخر من فترة ما بعد الظهر.

### 1-2-2. الإجهاد التأكسدي الناتج عن الإجهاد الحراري

حظيت في الآونة الأخيرة مشاركة الحرارة في إحداث الإجهاد التأكسدي باهتمام الباحثين (Mujahid وزملاؤه، 2005 ; Lin وزملاؤه، 2006a ; Liu وزملاؤه، 2016). يعكس الإجهاد التأكسدي عدم التوازن بين الأنظمة المنشطة للأكسدة والمنشطة لها، التي تُعرّف على أنها وجود أنواع تفاعلية مثل ROS و RNS وأنواع الكلور التفاعلي بما يزيد عن قدرة مضادات الأكسدة المتاحة للخلايا الحيوانية (Halliwell)

وWhiteman، 2014). ROS هي منتجات ثانوية لعملية الاستقلاب الغذائي للأوكسجين، إذ تحتوي على إلكترون واحد مشتق من الأوكسجين الجزيئي. تعد التراكيز الصغيرة من ROS محفزات ومعدلات مهمة للإشارات الخلوية وبالتالي سلوك الخلية (Droge، 2002؛ Akbarian وزملاؤه، 2016). يمكن أن تؤدي الزيادة غير المنضبطة في تراكيز ROS و RNS إلى سلسلة من التفاعلات بوساطة الجذور الحرة التي تستهدف بشكل عشوائي العديد من الجزيئات الخلوية البيولوجية كالبروتينات (Griffiths، 2000) والدهون (Yang وزملاؤه، 2003) والسكريات المعقدة (Kaur وHalliwell، 1994) والأحماض النووية RNA و DNA (Davies، 1995) ما يحفز المسار الجوهري لموت الخلايا المبرمج.

تعد الميتوكوندريا mitochondria المتعضيات الرئيسية في عملية الاستقلاب الغذائي للأوكسجين، وتستهلك حوالي 85-90% من الأوكسجين في الخلية (Belhadj Slimen وزملاؤه، 2014)، وإن معظم الطاقة الخلوية مشتقة من عملية الفسفرة التأكسدية oxidative phosphorylation (Akbarian وزملاؤه، 2016). يؤدي الإجهاد الحراري إلى تفاقم تفاعل الميتوكوندريا، ما يتسبب في زيادة إنتاج ROS وبالتالي حدوث الإجهاد التأكسدي (Miova وزملاؤه، 2016) بما في ذلك أكسدة بروتين الميتوكوندريا وأكسدة الدهون وتلف الحمض النووي DNA (Slimen وزملاؤه، 2014) ما يسهم في موت الخلايا المبرمج (Green وKroemer، 2004)، فالإجهاد الحراري يزيد من مستويات أنيون فوق الأكسيد للميتوكوندريا mitochondrial superoxide anion، وهو أول منتج ثانوي لخفض إلكترون واحد للأوكسجين (Mujahid وزملاؤه، 2006؛ Kikusato وزملاؤه، 2015). يُعرّف عن أنيون فوق الأكسيد بأنه شديد التفاعل ولا ينتشر بسهولة عبر غشاء الخلية، وقد أظهرت الدراسات أن هذا الأنيون طليعة لمعظم ROS. يحدث هذا التفاعل في مواقع محددة من سلسلة نقل الإلكترون (ETC) Electron transport chain التي تعد مصدراً رئيساً لأنيون فوق الأكسيد أثناء الإجهاد الحراري (Kikusato وزملاؤه، 2015).

يسبب الإجهاد الحراري انخفاضاً في التعبير عن أكسيد الديسموتاز الفائقة-superoxide 1 (SOD-1) dismutase-1 لا RNA المرسل mRNA، ويقلل من بروتين SOD الهيلي ونشاط

الأنزيم، ما يؤدي إلى زيادة في توليد ROS (Lee وزملاؤه، 2004). يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى الإفراط في إنتاج أيونات المعادن الانتقالية التي يمكن أن تؤدي إلى تدفق الإلكترون إلى الأوكسجين، وبالتالي تكوين الأنبيونات الفائقة أو فوق أكسيد الهيدروجين ( $H_2O_2$ ) (Prabakaran و Agarwal، 2005 ; Belhadj Slimen وزملاؤه، 2016). لقد ثبت أن الإجهاد الحراري يزيد من  $H_2O_2$  وجذور الهيدروكسيل (Zhao، 2006 ; Kikusato و Toyomizu، 2013). تتميز معظم الخلايا بأنها مزودة بمستوى متزن من SOD، مثل Mn-SOD الموجود في السيتوبلازما و Cu/Zn-SOD الموجود في الفراغ بين الأغشية أو العصارة الخلوية لتقليل فوق الأكسيد إلى  $H_2O_2$ ، وتعزيز إنتاج جذر الهيدروكسيل (Akbarian وزملاؤه، 2016). نظراً لقدرات الانتشار فإن  $H_2O_2$  هو ROS الرئيس إذ يعمل كمرسال ثانٍ في مسارات إشارات الأكسدة (Wood وزملاؤه، 2003).

يعد أكسيد الأزوتيك (NO) nitric oxide جذراً حراً ذا تفاعل قوي، وهو ضروري في إشارات الخلية والاستقلاب الغذائي. يمكن أن يعكس NO بشكل مباشر مستوى الإجهاد التأكسدي الناتج عن تفكك الأرجنين إلى سيترولين في تفاعل محفّز بواسطة صانع أكسيد الأزوتيك nitric oxide synthase (NOS) وهو نيكوتيناميد أدينين ثنائي فوسفات النوكليوتيد nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADP+) (NADP+). يمكن أن تتفاعل الأنبيونات الفائقة مع NO لإنتاج فوق أكسيد النيتريت peroxynitrite، وهي مادة مؤكسدة قوية، ما يؤدي إلى تعطيل نشاط SOD (Steinmann وزملاؤه، 2004).

من أجل الحفاظ على توازن ROS، يجب أن تمتلك الخلية نظاماً مضاداً للأكسدة خاصاً بها ولاسيما في المتقدرات. يتضمن نظام مضادات الأكسدة في المتقدرات مجموعتين رئيسيتين: (1) مجموعة مضادات الأكسدة الأنزيمية التي تتضمن SOD وأنزيم الكاتالاز (CAT) وأنزيم ديسموتاز فوق أكسيد الجلوتاثيون (GSH-Px) glutathione superoxide dismutase (Altan وزملاؤه، 2003 ; Lin وزملاؤه، 2006a ; Tan وزملاؤه، 2010)، (2) مجموعة مضادات الأكسدة غير الأنزيمية

منخفضة الوزن الجزيئي التي تضم بشكل رئيس الغلوتاثيون (GSH) وحمض البول uric acid والفيتامينات (Azad وزملاؤه، 2010 ; Torki وزملاؤه، 2014 ; Attia وزملاؤه، 2016). يضطرب توازن أنظمة مضادات الأكسدة في ظروف الإجهاد الحراري، ما يؤدي إلى زيادة في مستويات ROS وتقليل أو تثبيط نشاط أنزيم مضادات الأكسدة وتعبيره (Lin وزملاؤه، 2006a ; Azad وزملاؤه، 2010) بالرغم من ذلك، فقد ظهر تباين في نشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة في الإجهاد الحراري المزمن، فقد انخفض نشاط CAT و GSH-Px في البلازما في الطيور التي تمت رعايتها تحت إجهاد حراري مزمن بدرجة حرارة 33° س (Liu وزملاؤه، 2016 ; Zhang وزملاؤه، 2017)، بينما وجد Pamok وزملاؤه (2009) أن تعريض الفروج لإجهاد حراري مزمن ثابت عند درجة حرارة 38±2° س لمدة 21 يوماً أدى إلى زيادة نشاط GSH-Px في كريات الدم الحمراء.

يؤدي الإجهاد الحراري المزمن إلى انخفاض قدرة الأكسدة الاستقلابية والتنظيم المتواصل لبروتينات الفصل (uncoupling proteins (UCPs لاستنفاد الاحتياطي من مضادات الأكسدة بسبب تثبيط نشاط أنزيم مضادات الأكسدة (Akbarian وزملاؤه، 2016). تعتمد الاختلافات في نشاط أنزيم مضادات الأكسدة في الغالب على ظروف الإجهاد الحراري والأنسجة والنوع فضلاً عن الأدوار المتداخلة الأخرى.

### 1-2-3. تأثير الإجهاد الحراري في النظام المناعي في الجسم

يمكن أن يطرأ بعض التغيرات في وظيفة الأعضاء والأنسجة المشاركة في الجهاز العصبي الصماوي والأنظمة المضادة للأكسدة والجهاز المناعي عند الطيور المعرضة للإجهاد الحراري. من المعروف أن مثل هذه التأثيرات السلبية تحفز كبت المناعة immunosuppression وتزيد من تعرض الحيوانات للأمراض المعدية (Quinteiro-Filho وزملاؤه، 2010 ; 2012b ; Kamel وزملاؤه، 2017). على سبيل المثال، أدى التعرض للإجهاد الحراري إلى انخفاض في الوزن النسبي للغدة الصعترية وجراب فابريشوس في الفروج ويط بكين (Habibian وزملاؤه، 2014 ; Zhu وزملاؤه، 2014 ; Jahanian و Rasouli، 2015 ; Calefi وزملاؤه، 2016)، وكذلك بعض مناطق القشرة واللب للخلايا اللمفاوية في

جرباب فابريشيوس (Lara و Rostagno، 2013). تعد نسبة الخلايا الحبيبية إلى الخلايا اللمفاوية (H/L) heterophils to lymphocytes ratio مؤشراً موثقاً في تقييم الإجهاد عند الدواجن (Schmidt وزملاؤه، 2012 ; Habibian وزملاؤه، 2014). خلصت العديد من الدراسات إلى أن الإجهاد الحراري يسبب زيادة كبيرة في نسبة H/L (Hosseini-Vashan وزملاؤه، 2016 ; Akhavan-Salamat و Ghasemi، 2016 ; Gitoe وزملاؤه، 2018) بسبب انخفاض عدد الخلايا اللمفاوية وزيادة في عدد الخلايا الحبيبية. يرتبط الإجهاد الحراري أيضاً مع زيادة الذوفان الداخلي endotoxins مثل عديد السكاريد الدهني lipopolysaccharide من الجهاز الهضمي الذي يدخل مجرى الدم (Alhenaky وزملاؤه، 2017)، يدل هذا المؤشر على أن الإجهاد الحراري يسبب تلفاً في الحاجز المخاطي ما يزيد من نفاذية الأغشية المخاطية في الطيور (Abdelqader وزملاؤه، 2017)، ويسهم بشكل رئيس في انتشار الاستجابة الالتهابية وارتشاح infiltration الخلايا الحبيبية وتخفيض أعداد اللمفاويات.

يتسبب الإجهاد الحراري في ضعف الجهاز المناعي عند الدجاج (Khan وزملاؤه، 2012) ويقلل من إنتاج الأضداد (Niu وزملاؤه، 2009 ; Hosseini-Vashan وزملاؤه، 2016). أظهر Bartlett و Smith (2003) أن الإجهاد الحراري يقلل من مستوى الأضداد بنمطيهما IgG و IgM في الفروج، واقترحا أن كبت مستويات استجابة الأضداد يمكن أن تكون نتيجة لانخفاض استهلاك العلف، وبالتالي توفير طاقة أقل للتطوير السليم لهذه الاستجابات.

ينظم الجهاز العصبي المركزي الاستجابات المناعية التي تتوسطها شبكة معقدة من الإشارات التي تتداخل مع النظام الصماوي والجهاز المناعي. يغيّر الإجهاد الحراري الوظيفة المناعية التي تشمل المحورين الرئيسيين وهما محور الوطاء - الغدة النخامية - الغدة الكظرية - Hypothalamus-Pituitary-Adrenal (HPA) ومحور لب الكظر الودي (Sympathetic-adrenal medullary (SAM)، ما يؤدي إلى إنتاج هرمونات القشرانيات السكرية glucocorticoids (GCs) hormones والكاتيكولامينات على التوالي (Lara و Rostagno، 2013). تحتوي الخلايا المناعية المختلفة مثل الخلايا اللمفاوية

والوحدات والخلايا الحبيبية على مستقبلات القشرانيات السكرية والكاتيكولامين، يمكن أن يسبب ذلك تغيرات في الهروب الخلوي cellular trafficking والتكاثر وإفراز السيبتوكين وإنتاج الأضداد والنشاط الخلوي. على سبيل المثال، يرتبط الكورتيزول مع مستقبلات القشرانيات السكرية الذي يتداخل مع وظيفة NF-kB (وهو بروتين معقد يتحكم بعملية نسخ DNA) وينظم نشاط الخلايا المناعية المنتجة للسيبتوكين (Padgett و Glaser، 2003). ذكر Quinteiro-Filho وزملاؤه (2010a) أن صيصان الفروج المعرضة للإجهاد الحراري (عند درجة حرارة 31 و 36 °س) لديها مستويات عالية من هرمون الكورتيكوستيرون في الدم ومعدل زيادة وزنية منخفض مع انخفاض في نشاط الوحدات، كما بينت دراسة أخرى لنفس الباحث (2012b) أن الإجهاد الحراري الحاد يقلل من مقدرة الوحدات على البلعمة في صائم الدجاج. تؤدي الضغوطات الناجمة عن الكورتيكوستيرون إلى إعاقة إنتاج اللمفاويات البائية (Kiecolt-Glaser وزملاؤه، 2005)، كما يؤثر الإجهاد الحراري كذلك في مستوى السيبتوكين، على سبيل المثال، وجد Strakie وزملاؤه (2005) أن الإجهاد الحراري يسبب ارتفاعاً في مستوى الخلايا المَحَفَّزة stimulated cells في الدجاج. بشكل عام، تعكس التغيرات في مستويات السيبتوكينات في كل من البلازما والأنسجة تحولاً في المناعة من الخلايا التائية المساعدة من النمط الأول (Th1) T cells type 1 إلى الخلايا التائية المساعدة من النمط الثاني (Th2) (Heled وزملاؤه، 2013). تؤدي التغيرات المرضية الناجمة عن الإجهاد الحراري التي تطرأ على الأعضاء المناعية بشكل غير مباشر إلى تلف الخلايا اللمفاوية التائية والبائية (Chen و Tang، 2016).

لقد تَبَيَّنَ أن الجهاز المناعي الخلقي للحيوان يكتشف وجود عدوى ميكروبية من خلال نمط تمييز المستقبلات (PPRs) pattern recognition receptors، التي لها القدرة على التعرف على مجموعة كبيرة من الأنماط الجزيئية المرتبطة بالعامل الممرض pathogen-associated molecular patterns (PAMPs)، كما أنها تؤدي دوراً رئيساً في بدء الاستجابة المناعية الخلقية لإشارات محددة (Kawai و Akira، 2009). يتأثر تعبير التراكيب البروتينية التي تنتمي للمناعة الطبيعية من نمط

المستقبلات الشبيهة بالتول (Toll-like receptors (TLR في ظل ظروف الإجهاد البيئي وبسبب تأثيرات الجهاز العصبي الصماوي وأنظمة مضادات الأكسدة. لاحظ Quinteiro-Filho وزملاؤه (2017) انخفاض تعبير TLR-2 في كل من الطحال والأعورين في الفروج المجهد بالحرارة، أما مستويات mRNA المرسل mRNA ل TLR-4 فقد ازدادت في الصائم واللفائفي في الدجاج المجهد حرارياً (Varasteh وزملاؤه، 2015). سُجِّلَت مستويات عالية من تعبير RNA المرسل mRNA لبروتينات الإجهاد الحراري من نمط بروتينات الصدمة الحرارية (HSPs) heat shock proteins في كل من الفروج ودجاج البيض تحت ظروف درجة حرارة بيئية عالية (Mahmoud وزملاؤه، 2004 ; Mack وزملاؤه، 2013 ; Xu وزملاؤه، 2014 ; Liu وزملاؤه، 2016 ; Wang وزملاؤه، 2018).

تُعد HSPs مجموعة من البروتينات المرافقة الجزيئية والمعتمدة على ثلاثي فوسفات الأدينوزين adenosine triphosphate (ATP) المتضمنة طي البروتين بوصفها استجابة لإجهاد الخلية الذي يمكن التعبير عنه في النواة والسيتوبلازم والشبكة الإندوبلازمية والمتقدرات في الخلايا حقيقية النواة، التي تحدثها التأثيرات الضارة للظروف البيئية المحيطة التي تتضمن إضافة للحرارة الإجهاد التأكسدي وسوء التغذية والتعرض للسموم والعوامل الممرضة المعدية (Muralidharan و Mandrekar، 2013). يمكن ل HSPs تنشيط إشارة مناعية التهابية لاحتواء الدفاع ضد العدوى أو الإشارة المثبطة للمناعة لمنع الالتهاب المفرط (Kaul و Thippeswamy، 2011).

### 1-3- الطرائق المتبعة للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الحراري

يؤثر الإجهاد الحراري سلباً في الأداء العام للدواجن في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية وفي البلدان المعتدلة خلال أشهر الصيف الحارة، ما يؤدي إلى خسائر اقتصادية كبيرة لمربي الدواجن. يؤدي الإجهاد الحراري إلى اضطراب في توازن الاستقلاب الغذائي ويغير من السلوك المتبع عند الطيور فضلاً عن حدوث الإجهاد التأكسدي وتنشيط جهاز المناعة وتغييرات في النظام الصماوي، الأمر الذي يزيد من قابلية الحيوان للإصابة بأمراض مختلفة ويؤثر في الإنتاج. يؤدي الإجهاد الحراري كذلك إلى حدوث تغييرات في

نشاط المحور الصماوي-العصبي، مثل تنشيط محور HPA الذي ينتج عنه ارتفاع في مستويات القشرانيات السكرية الجائلة في الدم بشكل عام وتركيز هرمون الكورتيكوستيرون بشكل خاص في الدم، ما يؤدي إلى تنظيم سلبي لعملية الاستقلاب الغذائي والاستجابة المناعية (كبت المناعة وزيادة القابلية للتعرض للعدوى)، كما يؤدي إلى زيادة تقويض البروتين (Bourdon وزملاؤه، 2021).

### 1-3-1. الإستراتيجيات الصناعية للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الحراري

#### - كثافة التربية

تعد كثافة التربية أحد أهم العوامل المهمة التي يجب أن تؤخذ بالحسبان عند التخطيط لمشروع إنتاج الدواجن، إذ يعد الاكتظاظ في مساكن الدواجن ضاراً من نواحٍ عديدة، فالكثافة الزائدة من الطيور في وحدة المساحة تؤدي لانبعاث أكبر من الحرارة من جسم الطيور، كما أنها لا تتيح للطيور الابتعاد عن بعضها بعضاً ما يقلل من كفاءة أنظمة التخلص من الحرارة من الجسم. تتخفض كفاءة التخلص من الحرارة بنسبة 40% في الأماكن المزدحمة، إذ تعيق الأعداد الكبيرة من الطيور من تدفق الهواء المحيط بها بغرض التخلص من الحرارة الفائضة في الجسم (Kapetanov وزملاؤه، 2015).

#### - نظام التهوية

يسهم معدل تدفق الهواء في التخلص من الحرارة حول الطيور ويعد الشرط الرئيس لنجاح عملية التهوية. يخفف نظام التهوية - إضافة للتخلص من الحرارة الفائضة - من الآثار السلبية للرطوبة العالية الناتجة عن الحرارة المنبعثة من الطيور عن طريق اللهاث ولاسيما في الطيور البالغة التي يغطيها الريش بشكل أكبر من الطيور الصغيرة (Donald وزملاؤه، 2000 ; Donald، 2000).

#### - نظام الإنذار

يعد وجود نظام إنذار داخل المسكن للتنبيه في حال توقف المراوح أو ساحبات الهواء عن العمل من الأمور المهمة التي تخفف الأضرار التي يمكن حدوثها، إذ يجب تدارك المشاكل وحلها بسرعة قبل حدوث أي ضرر يؤثر بشكل سلبي في الطيور.

## - نظام التبريد باستخدام الألواح

يتم تركيب نظام التبريد بالألواح عن طريق ألواح مخصصة من السيللوز لها سماكة وفتحات مخصصة وتتميز بخاصية تشربها بالماء، توضع على مدخل الهواء في أحد طرفي المسكن ويوضع في الطرف المقابل مصدر يقوم بسحب الهواء الذي يتبخر عند دخوله من خلال الألواح المنتشرة بالماء ما يسمح بإزالة الحرارة الزائدة في جو المسكن. يعد هذا النظام من أكثر الأنظمة المستخدمة حالياً فعالية وكفاءة في مساكن الدواجن (Campbell وزملاؤه، 2006).

## - نظام التوصيل الحراري

يمكن أن ينتقل جزء من الحرارة من خلال ملازمة الجلد للأسطح الباردة. تسمح الفرشة الجافة للطيور من الوصول إلى الأرضية الباردة تحتها والاستلقاء عليها، لذلك يجب العمل على تبريد الأرضية بشكل مشابه لنظام التدفئة الأرضية، إذ يتدفق الماء البارد عبر أنابيب تحت الأرضية خلال فصل الصيف لتوفير السطح البارد.

### 1-3-2. الإستراتيجيات السلوكية للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الحراري

يسبب تعرض أنواع مختلفة من الطيور لدرجات حرارة عالية في تغيير سلوكها وحالة الاستتباب في محاولة من الطائر لخفض درجة حرارة الجسم عن طريق التنظيم الحراري وذلك للمساعدة في الحفاظ على درجة حرارة الجسم ضمن الحدود الطبيعية التي تدعى منطقة الحياد الحراري (Lara و Rostagno، 2013). يمكن أن تحدث التعديلات السلوكية بسرعة ومجهود أقل للطيور مقارنة بالتعديلات الفيزيولوجية، فمثلاً يقلل الدجاج من حركته مع ارتفاع درجات الحرارة المحيطة فوق منطقة الراحة كما يقل استهلاكه من العلف ويزداد استهلاك الماء وذلك لتعويض الماء المفقود من الجسم عن طريق اللهاث (Scanes، 2015a)، كما تقوم الطيور في بعض الأحيان عند التعرض لدرجات الحرارة العالية بصب الماء على كل من العرف والداليتين بهدف تبريد هذه الأسطح نتيجة التبخير (Denbow و Cline، 2015)، فضلاً عن

أن الطيور تخصص وقتاً أقل نسبياً في ممارسة السلوك الاجتماعي وتغيير وضعيتها تحت ظروف الإجهاد الحراري.

تقضي الطيور التي تتعرض لدرجات حرارة عالية خارج منطقة الراحة الخاصة بها وقتاً أقل في التغذية أو المشي أو الحركة، ووقتاً أطول في استهلاك الماء والراحة واللاهث، ناهيك عن رفع أجنحتها عالياً بعيداً عن الجسم للكشف عن الجلد تحت الأجنحة والمكسو بكمية أقل من الريش بهدف تعزيز القدرة على طرح الحرارة من الجسم للخارج (Mack وزملاؤه، 2013).

#### - التأقلم مع درجة الحرارة المرتفعة المحيطة

يؤدي تعرض الدجاج إلى درجات حرارة عالية إلى زيادة أولية في درجة حرارة الأنسجة المحيطية وبعد ذلك درجة حرارة الجسم المركزية. تبدأ درجة حرارة جسم الدجاج بالارتفاع عندما ترتفع درجة حرارة البيئة المحيطة عن 30° س في حال كان معدل زيادة درجة حرارة المسكن سريعاً، من ناحية أخرى، تحافظ الطيور على درجة حرارة جسمها إذا ارتفعت درجة الحرارة ببطء حتى تصل درجة الحرارة المحيطة إلى 33° س (Kang وزملاؤه، 2020).

#### - الانبعاث الحراري

يتم التخلص من جزء معين من الحرارة من خلال الانبعاث الحراري emission وذلك عن طريق التخلص من الحرارة إلى خارج الجسم عبر الجلد. تلجأ الدواجن بهدف زيادة الانبعاث الحراري إلى رفع أجنحتها بعيداً عن الجسم كي تكشف مناطق الجلد المكسوة بريش أقل مقارنة بباقي أنحاء الجسم. يكون هذا النشاط فعالاً بشرط أن تكون درجة الحرارة الخارجية أقل من درجة حرارة الجسم، أما في حال كان الاختلاف في درجة الحرارة قليلاً فإن تأثير التبريد عن طريق الانبعاث تكون ضئيلة. يمكن أن يكون تدفق الهواء مفيداً جداً إذ يقوم بإزالة الطبقة الأكثر دفئاً حول الجسم مباشرة ويسمح بالتخلص من مزيد من الحرارة.

نظراً لأن هذا النشاط يعد الأكثر فعالية للتخلص من الحرارة الداخلية للحفاظ على درجة حرارة الجسم، فيجب الأخذ بالحسبان التخطيط بشكل جيد لتهوية مسكن الدواجن، فالطيور لا يمكنها القيام بهذا النشاط عندما يكون المسكن مزدحماً أو المساحة صغيرة جداً.

### - اللهاث (التغيرات في معدل التنفس ودرجة pH)

يعد اللهاث على قمة السلوكيات التي يظهرها الدجاج وأحد ردود الفعل التي يمكن ملاحظتها عند الدواجن تحت ظروف الإجهاد الحراري لأنه يبذل الحرارة عن طريق التبريد التبخيري على سطح الفم وأسطح الممرات التنفسية. يبدأ نشاط تنظيم التوازن الحراري عن طريق اللهاث بعد إخفاق طريقة الانبعاث لتبريد الجسم، إذ يبدأ الطائر باللهاث ببطء ثم يزيد من شدة اللهاث وسرعته، وتستطيع الطيور بهذه الطريقة التخلص من 60% من الهواء الرطب من الجسم عن طريق الرئتين وبالتالي خفض درجة حرارة الجسم. قد يبدأ الدجاج باللهاث عندما تصل درجة حرارة البيئة المحيطة إلى 29° س بعد 60 دقيقة من التعرض لدرجة حرارة 37° س ورطوبة نسبية 45% أو عندما تصل درجة حرارة الجسم إلى 42° س. يتيح اللهاث للدواجن إمكانية زيادة معدل تبخر الماء من 5 حتى 18 مل/ساعة بوصفها استجابة للتغير في درجات الحرارة المحيطة من 29 إلى 35° س مع رطوبة نسبية تتراوح بين 50-60% (Hillman وزملاؤه، 1985 ; Wang وزملاؤه، 1989).

يزيد اللهاث من فقدان غاز ثاني أكسيد الكربون من الرئتين، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون (Wang وزملاؤه، 1989)، وبالتالي مستوى البيكربونات في بلازما الدم، ويؤدي انخفاض تركيز أيونات الهيدروجين إلى ارتفاع في درجة pH البلازما. يقلل الهواء المتشبع بالرطوبة العالية من كفاءة اللهاث، كما أن اللهاث يتطلب استخدام الطاقة، بمعنى أنه سيتم التقليل من الإجهاد الحراري، إلا أن الإنتاج سيتأثر سلباً خلال هذه الفترة (Simmons وزملاؤه، 1997 ; Levent و Porter، 2005). بناءً عليه، فإن استمرار اللهاث يزيد من فقدان الماء من خلال التبخر في ظروف درجات الحرارة المرتفعة المحيطة، فضلاً عن ارتفاع مستوى غاز ثاني أكسيد الكربون وتغير في pH

الدم، ما يزيد بدوره من خطر الإصابة بالقلاء التنفسي (Fedde، 1998). يؤدي ذلك إلى انخفاض في جودة البيض وانخفاض في سماكة القشرة، نظراً لأن القلاء يعيق من توافر بيكربونات الكالسيوم في الدم اللازمة لتكوين قشرة البيضة، ويقلل من تركيز شوارد الكالسيوم الحرة في الدم. على غرار اللهاث، فإن زيادة استهلاك المياه الطريقة الأكثر فعالية للسيطرة على فقدان الحرارة عن طريق تبخر الماء من الرئتين (Mahmoud وزملاؤه، 2015).

### - تقليل تناول العلف

تقلل الطيور من العلف المستهلك في ظل ارتفاع درجات الحرارة المحيطة وذلك بغية التقليل من الإجهاد الحراري، ما يؤثر سلباً في الإنتاج.

### - زيادة استهلاك المياه

يزداد استهلاك الطيور من الماء بشكل ملحوظ عند ارتفاع درجات الحرارة داخل المسكن ولاسيما عندما يقوم الطائر باللهاث. علاوة على ذلك، يطرأ تغيرات على التمثيل الغذائي للطيور من خلال زيادة نشاط الكلى للبقاء على قيد الحياة تحت ظروف الإجهاد الحراري، إذ يزداد استهلاك الماء وطرحه.

## 1-3-3. استراتيجيات التغذية للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الحراري

يؤثر الإجهاد الحراري في الوظيفة الفيزيولوجية للفروج عن طريق إحداث اضطرابات متعددة مثل اضطراب الجهاز المناعي واضطرابات الغدد الصماء والأضرار التأكسدية، ما يؤدي إلى ضعف في النمو وزيادة نسبة النفوق والخسائر الاقتصادية (Hosseini-Vashan وزملاؤه، 2016). يمكن استخدام استراتيجيات التغذية والمكملات الغذائية للتخفيف من آثار الإجهاد الحراري، وهي أكثر فائدة وملائمة من دون تغيير البنية الأساسية للنظام الغذائي. يتطلب النظام الغذائي المحافظة على توازن الماء، وتناول العناصر الغذائية والمكملات وتلبية الاحتياجات المحددة أثناء الإجهاد الحراري مثل الفيتامينات والمعادن (Renaudeau وزملاؤه، 2012) التي تنظم توازن الكهارل electrolyte و ETC. ناهيك عن أن

الدراسات أظهرت أن بعض المواد الكيميائية النباتية phytochemicals يمكن أن تنظم بشكل مباشر عملية الأكسدة التي يسببها الإجهاد الحراري (Akbarian وزملاؤه، 2016).

## - الفيتامينات

استُخدم كل من فيتامين A و C و E للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد البيئي في الدواجن تبعاً للفوائد التي توفرها هذه الفيتامينات مثل مقاومة الإجهاد وكونها مضادات للأكسدة فضلاً عن تعزيز وظيفة مناعة الجسم، كما أنها متممات غذائية تغطي النقص في المكونات الغذائية نتيجة خفض كمية العلف المستهلك خلال الإجهاد الحراري (Lin وزملاؤه، 2006b ; Renaudeau وزملاؤه، 2012). يُعد فيتامين A أحد مضادات الأكسدة الفعالة التي تبطئ من عملية أكسدة الدهون عن طريق تحطيم سلسلة التفاعلات المتعلقة وإمكانية تخفيف تدهور الأغشية المصاحب (Abd El-Hack وزملاؤه، 2017). تؤثر المستويات العالية من فيتامين A في الخلطة العلفية (9000 وحدة دولية/كغ علف) إيجابياً في زيادة كمية العلف المستهلك وإنتاج البيض تحت الإجهاد الحراري (Lin وزملاؤه، 2002). أشار Hung وزملاؤه (2007) أن إضافة الفيتامينات و/أو المعادن بجرعات مختلفة للخلطة العلفية أدى إلى انخفاض إنتاج فوق الأكاسيد وأوكسيد النتريك.

يُعد فيتامين C (حمض الإسكوربيك) ضرورياً لتنظيم درجة حرارة الجسم (Panda وزملاؤه، 2008). يخفف فيتامين C من الآثار السلبية للإجهاد الحراري في عمليات الاستقلاب الغذائي، وبالتالي يعزز الإنتاج ويدعم المناعة (Attia وزملاؤه، 2009 ; Chand وزملاؤه، 2014). ترفع المكملات الغذائية مع فيتامين C وعنصر الكروم مستويات مضادات الأكسدة GSH-Px التي تحمي الخلايا من التلف (Peraï وزملاؤه، 2014). سُجِّلَت زيادة في الخلايا اللمفاوية عند الطيور التي تتغذى على خلطة علفية مدعمة بفيتامين C، إذ يقوم بحماية الخلايا اللمفاوية من التلف الناتج عن الجذور الحرة أثناء الإجهاد الحراري (Rafiee وزملاؤه، 2016).

خُلصت دراسة أخرى إلى أن استخدام فيتامين E كمكمل غذائياً يعد طريقة فعالة في ظروف الإجهاد الحراري عند الدواجن، وذلك بسبب نشاطه المضاد للأكسدة نتيجة قابليته للذوبان في الدهون، إذ يؤدي دوراً رئيساً في إزالة الجذور الحرة في أغشية الخلايا والأعضاء تحت الخلوية عند التعرض للحرارة العالية (Imik وزملاؤه، 2012b). فضلاً عن تأثيره الإيجابي في زيادة الخلايا اللمفاوية وخفض كل من نسبة H/L، فإن فيتامين E يعمل على تعزيز المناعة بشكل مباشر من خلال التأثير في الخلايا المناعية أو بشكل غير مباشر عن طريق تحفيز المحور الصماوي العصبي والمحور الاستقلابي تحت ظروف الإجهاد الحراري (Khan وزملاؤه، 2011؛ Habibian وزملاؤه، 2014). ارتبط توفير المستويات المثلى لفيتامين E في أثناء تركيب الخلطات العلفية بتحسين أداء النمو وحالة مضادات الأكسدة تحت الإجهاد الحراري في الدواجن (Rehman وزملاؤه، 2017)، وبالتالي فإن المكملات الغذائية المتضمنة على واحدة أو أكثر من الفيتامينات (معظمها فيتامين C و E) تحسن مقدرة الطيور على تحمل ارتفاع درجات الحرارة وتحسين أداء الجسم. تجدر الإشارة إلى أنه لا يمكن اصطناع فيتامين E في جسم الدواجن، لذا يجب أن يتم توفيرها في الخلطة العلفية لتغطية الاحتياجات الغذائية.

### - العناصر المعدنية

تستخدم بعض المعادن المضادة للأكسدة كالكروم Cr والزنك Zn والسيلينيوم Se لتخفيف الآثار السلبية للإجهاد الحراري البيئي. تم العثور على الكروم بالشكل النشط في الكرومودولين chromodulin (المعروفة بمادة ربط الكروم منخفضة الوزن الجزيئي)، وهو عامل مساعد للأنسولين، ويبدو أنه يؤثر في استقلاب الكربوهيدرات والدهون من خلال التأثير على مسار إشارات الأنسولين (Vincent، 2000). لقد ثبت أن الأنسولين ينظم عملية استقلاب الدهون واستخدام الكوليسترول وإنتاج الطاقة، غالباً من خلال زيادة امتصاص الجلوكوز والأحماض الأمينية من الخلايا العضلية (Torki وزملاؤه، 2014). يُعتقد أن الكروم ضروري لتنشيط بعض الأنزيمات المؤكسدة واستقرار البروتينات (Rao وزملاؤه، 2012)، وتقليل أكسدة الدهون وتحويل التعبير عن عوامل النسخ النووية المرتبطة بالإجهاد (Orhan وزملاؤه، 2012). بيّنت

العديد من الدراسات أن المكمل الغذائي الكروم يمكن أن يحسن من الإنتاج وكفاءة التغذية وزيادة سماكة ووزن قشرة البيض خاصة عند رعاية الطيور تحت ظروف الإجهاد الحراري (Torki وزملاؤه، 2014 ; Attia وزملاؤه، 2016 ; Gitoe وزملاؤه، 2018). يؤثر الكروم بشكل إيجابي في الاستجابة المناعية، ما يؤدي إلى زيادة معنوية في استجابة الأضداد، وتحسين نسبة H/L، وأوزان أعلى لكل من الغدة الصعترية والطحال في الفروج الذي تمت تربيته تحت الإجهاد الحراري (Ghazi وزملاؤه، 2012). تجدر الإشارة أن الفروج الذي تمت تغذيته على خلطات علفية مدعمة بمكملات غذائية عضوية من السيلينيوم والكروم والزنك (0.30 و 2 و 40 ملغ/كغ علف على التوالي) سواء بشكل إفرادي أو مجتمعة، قد أظهر تحسناً كبيراً في أداء النمو والاستجابات المضادة للأكسدة (انخفاض أكسدة الدهون وزيادة SOD) وذلك عند رعايتها في ظروف الإجهاد الحراري (Rao وزملاؤه، 2016).

يُعدّ الزنك عنصراً حيوياً أساسياً له دور رئيس في الحفاظ على سلامة الخلايا وتعزيز العمليات الكيميائية الحيوية، كما أنه مكون رئيس للعديد من البروتينات والأنزيمات التي تنظم المناعة والتكاثر الخلوي والتناسل ووظيفة الجهاز العصبي وتوفر الدفاع ضد الجذور الحرة (Cao وزملاؤه، 2015). إن إضافة الزنك بوصفه مكملًا غذائيًا مع فيتامين C بشكل مشترك أو إفرادي، أدى إلى تحسين الأداء وزيادة العدد الكلي لكريات الدم البيضاء المحيطية والخلايا اللمفاوية والوحيدات عند الفروج تحت ظروف الإجهاد الحراري، كما أدى تدعيم الخلطة العلفية المقدمة للأمات بمصادر مختلفة من الزنك إلى تحسين جودة الصيصان الفاقسة وبقاؤها على قيد الحياة، فضلاً عن تخفيف التأثيرات السلبية للإجهاد الحراري على الأمات على أداء نمو الصيصان خلال فترة النمو. فضلاً عن أن الخلطات العلفية الحاوية على الزنك العضوي تعمل على تحسين نسبة الفقس وجودة لحم الصيصان الفاقسة (Chand وزملاؤه، 2014 ; Zhu وزملاؤه، 2017).

يستخدم السيلينيوم للتخفيف من التأثيرات السلبية للإجهاد الحراري في الدواجن (Habibian وزملاؤه، 2015)، ويعد عنصراً أساسياً لبعض الأنزيمات مثل بيروكسيداز الغلوتاثيون المعتمد على

السيلينيوم Se-dependent glutathione peroxidases الذي يؤدي دوراً مهماً في أنظمة دفاع الخلية المضادة للأكسدة (Habibian وزملاؤه، 2014)، كما يعمل بوصفه عنصراً أساسياً لسلامة الخلايا المشاركة في الاستجابة المناعية (Singh وزملاؤه، 2006). على سبيل المثال، أدى تقديم خميرة السيلينيوم بوصفها مكملًا غذائيًا إلى تحسن في وزن الجسم ومعامل التحويل الغذائي وانخفاض نسبة النفوق، فضلاً عن اكتساب مقاومة ضد الإجهاد التأكسدي عند الفروج تحت ظروف الإجهاد الحراري (Mahmoud و Edens، 2005). بين Xu و Tian (2015) أن السيلينيوم خفف من الإصابة المؤكسدة في أجهزة المناعة المختلفة، وارتفعت عموماً مستويات SOD وانخفض مستوى MDA عند الدجاج المجهد بالحرارة. فضلاً عن ذلك، فإن تغذية الديوك المجعدة حرارياً على السيلينيوم العضوي لوحده أو مع فيتامين E عزز من نشاط GSH-Px والقدرة الكلية المضادة للأكسدة في البلازما المنوية (Ebeid، 2012). وجد Niu وزملاؤه (2009) أن الإجهاد الحراري يسبب انخفاض أوزان الأعضاء اللمفاوية، وتنشيط استجابات الأضداد الأولية والثانوية، وانخفاض القدرة البلعية للوحيدات. مع ذلك، أدى الإدخال المرتفع للسيلينيوم إلى زيادة أعداد الأضداد IgM و IgG الكلية تحت الإجهاد الحراري، ما يشير إلى أن السيلينيوم يخفف من الآثار الضارة للإجهاد الحراري، كما أظهرت الدراسات إلى أن التراكيز العالية من السيلينيوم في علف الفروج أدى إلى زيادة أعداد الأضداد بوصفها استجابة ثانوية تحت ظروف الإجهاد الحراري (Habibian وزملاؤه، 2014).

### 1-3-4. الاستجابة الفيزيولوجية

#### - الاستجابات الفيزيولوجية والجزيئية والهرمونية-العصبية للإجهاد الحراري

على الرغم من أن العديد من أنواع الطيور بإمكانها البقاء على قيد الحياة تحت الظروف التي قد تؤدي لتدفق زائد للطاقة وذلك من خلال توليف آليات تكيف مختلفة التي من شأنها أن تزيد أو تقلل من تدفق الطاقة من البيئة وإليها، إلا أن درجات الحرارة المرتفعة جداً أو المنخفضة جداً تؤدي إلى النفوق لأن الحيوان لا يمكنه التعامل مع الظروف المتطرفة من درجات الحرارة. تربي الدواجن في كثير من دول العالم ولاسيما في المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية ضمن بيئة ذات درجة حرارة مرتفعة يمكن فيها أن تشارك التغيرات الجزيئية والفيزيولوجية والسلوكية المعقدة التي تمكن الطيور المستأنسة من التعامل مع تدفق الطاقة إلى أنسجتها في درجات الحرارة المرتفعة ضمن المعدل الطبيعي لحرارة الجسم.

مع ارتفاع درجة حرارة البيئة المحيطة أو انخفاضها تبدأ مجموعة واسعة من الاستجابات الفيزيولوجية والسلوكية والجزيئية والهرمونية-العصبية بهدف المحافظة على درجة حرارة الجسم ضمن الحدود الطبيعية. قد تكون الاستجابات ردود فعل آنية تستمر لفترات قصيرة فقط تبدأ مع بدء الظروف المتطرفة والمهددة للحياة، أو قد تكون الاستجابات في بعض الحالات قصيرة الأمد تتم الاستعانة بها لتحمل درجات الحرارة القصوى لفترة قصيرة، كما يمكن أيضاً أن تتطور الاستجابات لتصبح طويلة الأمد بهدف تأقلم الطيور مع درجات الحرارة المحيطة ولاسيما في المناطق الحارة. وبالفعل فقد تبين أن ارتفاع مستويات القشرانيات السكرية في الدورة الدموية يُعد مَعْلَمًا مميزاً للاستجابة لظروف الإجهاد. تجدر الإشارة إلى وجود تنوع كبير في الاستجابات العصبية الهرمونية لمختلف عوامل الإجهاد مع ملاحظة وجود مسالك إجهادية نوعية ودارات عصبية وإشارات كيميائية عصبية.

يمكن تصنيف عوامل الإجهاد إلى عوامل فيزيولوجية وأخرى نفسانية، فالفيزيولوجية يمكن أن تكون استقلابية (مثل نقص سكر الدم والتصويم) أو نزفية أو حرارية أو مناعية، أما النفسانية فتتضمن عنصر التقييم النفساني للاضطرابات المتنوعة التي يتعرض لها الطائر (مثل الضجيج أو التغيرات البيئية

المتوقعة وغير المتوقعة ...). تجدر الإشارة إلى وجود تداخل بين الرتبتين آنفتي الذكر، فمن الصعب مثلاً الفصل بين المكونات الفيزيولوجية والنفسانية لتصويم الطائر (Blas، 2015).

### - الإجهاد الحراري والمحافظة على درجة حرارة الجسم

يحافظ الدجاج على درجة حرارة الجسم ضمن نطاق ضيق نسبياً الذي ينعكس عادة ضمن الحدود العليا والدنيا لإيقاع الساعة البيولوجية لدرجة حرارة الجسم التي تتراوح بين 40.5 – 41.5 °س. قد ترتفع درجة حرارة الجسم بحدود 1 إلى 2 °س في حال التعرض لظروف بيئية حارة أو نتيجة أداء نشاط بدني زائد. يجب ألا يستمر التخزين الحراري لفترات طويلة لأن ذلك سيؤدي لزيادة درجة حرارة الجسم عن الحد الذي يتوافق مع شروط الحياة. على العكس من ذلك، تفقد الطيور الحرارة عند التعرض لظروف بيئية باردة، وبالتالي ستخفض درجة حرارة الجسم إلى الحد الذي يؤدي إلى عجزها والنفوق مالم يتم تجديد طاقة الجسم من خلال عملية الاستقلاب الغذائي.

يؤدي تعرض الدجاج للإجهاد الحراري الشديد إلى نشاط الجهاز العصبي-الصماوي، ما يؤدي إلى تنشيط محور HPA، الأمر الذي يسرع من إفراز الوطاء والغدة النخامية للهرمون المحرر للكورتيكوتروبين CRH والهرمون الموجه لقشرة الكظر ACTH على التوالي. بعد ذلك، يحفز ACTH تخليق وإطلاق الستيرويدات من خلال تعزيز تحويل الكوليسترول إلى الهرمون القشري السكري الكورتيكوستيرون CORT وبالتالي يزيد من تركيزه في بلازما الدم (Bourdon وزملاؤه، 2021). يعد تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في بلازما الدم مؤشراً مهماً للإجهاد الحراري عند الدجاج، فقد استخدمت العديد من الدراسات الاختلاف الكبير في تركيز الكورتيكوستيرون كتأكيد قياسي لنجاح نماذج الإجهاد الحراري في الحيوانات (Delezie وزملاؤه، 2007 ; Rimoldi وزملاؤه، 2015 ; Zhang وزملاؤه، 2017).

تعد هرمونات الغدة الدرقية مهمة أيضاً للحفاظ على التوازن الحراري عند الحيوانات. على سبيل المثال، يؤدي هرمون ثلاثي يودوثيرونين ( $T_3$ ) والتثيروكسين ( $T_4$ ) ونسبتهما دوراً مهماً في تنظيم درجة الحرارة في الدجاج من خلال تنظيم معدل الاستقلاب الأساسي. يعدّ  $T_3$  أكثر فعالية من التثيروكسين ويرتبط مع مستقبلات نووية، والذي يشكل معقداً مع المستقبل الريتينالي ( $X$  Retinoid) أو أحياناً مع نفسه بوصفه محدداً متماثلاً (Ikeda وزملاؤه، 1994). أظهرت العديد من الدراسات أن تركيز  $T_3$  في بلازما الدم ينخفض باستمرار في ظروف الحرارة العالية (Star وزملاؤه، 2008؛ Elnagar وزملاؤه، 2010؛ Mack وزملاؤه، 2013)، يؤدي هذا الانخفاض إلى تقليل إنتاج الحرارة ما يزيد من فرص بقاء الطيور على قيد الحياة. تتضمن إحدى الآليات التي تحفز تحمل الحرارة تنظيم إنتاج الحرارة من خلال التغيرات في تراكيز هرمونات الغدة الدرقية وبخاصة  $T_3$ . تشير القدرة على خفض محتوى البلازما من  $T_3$  بشكل خاص ولاسيما في أثناء الإجهاد الحراري إلى التحسن في القدرة على التحمل الحراري (Yahav وزملاؤه، 2004a؛ Raghebian وزملاؤه، 2016).

يُعدّ  $T_4$  طليعة هرمون، إذ تتم إزالة اليود منه ليتحول إلى الشكل النشط  $T_3$ . يُنظم توافر  $T_3$  عن طريق بروتينات نقل هرمونات الغدة الدرقية وكذلك عن طريق أنزيم نازعة يود اليودوثيرونين iodothyronine deiodinases، والذي يحفز تحويل  $T_4$  إلى  $T_3$  (Williams و Bassett، 2011). أظهرت الدراسات السابقة على تركيز  $T_3$  في البلازما، أنه من الصعب التوصل إلى توافق في الرأي في ظل ظروف درجات الحرارة المرتفعة سواء من أجل الزيادة (Elnagar وزملاؤه، 2010) أو الانخفاض (Attia وزملاؤه، 2016) أو بدون تغيير (Mack وزملاؤه، 2013؛ Xie وزملاؤه، 2015؛ Wan وزملاؤه، 2017a). أفادت دراسات أخرى أن أنزيم ناقلة أمين الآلانين alanine aminotransferase (ALT) وأنزيم ناقلة أمين الأسبارتات aspartate aminotransferase (AST) قد ازدادت في الطيور التي تعرضت للإجهاد الحراري (Hosseini-Vashan وزملاؤه، 2016؛ Wan وزملاؤه، 2017b). تُعدّ الأنشطة المرتفعة لـ ALT و AST في بلازما الدم مؤشرات لحدوث أذية في الكبد (Nyblom وزملاؤه،

(2004)، لذا، قد تصاحب الطيور التي تعاني من اضطرابات الغدد الصماء تلفاً في الكبد تحت ظروف الإجهاد الحراري.

### - التغيرات في تركيز الأيونات في البلازما

تعتمد الوظائف الطبيعية للأنسجة على استقرار الأسمولية الكلية للسوائل داخل وخارج الخلية. يختلف تركيز البلازما من الأيونات عادة ضمن نطاق ضيق، الأيونات الرئيسية في البلازما هي الصوديوم والكلوريد والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفات والكبريتات والمغنيزيوم. تؤدي هذه الأيونات والبروتينات في البلازما دوراً رئيساً في تأسيس التوازن الأسموزي بين البلازما والسوائل الأخرى في الخلايا، ويمكن أن يسبب التغير الكبير في التركيز اضطرابات خطيرة في الخلايا. كما أن تركيز الأيونات الرئيسية مهم أيضاً في تحديد pH سوائل الجسم.

يرتبط ارتفاع درجة حرارة الجسم إلى 44.5-45° س عن طريق تعريض الدجاج إلى درجة حرارة محيطية 41° س مع زيادة الصوديوم والكلوريد في البلازما وانخفاض البوتاسيوم والفوسفات (Ait-Boulahsen وزملاؤه، 1989). مع ذلك، لم ينتج عن الإجهاد الحراري (35-45° س لمدة 10-12 ساعة) أي تغيرات كبيرة في تركيز كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكالسيوم، أو في الأسمولية في الدم، وذلك على الرغم من انخفاض فوسفات البلازما.

سوف يُقتصر فيما يلي على أهمية القشرانيات السكرية وبخاصة الكورتيكوستيرون في استجابة الطيور لعوامل الإجهاد، كونها الناتج النهائي لتكامل المؤثرات البيئية التي تبتدئ فعالية محور HPA، وتعد بالتالي محولات للمسببات البيئية وتنظم العمليات الفيزيولوجية والسلوكية الملائمة للتخفيف إلى الحد الأدنى من التأثيرات البيئية. تجدر الإشارة إلى أن فعل الستيروئيدات القشرانية عند الطيور غاية في التعقيد - وقد يكون في بعض الأحيان متناقضاً - وذلك اعتماداً على النوع والجنس والمرحلة التطورية والمأوى والتغيرات البيئية.

## 2- المشاركة الهرمونية في التنظيم الحراري

### 2-1- الغدة النخامية

#### 2-1-1. البنية التشريحية للغدة النخامية

تقع الغدة النخامية Pituitary Gland في قاعدة الدماغ، وهي غدة صغيرة تتصل بمنطقة ما تحت المهاد (الوطاء) وتتصل فيزيولوجياً إلى جزئين متميزين: الفص الأمامي للغدة النخامية (النخامية الغدية adenohypophysis) والفص الخلفي للغدة النخامية (النخامية العصبية neurohypophysis)، ينشأ كل منهما من منطقة جنينية مختلفة. في الثدييات، تتكون النخامية الغدية من الجزء القاصي والجزء المتوسط والجزء الحديبي، أما عند الطيور يغيب الجزء المتوسط، وبالتالي تتألف النخامة الغدية عند الطيور من الجزء القاصي (الفص الأمامي للغدة النخامية) الذي يقسم إلى فصوص رأسية وذنبية (Ritchie و Pilny، 2008؛ Scanes، 2015a - ص: 498). تتكون النخامية العصبية من الجزء العصبى (الفص الخلفي للغدة النخامية) والسُّوَيْقَةُ القِمْعِيَّةُ لِلْوَطاء (قِمْعُ الْوَطاء infundibulum hypothalamus) والْبَارِزَةُ الْأُنْسِيَّةُ (لِلْوَطاء median eminence). يشكل الجزء القاصي معظم حجم النخامية الغدية ويقع في بطين النخامية العصبية.

#### 2-1-2. هرمونات الغدة النخامية

تُفرز الغدة النخامية ستة هرمونات ضرورية للجسم تؤدي جميعها دوراً رئيساً في وظيفة الاستقلاب الغذائي في جميع أنحاء الجسم، تُقسم هذه الهرمونات إلى: 1- نوعين منفصلين من الهرمونات الجنسية وهما الهرمون المنشط للجريب FSH والهرمون الملوتن LH، 2- هرمون النمو GH، 3- الهرمون الموجه للدرقية thyrotropin، 4- هرمون البرولاكتين PRL، 5- الهرمون الموجه لقشرة الكظر ACTH. تتكون النخامية العصبية من النهايات العصبية (المطراف العصبية)، كما تُفرز اثنين من الهرمونات المهمة وهي الميسوتوسين والأرجينين فاسوتوسين (arginine vasotocin (AVT). يتم إفراز هذين الهرمونين من

عصبونات إفرازية منفصلة، وتقع أجسامها الخلوية في مناطق متداخلة داخل الوطاء. يُعد هرموني AVT والميسوتوسين نواقل ترتبط بالبروتينات الناقلة ثم يتم تخزينها في الفص العصبي حتى إفرازها (Scanes، 2015a - ص: 498).

## 2-2- الغدة الكظرية

### 2-2-1. البنية التشريحية

تتكون الغدة الكظرية adrenal gland في الطيور من أعضاء متصلة مع بعضها، وهي عبارة عن قسمين أيمن وأيسر يتألف كل قسم من غدد صغيرة الحجم، وعلى الرغم من شكلها البيضاوي المسطح بشكل عام إلا أنه يمكن أن يكون متغيراً بشكل كبير، وهي صفراء اللون تقع أمام ووسط الفص الرأسي للكلى (الناحية الرأسية للكلية) (De Matos، 2008؛ Ritchie و Pilny، 2008). تقع الغدد بالقرب من بعضها البعض وقد تكون ملتحمة في بعض الأنواع مثل طائر الروحاء rhea. قد تظهر لدى ذكور العديد من الأنواع ظاهرة تذييل البربخ appendix epididymis والذي يمتد من البربخ إلى الغدة الكظرية، أو قد تتواجد الأنسجة الكظرية داخل البربخ (De Matos، 2008).

تستقبل الغدة الكظرية الدم الشرياني من شرايين الكلية القحفية وأحياناً من الشريان الأبهر، وتحتوي كل غدة على وريد كظري منفرد الذي يصب في الوريد الأجوف الخلفي (الذيلي). بالمقابل، تستقبل كل غدة في الدجاج واحد أو اثنين من الأوعية اللمفاوية (Carsia، 2015 - ص: 577).

تتركز الخلايا أليفة الكروم chromaffin cells بشكل مركزي في الغدة وتتجمع في عناقيد clusters تتكون كل مجموعة من 10-12 خلية كرومية أو أكثر، يُعَصَّب كل منها بحزمة عصبية واحدة كما في الثدييات على الرغم من أن المجموعات في الطيور لا تندمج لتصبح لباً كظرياً واحداً. قد تتشابه نهاية عصبية واحدة مع ما يصل إلى ثلاث خلايا كرومية من نفس النوع، على سبيل المثال، خلايا نورأبينفرين norepinephrine - NE أو الأبينفرين epinephrine والخلايا أليفة الكروم. تُعَصَّب الألياف

الوديّة قبل وما بعد العقد Preganglionic and postganglionic sympathetic fibers الخلايا الكرومية (Carsia، 2015 - ص:577). يقترح بعض الباحثين بأنه كما هو الحال في الثدييات فإن الغدة الكظرية عند الطيور تُعَصَّب من الألياف نظيرة الوديّة أيضاً parasymphathetic fibers، التي من المفترض أنها من العصب المبهم vagus nerve عبر الضفيرة البطنية (Carsia) celiac plexus و Harvey، 2000؛ Ritchie و Pilny، 2008). في الواقع، تستقبل الأوعية الدموية في الغدة كل من النهايات الكولينية والأدرينالية، وتظهر النهايات المشبكية بالقرب من خلايا قشرة الكظر ولكن نادراً ما تشكل روابط مباشرة. تحتوي الغدة الكظرية في الطيور نوعين من خلايا الكرومافين: الأول يقوم بتحرير الأدرينالين والثاني يُحرر النورأدرينالين، مع اختلاف النسب لكل نوع من الخلايا تبعاً لاختلاف النوع (Carsia، 2015 - ص:577).

## 2-2-2. التشريح المجهرى

يتكون النسيج البرانشيمي للغدة الكظرية في الطيور من مزيج من نسيج قشرة الكظر adrenocortical والخلايا أليفة الكروم التي تميل إلى أن تكون أكثر مركزية في الغدة إذ تقوم بتغذية الأوعية الدموية بشكل خاص، بعكس المناطق النسيجية المتميزة للقشرة الخارجية واللب الداخلي الموجودة في الغدة الكظرية للثدييات. تتكون أنسجة قشرة الكظر والكرومافين من 58% و 42% من البرانشيم على التوالي. في الواقع، كانت نسبة خلايا قشرة الكظر والخلايا الكرومية 60 و 40% على التوالي من إجمالي الخلايا الكظرية المعزولة السليمة المهضومة بالكولاجيناز collagenase digestion التي عُزلت من الدجاج (Carsia و Harvey، 2000 - ص:490).

تبعاً للدراسات البنيوية الدقيقة والكيميائية الخلوية، يوجد نوعان من الخلايا أليفة الكروم في الغدة الكظرية عند الدجاج تُفرزان إما النورأبينفرين (NE) أو الأبينفرين (E)، وتختلف نسبة كل منهما تبعاً لنوع الطائر. تكون نسبة الخلايا أليفة الكروم المفرز للأبينفرين 70% في الدجاج المستأنس، وتختلف هذه النسبة تبعاً للعمر ضمن النوع. تختلف أحجام الحويصلات المفرزة داخل الخلايا أليفة الكروم، إذ تميل

حوصلات NE إلى أن تكون أكبر من حوصلات E. تنسق الخلايا الكرومية NE في موقعها في محيط مجموعات الخلايا الكرومية، بينما تكون الخلايا الكرومية E أكثر مركزية (Carsia، 2015 - ص:579).

تترتب خلايا قشرة الكظر على شكل حبال مكونة من صف مزدوج من الخلايا التي تخرج من مركز الغدة وتشكل عروة لتتفرع وتتفاغر بشكل متكرر بشكل مواجه للسطح الداخلي لمحفظة النسيج الضام، وفي المحيط تلتف على السطح الداخلي لمحفظة النسيج الضام. يتكون كل حبل من صفين مزدوجين من خلايا قشرة الكظر التي تتوجه بمحاورها الطويلة المتعامدة مع الحبل. بشكل عام، مع بعض التباينات داخل الطبقة، فإن النواة تقع بشكل غير مركزي وتكون باتجاه الصفيحة القاعدية الشاذة لمحور الحبل. تكون الخلايا الموجودة في محيط الغدة كبيرة وثنائية النواة وملينة بالقطيرات الدهنية، بينما تميل الخلايا الأقرب إلى مركز الغدة إلى أن تكون أصغر وأكثر استطالة وتحتوي كمية أقل من الدهون (Carsia، 2015 - ص:579).

ينتج عن ترتيب أنواع محددة من الخلايا على طول الحبال في بعض المناطق الهيكلية والوظيفية تكوين منطقتين: منطقة تحت المحفظة التي تشابه منطقة خلايا الكبيبات في الثدييات، ومنطقة داخلية أكثر اتساعاً، تشابه المنطقة الحزمية/الشبكية عند الثدييات. يظهر هذا التقسيم عند البط والدجاج والبعج البني ويكون أكثر وضوحاً عندما يتم تثبيته أو تثبيط موجات القشرة. تُنتج خلايا منطقة تحت المحفظة كميات أكبر من الألدوستيرون مقارنة بالكورتيكوستيرون استجابة للهرمون الموجه لقشرة الكظر ACTH المفرز من الغدة النخامية، وتُنتج الألدوستيرون بشكل خاص استجابة للأنجيوتنسين 2 (عديد ببتيدي رافع للضغط) (angiotensin II). في المقابل، تُنتج خلايا المنطقة الداخلية كميات أكبر من الكورتيكوستيرون مقارنة بالألدوستيرون استجابة لـ ACTH، أيضاً تُعد خلايا المنطقة الداخلية أكثر حساسية واستجابة لتثبيته هرمون ACTH من خلايا منطقة تحت المحفظة (Carsia، 2015 - ص:581).

### 2-2-3. فيزيولوجيا قشرة الكظر

#### - هرمونات قشرة الكظر

يمكن تقسيم الهرمونات الستيرويدية steroid hormones عند الثدييات إلى 5 مجموعات تبعاً للمستقبلات التي ترتبط بها: القشرانيات السكرية، والقشرانيات المعدنية (mineralocorticoids (MCs، والأندروجينات، والاستروجينات، والمركبات بروجيستروجينية المفعول. يتم تخليق الهرمونات الستيرويدية الطبيعية بشكل عام من الكوليسترول في الغدد التناسلية والغدد الكظرية. تُعد القشرانيات الستيرويدية (القشرانيات السكرية والقشرانيات المعدنية) فئة من الهرمونات الستيرويدية التي تفرز من قشرة الكظر، تشارك على نطاق واسع مع الأنظمة الفيزيولوجية مثل الاستجابة للإجهاد والاستجابة المناعية والاستقلاب الغذائي للكربوهيدرات وتقويض البروتين ومستويات كهارل الدم والسلوك. يتوسط محور الوطاء-الغدة النخامية-الغدة الكظرية HPA إفراز وتحرير الستيرويدات القشرانية (corticosteroids (CSs من الغدة الكظرية. يختلف نظام محور HPA في الطيور تشريحياً ووظيفياً عن الثدييات، مع وجود الكورتيكوستيرون مثل الهرمون القشري السكري الرئيس والألدوستيرون الذي يُنتج بكميات قليلة فقط. نتيجة لذلك، من المتوقع أن الاستجابة للستيرويدات القشرانية داخلية وخارجية المنشأ في الطيور ستختلف عن استجابتها في الثدييات (Carsia و Harvey، 2000؛ De Matos، 2008).

#### - نواتج إفراز الكورتيكوستيرويدات (الستيرويدات القشرانية)

تتمثل الوظيفة الرئيسة لخلايا قشرة الكظر في الطيور في إنتاج هرمونات القشرانيات السكرية وهرمونات القشرانيات المعدنية. يُعد هرمون الكورتيكوستيرون الهرمون القشري السكري الرئيس المفرز من الغدة الكظرية للطيور وهو أهم هرمون قشري يُنتج في الطيور البالغة، على النقيض من الغدة الكظرية في الثدييات التي تفرز الكورتيزول أكثر بحوالي ثلاث إلى أربع مرات من الكورتيكوستيرون (Carsia، 2015 - ص: 582). يحفز الإجهاد الحراري على إفرازه من قشرة الكظر عند أنواع طيرية كثيرة كالدجاج والحبس

والحمام، كما يؤدي الإجهاد الحراري على زيادة اتساع الكظر عند البط والفري، وقد لوحظت مستويات متزايدة من الكورتيكوستيرون في حالات التوتر وعند التعرض للجو البارد.

يُنتج الألدوستيرون القشراني المعدني بكميات أقل بكثير في الطيور الناضجة. اقترحت الدراسات المخبرية المطبقة على نسيج الغدة الكظرية للدجاج ونسيج الغدة الكظرية والخلايا المعزولة من قشرة الكظر عند البط والدجاج والرومي أن نسبة إفراز الألدوستيرون إلى الكورتيكوستيرون حوالي 1:19 مع الأخذ بالحسبان الإجهادات المتنوعة في أثناء جمع العينات ونصف العمر الحيوي، ولم يكن من المستغرب أن معدل نسبة الألدوستيرون الأساسي الجائل إلى الكورتيكوستيرون حوالي 1:175 في الطيور الناضجة (الجدول 1).

**الجدول 1؛ التراكيز القاعدية لكل من الكورتيكوستيرون والألدوستيرون في بلازما دم بعض أنواع الطيور التابعة لرتبة الدجاجيات ورتبة الإوزيات والتي تم تحديدها باستخدام تقانة المقايسة المناعية**

| النوع          | العمر         | كورتيكوستيرون (ng/ml) | ألدوستيرون (pg/ml) |
|----------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| رتبة الدجاجيات | الفقس         | 11                    | 33                 |
|                | البلوغ الجنسي | 11                    | 46                 |
|                | النضج الجنسي  | 2                     | 19                 |
| رتبة الإوزيات  | الفقس         | 16                    | 345                |
|                | البلوغ الجنسي | 8                     | 308                |
|                | النضج الجنسي  | 18                    | 60                 |

المصدر: Carsia، 2015 - ص: 582

تميل التراكيز الجائلة لكلا الهرمونين لتكون أعلى في الطيور الأصغر سناً مقارنة بالتراكيز عند الطيور البالغة، ربما تعود هذه النسب إلى الاختلاف في الإجهاد عند أخذ العينة ونصف عمر الستيرويدات

القشرانية الجائلة في الطيور. أفادت بعض الدراسات السابقة أن متوسط نصف العمر الحيوي للتركيز الجائلة للكورتيكوستيرون والألدوستيرون متشابه وكان حوالي 15 و 13 دقيقة على التوالي، مع ذلك، فقد أظهرت بعض الدراسات الأحدث أن نصف العمر الحيوي كان أقل وهو ربما 8 إلى 9 دقائق (Carsia، 2015 - ص: 582).

تجدر الإشارة إلى أن الستيرويدات الأخرى يتم تصنيعها وإفرازها بكميات كبيرة من الغدة الكظرية للطيور ولاسيما في المراحل الجنينية وفترة ما بعد الفقس، تشمل هذه الستيرويدات كل من الكورتيزول والكورتيزون والستيرويدات الجنسية مثل التستوستيرون والاستراديول (Carsia، 2015 - ص: 583). إن الأهمية الفيزيولوجية لظهور وتراجع هذه القشرانيات السكرية غير واضحة تماماً، ولكن قد تعكس فعاليتها المتباينة للعمل أو الحساسية المتباينة لتطور ونضج الأنسجة المستهدفة. تُعد الغدة الكظرية في المرحلة الجنينية مصدراً أكثر أهمية لإنتاج لهرمون التستوستيرون وربما الاستراديول من المبيض أو الخصيتين (De Matos، 2008). في الواقع، قد تكون الغدة الكظرية مصدراً أكثر أهمية لهرمون التستوستيرون من الغدة التناسلية عند جنين الدجاج، كما أن الغدة الكظرية عند الإناث تُفرز هرمون التستوستيرون بشكل أكبر من الغدة الكظرية للذكور. إلى جانب النشاط الستيرويدي الجنسي الأكبر للمبيض، قد يتشكل محور الغدة الكظرية-المبيض المهم للمستويات العالية من الاستراديول الجائل اللازم للاستئناسات (feminization (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 493). يتناقص إنتاج هذه الستيرويدات الإضافية من الغدة الكظرية في الطيور بشكل متسارع بعد الفقس، مع ذلك، فقد أبلغت بعض الدراسات عن تراكيز قابلة للقياس في البلازما من الكورتيزول في بعض أنواع الطيور (De Matos، 2008).

### - تخليق القشرانيات السكرية

يتم تخليق الهرمونات الستيرويدية القشرانية بيولوجياً من الكوليسترول المخزن (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 493). تشبه مسارات تخليق القشرانيات السكرية في الطيور إلى حد كبير تلك في الثدييات التي تشتمل في الغالب على أنزيمات السيتوكروم (P-450 cytochrome P-450 enzymes).

المشابهة إلى حد كبير الأنزيمات المقابلة في الثدييات (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 493؛ De Matos، 2008)، مع ذلك، لم يتم تحديد الهياكل الجزيئية لأنزيمات الطيور بعد (Hess، 2002). تحتوي خلايا قشرة الكظر في الطيور على الكوليسترول وقطرات دهنية غنية باللاستر مشتقة في البداية من البروتينات الدهنية في البلازما. تقوم أنزيمات P-450 المرتبطة بالغشاء في المتقدرات والشبكة الإندوبلازمية الملساء بتجميع الكوليسترول الحر لتخليق الستيرويدات داخل خلايا قشرة الكظر إذ ترتبط بروتينات النقل بوسائط الستيرويد المحددة (الموجودة في قطرات الدهون) لنقلها بين المتقدرات والأغشية الشبكية الملساء. أظهرت الدراسات المجراة على خلايا قشرة الكظر في الطيور أن نشاط القشرانيات يختلف باختلاف النوع والعمر (Hess، 2002).

#### - نقل الستيرويدات القشرانية

يُنقل هرمون الكورتيكوستيرون في الطيور عبر الدم بشكل مرتبط لنوعين محددين من بروتينات البلازما: 1-ترانزكورتين transcortin أو الغلوبولين المرتبط بالستيرويد القشري corticosteroid-binding globulin (CBG) وهو بروتين ربط محدد، ذو ألفة كبيرة وقدرة ترابطية منخفضة، 2- الألبومين الذي يملك ألفة قليلة وقدرة ترابطية عالية غير محددة (Carsia، 2015 - ص: 586). يتأثر تركيز هذه البروتينات الناقلة بالعديد من العوامل مثل هرمون الغدة الدرقية التيروكسين والتستوستيرون واستئصال الغدة النخامية hypophysectomy، وكلها تسبب انخفاضاً في تركيز CBG (Carsia، 2015 - ص: 587). يتم التحكم جزئياً بمستوى الكورتيكوستيرون الجائل عن طريق ارتباطه بهذه البروتينات، فعند الارتباط ينخفض الكورتيكوستيرون المتاح للخلايا الهدف وتحد من طرح الكلوي والكبد. على الرغم من ذلك، يبدو أن الخلايا المستهدفة للقشرانيات السكرية تكون قادرة على الارتباط بشكل انتقائي بالـ CBG لتعزيز التوافر البيولوجي ونشاط الستيرويد. قد تعبر مستويات مختلفة من البروتينات المرتبطة بالستيرويد أنسجة مختلفة، ما قد يُفسر الاختلافات في نشاط الستيرويد بين هذه الأنسجة. أيضاً، إن الاختلاف في التعبير عن الأشكال الإسوية لـ CBG ذات الخصائص/الألفة المختلفة للكورتيزول والكورتيكوستيرون

ومستقلبات القشرانيات السكرية الأخرى يمكن أن يُفسر نمط التحول لإفراز مستقلبات القشرانيات السكرية من الغدة الكظرية خلال مراحل التطور الجنيني والنمو والنضج (Carsia، 2015 - ص: 587).

#### - التراكيز الجائلة من الكورتيكوستيرون والألدوستيرون

يتم قياس تركيز الكورتيكوستيرون في نطاق نانوغرام لكل ميليلتر (ng/mL) بينما يتم قياس تركيز الألدوستيرون في نطاق بيكوغرام لكل ميليلتر (pg/mL). تميل التراكيز للانخفاض من عمر الفقس وحتى النضج الجنسي، ويفسر ذلك نتيجة انخفاض الوزن النسبي للغدة الكظرية مع التقدم بالعمر، فضلاً عن انخفاض حساسية الغدة الكظرية والقدرة القصوى للستيرويدات مع بداية العمر (Carsia، 2015 - ص: 587).

#### - إفراز وتصفية واستقلاب الكورتيكوستيرون والألدوستيرون

يتم الحفاظ على تراكيز الكورتيكوستيرون في الدم من خلال التوازن الديناميكي لإفراز الغدة الكظرية وتصفية نواتج الاستقلاب الغذائي metabolic clearance عن طريق الكبد والكلية. يكون الممر عبر الغشائي للستيرويدات القشرانية سريعاً لجميع الخلايا (تقريباً 4-10 سم/ثانية)، ما يسهل من التصفية السريعة والاستقلاب الغذائي في الخلايا المستهدفة مثل الكلية والكبد. يبلغ متوسط نصف العمر الحيوي ( $t_{1/2}$ ) لكل من هرمون الكورتيكوستيرون والألدوستيرون حوالي 15 و 13 دقيقة على التوالي في مختلف أنواع الطيور، مع ذلك فإن هذه المتوسطات لا تعكس الاختلافات في الأنواع بشكل دقيق (الجدول 2). في البط على سبيل المثال، يكون نصف العمر الحيوي للكورتيكوستيرون والألدوستيرون حوالي 8 و 6 دقائق على التوالي، ويزداد في حال استئصال النخامية الغدية من ثلاثة إلى ثمانية أضعاف ما يشير إلى انخفاض كبير في التصفية الاستقلابية (Carsia، 2015 - ص: 587).

الجدول 2؛ ديناميكية إفراز وتصفية الستيرويدات القشرانية

| النوع                | نصف العمر<br>الحيوي (min) | معدل التصفية<br>الإستقلابية<br>(ml/min/kg) | معدل الإفراز<br>(µg/min/kg) |
|----------------------|---------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>كورتيكوستيرون</b> |                           |                                            |                             |
| الدجاج               | 22                        | –                                          | –                           |
| الدجاج               | 8                         | 10.5                                       | 0.4                         |
| البط                 | 11.2                      | 44.6                                       | 1.03                        |
| الفري الياباني       | 10                        | –                                          | –                           |
| الحمام               | 18.4                      | –                                          | –                           |
| <b>ألدوستيرون</b>    |                           |                                            |                             |
| البط                 | 12.6                      | 87.1                                       | 0.2                         |

المصدر: Carsia و Harvey، 2000 – ص: 497

يختلف حجم الكورتيكوستيرون الموزع باختلاف الحالة الفيزيولوجية للطيور، إذ تزداد عند استئصال الغدة النخامية وزيادة الحمل الملحي saline-loaded عند البط. بشكل مماثل، فإن معدل التصفية الاستقلابية للكورتيكوستيرون يختلف باختلاف الحالة الفيزيولوجية، إذ ينخفض مع التقدم في العمر واستئصال الغدة الدرقية. ناهيك عن زيادة واضحة بنسبة 85% عند الدجاج المغذى على خلطة علفية مقننة البروتين، وهو ما يترجم إلى زيادة في معدل الإفراز بمعدل أربعة أضعاف (Hess، 2002؛ De Matos، 2008)، ويتم تسهيل التخلص من الدورة الدموية عن طريق الارتباط داخل الخلايا والاحتجاز sequestration والاستقلاب الغذائي في نهاية المطاف بشكل رئيس في الكبد. تشمل أنزيمات الاستقلاب على أنزيم مختزلة الألفا-5 ( $5\alpha$ -reductases) الذي يحول الكورتيكوستيرون بشكل محتمل إلى مستقبات غير نشطة مثل 11-Dehydrocorticosterone (11-DHC) و  $5\alpha$ -tetrahydrocorticosterone ( $5\alpha$ -THB) وهو الشكل الفعال لـ  $5\alpha$ -reductase (أنزيم يشارك في عملية الاستقلاب الغذائي الستيرويدي) الذي يبدو أنه يزداد تحت ظروف الإجهاد الحاد (Carsia، 2000 – ص: 588).

## 2-2-4. تأثير الستيرويدات القشرانية في الاستقلاب الآني

### - القشرانيات السكرية واستقلاب الجلوكوز

يتم تحرير القشرانيات السكرية بوصفها استجابة جيدة للإجهاد الحراري في مجموعة متنوعة من الأنواع الحيوانية، يُعدّ الكورتيكوستيرون أكثر أنواع القشرانيات السكرية شيوعاً عند الطيور (Remage-healey و Romero، 2001) على الرغم من أن الوظيفة الدقيقة للكورتيكوستيرون بوصفه استجابة للإجهاد الطيور لا تزال غير واضحة.

نظراً لكون محور HPA جزءاً من نظام أشمل يقوم بتنظيم انسياب الطاقة وتوزيعها، فإن الفعل النهائي للستيرويدات القشرانية يكمن في المحافظة على تراكيز الجلوكوز الجائلة في الدورة الدموية، وبهذا الخصوص أشارت دراسة على الطيور أن الستيرويدات القشرانية تمارس تأثيراً كبيراً في استقلاب السكريات والبروتينات والدهون (Scanes، 2015c - ص: 421). ونتيجة لذلك، يمكن أن يؤدي استمرار ارتفاع تركيز القشرانيات السكرية إلى انخفاض وزن الجسم.

ينتج عن فعل القشرانيات السكرية على الأغلب تقويض البروتين (Scanes، 2015b - ص: 456)، إذ تدخل الحموض الأمينية دورة حمض الليمون لتكون مصدراً للطاقة، كما تحولها إلى مواضع في الكبد والكلية ويحتمل في الأمعاء (Watford، 2005) من أجل استحداث الجلوكوز gluconeogenesis للمحافظة على مستوى كافٍ منه. وإذا إن العضلات تعد أكبر مخازن للبروتين، فيُتوقع توقع حدوث انخفاضٍ في وزنها، ويعد زيادة حمض البول أفضل مؤشر عن تقويض البروتين.

يُعدّ استقلاب ركائز الطاقة أحد أهم الإجراءات المصاحبة لإفراز الكورتيكوستيرون في الطيور، ولاسيما في أثناء الظروف المجهدة. تُبَيَّن أن القشرانيات السكرية تثبط امتصاص الجلوكوز في أنسجة الأمعاء. تحدث غالبية عمليات استقلاب الجلوكوز الناتجة عن تحفيز القشرانيات السكرية في خلايا الكبد. أيضاً، الأنسجة الدهنية موقع لتحلل الدهون المعزز بالقشرانيات السكرية، ما ينتج عنه زيادة في الأحماض

الدهنية في البلازما. يبدو أن القشرانيات السكرية تقوم من خلال ذلك بإطلاق مخازن الطاقة لمساعدة الحيوان على التعامل مع المنبهات المجهدة، أو التعافي من فترة الإجهاد الحاد، أو الاستعداد لإجهادات مقبلة (Romero و Ramage-healey، 2001).

تم تصنيف الكورتيكوستيرون أيضاً على أنه هرمون مناهض رئيس لوظائف الأنسولين، الهرمون الرئيس المسؤول عن تنظيم الغلوكوز في جميع أنحاء الجسم. لقد انتشر على نطاق واسع أن القشرانيات السكرية والأنسولين تعمل بشكل متعاكس لتوازن الطاقة في النماذج الحيوانية الثديية التقليدية. في الجرذان على سبيل المثال، تحفز القشرانيات السكرية التي تعطى مركزياً إلى تحفيز فرط الأكل hyperphagia، بينما يثبط الأنسولين تناول الطعام (Strack وزملاؤه، 1995 ; Romero و Ramage-healey، 2001). كما أنه دليل على أن القشرانيات السكرية تتأهض عمل الأنسولين في الأنسجة إذ يقوم الأنسولين بإجراءات التخزين الرئيسة (الخلايا الكبدية، الخلايا الشحمية، الأنسجة العضلية) وذلك من خلال التأثير المعاكس لاستقلاب السكريات بهدف زيادة مستويات الغلوكوز في البلازما (Dallman وزملاؤه، 1993 ; Strack وزملاؤه، 1995 ; Romero و Ramage-healey، 2001). مع ذلك، لا يزال التضاد بين الأنسولين والكورتيكوستيرون على مستوى الغلوكوز في البلازما غير معروف بشكل كامل عند الطيور.

### - القشرانيات السكرية واستقلاب الدهون

هناك دلالات تقول بأن الدهون قد تكون مصدراً للطاقة أكثر أهمية من الغلوكوز في الطيور، ولا سيما في أثناء الهجرة والصيام (Totzke وزملاؤه، 1997 ; Klasing، 1998 ; Ramage-healey و Romero، 2001). ينخفض استهلاك الغذاء عندما ترتفع نسبة الدهون في البلازما عند الطيور، لكن التغذية غير حساسة للتغيرات التي تطرأ على مستويات الغلوكوز في البلازما. نظراً لأن الدهون تنتج ضعف الطاقة والماء لكل غرام مقارنة بالسكريات، فإن هذا الأداء للدهون يُعدّ ركيزة الطاقة الرئيسة والأكثر اقتصادية بكثير للكائن الحي الذي يتأقلم مع الطيران (Romero و Ramage-healey، 2001).

تؤثر القشرانيات السكرية في استقلاب الدهون (Scanes، 2009) للمحافظة على مستويات ملائمة من الجلوكوز الجائل في الدم ولتكون مصدراً بديلاً للطاقة، كما أنها تخفض من استفادة العديد من الأنسجة من الجلوكوز وبخاصة النسيج الدهني (الصالح، 2017). وهذا يؤدي إلى تحلل جزئي للأنسجة الدهنية، كما أنه يكبت بدرجة كبيرة إعادة أسترة الحموض الدهنية الحرة التي يستخدم بعضها مصدراً للطاقة من خلال دخوله دورة حمض الليمون ضمن النسيج الدهني وبعضها يحرر إلى الدورة الدموية.

يتم تحرير القشرانيات السكرية في أثناء إجهاد استقلاب الدهون من الأنسجة الدهنية، ما يدعم استقلاب السكريات. تُقسم الشحوم الثلاثية المخزنة إلى أحماض دهنية غير مُؤسَّرة nonesterified fatty acids (NEFAs)، التي يمكن معالجتها عن طريق الكبد والأنسجة الأخرى لتخليق ATP. بهذه الطريقة، تؤدي زيادة محتوى البلازما من NEFAs إلى انخفاض مستويات الغليسيريدات الثلاثية في البلازما. يؤدي إعطاء الطيور هرمون ACTH إلى رفع مستويات الكورتيكوستيرون وبالتالي زيادة NEFAs في البلازما. يسبب كل من هرمون ACTH و الديكساميتازون (مركب لتخليق القشرانيات السكرية) زيادة NEFAs في البلازما في الفري الياباني (Bray، 1993؛ Romero و Ramage-healey، 2001)، وبالتالي فإنه دليل على أن فرط شحوم الدم hyperlipidemia الناتج عن الإجهاد يكون عاملاً قهرياً.

#### - القشرانيات السكرية ونشاط ليباز البروتين الدهني

قد يزيد تأثير القشرانيات السكرية على ليباز البروتين الدهني (Lipoprotein lipase (LPL من توافر وامتصاص الأحماض الدهنية في الأنسجة، فضلاً عن زيادة توافر الأحماض الدهنية من خلال زيادة المدخول الغذائي للأطعمة عالية المحتوى من الطاقة والدهون. يدور ثلاثي أسيل الغليسيرول في الدم بوصفه مكوناً إما من بروتينات دهنية منخفضة الكثافة جداً (very low density lipoprotein (VLDLs أو الكيلوميكرونات (chylomicrons (ultra-low-density lipoproteins (ULDL التي تُعدّ أخف كثافة من VLDLs. يُعد ليباز البروتين الدهني عبارة عن أنزيم يحلل الشحوم الثلاثية داخل هذه المجمعات ويسمح بتحرير الأحماض الدهنية التي يتم التقاطها من قبل الأنسجة المحيطة لاستخدامها أو تخزينها

بمجرد تحريرها. يزداد ليباز البروتين الدهني في النسيج الدهني في حالة التغذية بهدف تعزيز الامتصاص أو التخزين، بينما يظهر العكس في حالة التصويم (Pecketta وزملاؤه، 2011). من المتوقع أن الزيادة في ليباز البروتين الدهني قد تزيد من زيادة امتصاص الأحماض الدهنية وتخزينها في الخلايا الدهنية. تزيد القشرانيات السكرية من نشاط ليباز البروتين الدهني إما من خلال زيادة النسخ أو تعديلات ما بعد الترجمة مثل زيادة التنشيط أو تقليل التدرك degradation. قد تسبب القشرانيات السكرية زيادة كبيرة في نشاط ليباز البروتين الدهني في الدهن الثري omental fat خاصة عند الرجال (في الإنسان) (Fried وزملاؤه، 1998)، مما يعني أن زيادة معدل الأحماض الدهنية قد تكون متاحة للامتصاص في المنطقة الحشوية، ويمكن أن تساعد في تفسير تراكم الدهون الذي يظهر في هذا المدخر بشكل إفرادي مع مستويات مرتفعة من القشرانيات السكرية. يبدو أن الكاتيكولامينات تعمل بطريقة معاكسة، إذ تحافظ على وظائفها التقويمية من خلال التسبب في تقليل تعبير ونشاط ليباز البروتين الدهني (Pecketta وزملاؤه، 2011).

### - القشرانيات السكرية وتكون الدهون

تلعب الأنسجة الدهنية دوراً تنظيمياً مهماً في الاستقلاب الغذائي الطبيعي من خلال تخزين وتحرير المركبات عالية الطاقة عندما يحتاجها الجسم. يتم تخزين الطاقة الزائدة داخل الأنسجة الدهنية على شكل شحوم ثلاثية في الأوقات التي يكون فيها الطعام متوفراً ويكون مستوى النشاط البدني منخفضاً، أما عندما يحدث نقص في الطاقة، مثل أثناء التصويم أو ممارسة الرياضة، يتم تحطيم الشحوم الثلاثية وتحرير الأحماض الدهنية FAs والجليسيرول في الدورة الدموية، ما يساعد على توفير المتطلبات المتزايدة من الطاقة للكائن الحي. عادة ما يكون هناك توازن بين هاتين الحالتين، لكن قد يظهر خلل في التنظيم يؤدي إلى فرط في تخزين الدهون داخل الأنسجة الدهنية أو نفاذ مفرط excessive depletion في حالات الهدم. تعد هرمونات الإجهاد أحد المنظمين الرئيسيين لتدفق الطاقة داخل الخلايا الدهنية: القشرانيات السكرية (مثل الكورتيزول في الإنسان والكورتيكوستيرون في الطيور والقوارض) والكاتيكولامينات (مثل

الأدرينالين والنورادرينالين) وفي بعض حالات الإجهاد الشديدة هرمون النمو (Pecketta وزملاؤه، 2011).

### - القشريات السكرية وتخزين الدهون

تُعد الأنسجة الدهنية مكان التخزين الرئيس للطاقة الفائضة والدهون في الجسم، فضلاً عن إمكانية ترسيبها في المواقع غير الدهنية (الكبد والعضلات). تأتي الدهون المخزنة في الأنسجة الدهنية بشكل رئيس من الأحماض الدهنية والشحوم الثلاثية الجائلة في الدم سواء من النظام الغذائي أو من مفرزات الكبد المحللة سابقاً بواسطة ليباز البروتين الدهني. أصبح من المعروف أن القشريات السكرية تزيد من الحصول على الدهون من النظام الغذائي وتزيد من تنظيم نشاط ليباز البروتين الدهني بهدف زيادة المتاح من الأحماض الدهنية. يبدو أن القشريات السكرية قادرة أيضاً على تعزيز إنتاج الدهون من ركائز غير دهنية مثل الجلوكوز، فقد اهتمت الدراسات في التركيز على دور القشريات السكرية في تكوين الدهون في الكبد، ويبدو أنها تزيد من هذه العملية. من المعروف أن الأنسولين معزز لعملية تكوين الدهون، كما أظهر مركب تخليق القشريات السكرية الصناعي (الديكساميثازون) هذه التأثيرات أيضاً (Pecketta وزملاؤه، 2011)، وبالتالي فإن زيادة تكوين الدهون داخل الكبد يؤدي إلى زيادة تخزينها وتحرير البروتينات الدهنية منخفضة الكثافة. إن زيادة تحرير البروتينات الدهنية منخفضة الكثافة يعني أن هناك زيادة في الشحوم الثلاثية في الدورة الدموية التي يجب أن تمتصها الأنسجة الدهنية وإمكانية أكبر لتخزين الدهون. كما أنه يمكن للأنسجة الدهنية أن تقوم بعملية تكوين الدهون بنفسها. في دراسة لتقصي تأثير القشريات السكرية على تكون الدهون داخل الأنسجة الدهنية، لوحظ أن الكورتيكوستيرون (جنباً إلى جنب مع الأنسولين) يزيد من تخليق الدهون بنسبة تصل إلى 66% في الأنسجة الدهنية المستزرعة. مع ذلك، فقد ذكرت دراسات أخرى عن انخفاض ملحوظ في تخليق الأحماض الدهنية والأنزيمات التي تحد من معدل تكوين الدهون في الأنسجة الدهنية للفئران المعالجة بالقشريات السكرية (Pecketta وزملاؤه، 2011).

## 2-5-2. التأثيرات الفيزيولوجية لهرمونات قشرة الكظر

### - تأثير القشرانيات في الاستقلاب

تؤثر الستيرويدات القشرانية الكظرية على عمليات الاستقلاب الغذائي لكل خلية في الجسم تقريباً وينتج عنها تأثيرات مختلفة. تتوسط المستقبلات النووية تأثيرات القشرانيات السكرية (الكورتيكوستيرون والكورتيزول) والقشرانيات المعدنية (mineralocorticoids (MCs) (الألدوستيرون) على الخلايا المستهدفة التي تعمل على تنشيط أو تثبيط مورثات محددة (Hess، 2002). وُجدت مستقبلات القشرانيات في كل من دماغ وكبد وكلية ورئة وأمعاء وعضلات والغدة الصعترية وجراب فابريشيوس والغدة الأنفية للطيور (De Matos، 2008). تعتمد التأثيرات المحددة للقشرانيات في هذه الأنسجة على التنشيط أو التثبيط المورثي، فضلاً عن ذلك، قد يسهم التفاعل بين مستقبلات القشرانيات والغدة الدرقية والستيرويد الجنسي في الأنسجة المستهدفة في تأثيرات هذه الهرمونات في مراحل نمو مختلفة من حياة الطائر. قد تعمل الستيرويدات القشرانية بشكل مباشر على الأنسجة المستهدفة أو قد يتم التحكم بتأثيراته من خلال التفاعل مع الهرمونات الأخرى بما فيها هرمون الغدة الدرقية وهرمون النمو والبرولاكتين والنورأبينفرين والسوماتوميدين. تلعب الستيرويدات القشرانية دوراً رئيساً في الحفاظ على حالة الاستتباب وقوة عضلات القلب والعضلات الهيكلية ونشاط الدماغ وتنظيم الكهارل وتوزيع الحيز المائي، جنباً إلى جنب مع إدارة الاستجابة للإجهاد (De Matos، 2008 ; Carsia، 2015 - ص: 597).

يُعرف الإجهاد بأنه أي منبه كيميائي حيوي أو حسي أو بصري أو انفعالي ذو شدة كافية لإحداث تعديلات كبيرة أو تهديد فقدان حالة الاستتباب، يمكن أن تكون هذه المحفزات التي تتبها وظيفة قشر الكظر إما داخلية (مثل الألم والنزف والخوف وانخفاض حجم الدم وتركيز البوتاسيوم في الدم وتضيق استقلاب الكورتيكوستيرون في الكبد) أو خارجية المنشأ (مثل الضجيج وارتفاع وانخفاض درجات الحرارة وارتفاع كثافة التربة ونقص الماء أو العلف وتحديد البروتين في الخلطة العلفية) (De Matos، 2008). يقوم الكورتيكوستيرون بحماية الكائن الحي من التأثيرات المؤذية للإجهاد من خلال موازنة إنتاج وعمل المواد

النشطة بيولوجياً التي يتم تحريرها خلال فترات الإجهاد، مثل الكاتيكولامينات والبروستاغلاندينات. تزيد القشرانيات من استهلاك الطعام وتقلل من وقت العبور المعدي المعوي gastrointestinal، ما يقلل من النمو ووزن الجسم بسبب زيادة تقويض البروتين العضلي، وتزيد من ترسيب الدهون في الجسم، كما ترفع من تركيز الجلوكوز في البلازما وزيادة تكوين الدهن الكبدي وتحلل الغليكوجين والدهون في الأنسجة (Hess، 2002 ; De Matos، 2008).

ترتبط التأثيرات الرئيسة للستيرويدات القشرانية بعملية الاستقلاب الغذائي والوظيفة المناعية والسلوك وتوازن الكهارل، تم تلخيص هذه التأثيرات في (الجدول 3). تختلف بعض أنواع الطيور عن الثدييات بأن الكورتيكوستيرون يمتلك النشاط القشري السكري والمعدني. على سبيل المثال، ينبه الصوديوم خارج الخلية أو الأنيون المرتبط أو الزيادة في الأسمولية الخارجية الخلوية extracellular osmolality تحرير ACTH متبوعاً بالكورتيكوستيرون في بط المارد الذي تتم رعايته في نظام طليق في مصبات الأنهار الساحلية وبيئات البحيرات القلوية، وسيعمل الكورتيكوستيرون دور القشرانيات المعدنية في الوقت نفسه على ثلاثة أعضاء مستهدفة: الأمعاء الدقيقة والغدد الملحية الأنفية والكلية. أما في الطيور التي لا تملك غدة أنفية، ولا تستطيع تحمل مياه الشرب ذات التناضح المفرط hyperosmotic (كما في معظم الثدييات)، عندها لا يعمل الكورتيكوستيرون بوصفه هرموناً قشرياً معدنياً كما لا يعمل الصوديوم منبهاً لتحرير ACTH. تمتلك ستيرويدات قشرة الكظر تأثيرات مفيدة وضارة للجهاز المناعي (الجدول 3).

تعمل الستيرويدات القشرانية و ACTH بطريقة رد الفعل السلبي لتنظيم والتحكم بإنتاج الأجسام المضادة عن طريق تثبيط نشاط اللمفاويات وتقليل استجابتها للمنبهات. هناك استجابة أقل بكثير للكورتيكوستيرون تجاه المنبهات المستضدية في سلالات الدجاج المصابة بأمراض المناعة الذاتية، مع انخفاض رد الفعل السلبي للكورتيكوستيرون على ACTH، وقد يكون ذلك سبب الاستجابة المناعية المستمرة والواضحة لأمراض المناعة الذاتية (Hudelson و Hudelson، 2006 ; De Matos، 2008). قد تتداخل إدارة القشرانيات في الطيور مع السلوكيات الطبيعية بما في ذلك التكاثر والأقلمة

والرعاية، كما قد تعتمد هذه التأثيرات على كمية الغلوبولين المرتبط بالكورتيزول المتاح وبالتالي مقدار الكورتيكوستيرون المرتبط المتاح للتأثير في الأنسجة المستهدفة (Carsia، 2015 - ص:599).

### الجدول 3؛ التأثيرات الرئيسية للستيرويدات القشرانية

| العملية الحيوية | التأثير                                  | نتيجة التأثير                                         |
|-----------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| الاستقلاب       | زيادة استحداث السكر الكبدي               | فرط سكر الدم وفرط الأنسولينية (مع تكون الدهن الثانوي) |
|                 | انخفاض امتصاص الجلوكوز المحيطي           | بليّة غلوكوزية وبُوال/عُطاش                           |
|                 | زيادة تكوين السكر في الكبد               |                                                       |
|                 | انخفاض تخليق البروتين                    | هزال عضلي، تأخر نمو،                                  |
|                 | زيادة استتفار البروتين                   | خسارة في الوزن                                        |
|                 | زيادة تحلل الدهون المحيطي                | ضخامة الكبد، زيادة محتوى الدم من الكوليسترول والدهون  |
| السلوك          | زيادة استتفار وأكسدة الأحماض الدهنية     | الثلاثية والبروتينات الدهنية مرتفعة الكثافة           |
|                 | تكوين الدهون (نتيجة لفرط الأنسولينية)    | زيادة ترسيب الدهون، بشكل كبير في البطن                |
|                 | زيادة استهلاك العلف                      |                                                       |
|                 | زيادة وقت العبور المعدي                  |                                                       |
|                 | التأثير أو تعطيل السلوك المرتبط بالتكاثر |                                                       |
|                 | ورعاية الصغار والأقلمة                   |                                                       |
| السلوك          | الخوف                                    | إجهاد مرتبط بنقر الريش                                |
|                 | تعزيز السلوك النمطي الشفوي مثل الأكل     |                                                       |
|                 | والشرب والنقر                            |                                                       |
|                 | الشهية للملح في الحمام (الدوستيرون)      |                                                       |

|                                           |                                         |                                             |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| زيادة ارتشاف الصوديوم واحتباس             | التوازن الكهربائي<br>(توازن كهارل الدم) | البوتاسيوم في أنبيبات الكلية                |
| (كورتيكوستيرون)                           |                                         | زيادة إفراغ البوتاسيوم في الأنبيبات الكلوية |
| وفي الأمعاء (ألدوستيرون)                  |                                         | زيادة امتصاص المياه عبر الغشاء              |
| المخاطي المعوي                            |                                         | زيادة امتصاص الصوديوم وإفراغ                |
| البوتاسيوم في الأمعاء (ألدوستيرون)        | المناعة                                 | زيادة إفراغ الصوديوم من خلال الغدة          |
| الأنفية في بيئة المياه ذات التناضح المفرط |                                         | انكماش الغدة الصعترية والطحال وجراب         |
| فابريشوس                                  |                                         | انخفاض عدد كريات الدم البيضاء الجائلة       |
| (ما عدا الخلايا الحبيبية) بسبب إعادة      |                                         | التوزيع إلى الأنسجة للمفاوية الثانوية       |
| ارتفاع الحساسية وقابلية العدوى            | كبت السمية الخلوية وتكاثر اللمف         | كبت إنتركولين-2 و أنترفيرون- $\gamma$       |
| بالفيروسات والفطور والطفيليات             | انخفاض مناعة الخلايا التائية            | انخفاض إنتاج الأجسام المضادة                |
| زيادة المقاومة ضد الأمراض                 | زيادة نسبة في الخلايا الحبيبية الجائلة  | تعزيز تصفية المخاطية الهدبية في القصبة      |
| البكتيرية                                 | الهوائية                                |                                             |

## 2-2-6. محور الوطاء - الغدة النخامية - الغدة الكظرية

### - الإجهاد ودور قشرة الكظر

تُعرّف المنبهات البيئية والاستقلابية المختلفة ذات الكثافة الكافية التي تتطلب تعديلات كبيرة أو تشكل تهديدات لتوازن الجسم باسم عوامل الإجهاد. كما قد تكون المنبهات النفسية الملحوظة رد فعل على التهديدات (مثل إدراك الإجهاد) عوامل إجهاد، فالطيور لديها مخزون من المسارات العصبية المركزية التي تتوسط المعلومات المتكاملة للإجهاد وتفعيل محور HPA. يُعدّ تنشيط قشرة الكظر وإفراز هرمون الكورتيكوستيرون من السمات المميزة دائماً لحدوث استجابة غير محددة للإجهاد عند الطيور، وبالتالي، تميل الاستجابات السلوكية واستجابات قشرة الكظر إلى الاقتران بقوة بالإجهادات البيئية والاستقلابية. يبدو أن ذلك صحيح بالنسبة للإجهادات النفسية، على سبيل المثال، يظهر السلوك المرتبط بالخوف وتنشيط قشرة الكظر استجابة للاستيقاظ immobilization (التثبيت لمنع الحركة)، على الرغم من وجود دليل على أنه يمكن الفصل تجريبياً بين تنشيط قشرة الكظر والأداء السلوكي بوصفه استجابة للإجهادات النفسية (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 501).

تظهر زيادات موازية في تركيز البلازما من الألدوستيرون بوصفها استجابة لبعض الإجهادات مثل النقل وتحديد (تقنين) البروتين في الخلطة العلفية، مع ذلك قد تظهر اختلافات متباينة في تراكيز هرموني الكورتيكوستيرون والألدوستيرون في البلازما في بعض الأحيان استجابة للإجهادات التي تؤثر في التوازن الكهربائي وديناميكية الدم hemodynamics. على سبيل المثال، يبدو أن للتغيرات في توازن الصوديوم ( $Na^+$ ) والنزيف والمحتوى الملحي والتجفاف والحرارة الزائدة لها تأثير مختلف في إفراز هرمون الألدوستيرون. من المفترض أن يتوسط نظام الرينين-أنجيوتنسين renin-angiotensin system (RAS) هذا التأثير التفاضلي على إفراز الألدوستيرون. على النقيض من هذه الاستجابات المتباينة للقشرانيات المعدنية والقشرانيات السكرية في العديد من الأنواع التابعة لرتبة (anseriform) (الطيور المائية)، فقد دُمجت حالات RAS مع محور HPA استجابة للإجهاد الكلي. وبالتالي، يمكن أن تؤثر

الحالة الكهرلية في نمط تخليق الستيرويدات القشرانية الكظرية واستجابتها للإجهادات. مثلاً، عند إعطاء البط مياهاً للشرب عالية الضغط التناضحي (مثل محاكاة للتكيف مع بيئات المياه المالحة أو بيئات البحيرات القلوية)، تظهر استجابة ACTH ناعمية التوجه يليها زيادة في تركيز الكورتيكوستيرون الجائل، الذي يصبح الهرمون الرئيس المنظم للمعادن، وعليه، فإن تنشيط محور HPA للاستجابة لعامل إجهاد جديد مترابط يؤدي إلى تركيز أعلى من هرمون الكورتيكوستيرون في البلازما بالمقارنة مع البط الذي أعطي ماءً عذباً (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 501).

يتم تعديل استجابة قشرة الكظر للإجهاد من خلال عدة عوامل، ومن الواضح أن الخلفية الوراثية لها دور كبير في ذلك. أشارت الدراسات المخبرية المجرة على الرومي والدجاج والفري الياباني إلى تعزيز استجابة الغدة الكظرية للإجهادات وإفراز ACTH خارجي المنشأ (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 502).

هناك زيادة أو نقصان في الوزن النسبي للغدة الكظرية مع زيادة أو نقصان استجابة الغدة الكظرية للإجهاد على التوالي مقارنة بالتحكم المورثي. وثمة تغيرات على المستوى الخلوي قد تظهر على شكل تغيرات في سعة الستيرويدات القشرانية العامة corticosteroid generic و/أو تغيرات في الحساسية الخلوية تجاه ACTH (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 502).

أشارت الدراسات المجرة على الجرذان إلى أن نشاط محور الوطاء-الغدة النخامية-الغدة الكظرية مكون من نظام الوطاء الأكبر الذي ينظم الجريان الحراري، على سبيل المثال، إن تنشيط مستقبلات كل من القشرانيات المعدنية والقشرانيات السكرية يعيد سلوك اكتساب الطاقة في الجرذان المصابة بداء السكري والمستأصلة الكظر، إلا أن تنشيط مستقبلات القشرانيات السكرية يحافظ بشكل انتقائي أو يزيد من تخزين الدهون، وربما على حساب تخزين البروتين، لذلك ليس من المستغرب أن نجد أن الحالة التغذوية تعدل من نشاط قشرة الكظر (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 502).

إن هرمون اللبتين الدهني لا يثبط الببتيد العصبي Y (neuropeptide-Y) والعوامل الأخرى التي تؤثر في استهلاك الغذاء فقط، وإنما يبدو أنه يعدل بشكل سلبي إفراز العامل المحرر للكورتيكوتروبين (CRF) Corticotropin-releasing factor الناتج عن الإجهاد، ووظيفة خلية قشرة الكظر بشكل مباشر أيضاً. علاوة على ذلك، ترتبط مستويات اللبتين الجائل عكسياً مع مستويات ACTH والستيرويدات القشرانية. قد يعمل نظام مشابه في الطيور، لكنه معقد ويجب أن تتم دراسته من النواحي الفيزيولوجية والسلوكية والبيئية.

يعزز الكورتيكوستيرون في أنواع الطيور المختلفة من سلوك التغذية وتخزين الدهون. أيضاً، هناك علاقة سلبية بين تخزين الدهون والاستجابة للإجهاد في بعض الأنواع التي تمر بفترات من محدودية توفر الغذاء، على سبيل المثال، استجابة الكورتيكوستيرون القصوى في البلازما للحد من الإجهاد ترتبط عكسياً مع مدخرات الدهون في بعض الطيور. بالنظر إلى هذه الارتباطات، فمن المعقول أن توجد علاقة مماثلة بين التنظيم الهرموني لتخزين الدهون وتنظيم محور HPA في بعض أنواع الطيور، أو تقتصر على مرحلة عمرية معينة في بعض الأنواع.

يبدو أن المنبهات التغذوية تؤثر أيضاً في محور HPA في الطيور، ففي كل أنواع الطيور سواء التي تحتاج إلى رعاية بعد الفقس (الحمام) أو التي تستطيع الاعتماد على نفسها (الدجاج، الفري، البط) فإن تقني الطعام لمدة كافية يزيد بشكل موحد تقريباً من مستويات الكورتيكوستيرون الجائل. لا يؤدي تقنين البروتين العابر في الدجاج تعزيز نشاط قشرة الكظر فقط، إنما يعزز أيضاً من النشاط على المدى الطويل بعد زوال الإجهاد التغذوي. على الرغم من انخفاض هرمون ACTH في البلازما في الطيور المقيدة، ولقد وُجد ارتفاع في الوزن النسبي للغدة الكظرية، وتعزيز القدرة على إنتاج السيترود الخوي واستجابة الستيرويدات القشرانية وحساسيتها تجاه ACTH، وزيادة في ألفة وتركيز مستقبلات ACTH الخوي. علاوة على ذلك، هناك تغيرات في مكونات تنبيغ الإشارة signal transduction وانخفاض في ردود الفعل السلبية في خلايا قشرة الكظر المأخوذة من دجاج مقنن البروتين، وبالتالي، قد تكون الغدة الكظرية في

محور HPA عند الطيور المستجيب المسيطر الذي يتم تنشيطه بعد تكامل المعلومات الغذائية على خلفية العوامل الفيزيولوجية والسلوكية والبيئية (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 554).

قد يشارك اثنان من الهرمونات الجائلة: هرمون النمو، وهرمون  $T_3$  في تنشيط قشرة الكظر وتوسط استجابتها لحالة البروتين. يتفاعل هذان الهرمونان بشكل مستقل عن هرمون ACTH للحفاظ على قدرة الستيرويدات القشرانية وحساسيتها الخلوية تجاه ACTH. ترتبط التبدلات في وظيفة قشرة الكظر بشكل جيد بالتبدلات المتوقعة الناتجة عن الاستجابة للتغيرات المعروفة في التراكيز الجائلة للهرمونات مع تقييد البروتين، بعكس ذلك، لا يرتبط تقييد البروتين في الديك الرومي المستأنس مع التغيرات في تركيز هرمون  $T_3$  الجائل، وبالتالي يختلف تأثير هذا الإجهاد في هذا النوع مقارنة بتأثيره على وظيفة قشرة الكظر في الدجاج، بينما تزداد مستويات الكورتيكوستيرون الجائل وتنخفض مستويات الألدوستيرون (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 503).

#### - تنظيم إفراز هرمون قشرة الكظر

يتوسط محور الوطاء-النخامية-الكظرية (HPA) بشكل رئيس إفراز الكورتيكوستيرون وربما الألدوستيرون عن طريق هرمون ACTH. يُنتج العامل المحرر للكورتيكوتروبين CRF من منطقة الوطاء، الذي يُحفز بدوره تحرير ACTH من الغدة النخامية استجابة للإجهاد (De Matos، 2008). يصل مستوى هرمون ACTH في البلازما إلى أعلى مستوياته في غضون 5 - 10 دقائق بعد التنبيه، ويقوم ACTH بتنبيه سريع وتحرير متعلق بجرعة الكورتيكوستيرون، وبدرجة أقل الألدوستيرون. يقوم هرمون AVT أيضاً بتنبيه إفراز ACTH في بعض الأنواع الطيرية. تتغير استجابة الغدة النخامية في الطيور التي تتعلق بكل من CRF و AVT باختلاف الحالة الفيزيولوجية والظروف البيئية. تُظهر القشرانيات السكرية ردود فعل سلبية على جميع مستويات محور HPA ما يقلل تحرير ACTH. يقوم كل من السوماتوستاتين والأفيونيّات أيضاً بتنشيط تحرير ACTH من النخامية (De Matos، 2008).

يتم التحكم بإفراز الكورتيكوستيرون من قشرة الكظر عن طريق إفراز CRF من الخلايا العصبية في البارزة الناصفة في الوطاء إلى النظام الوعائي البابي الوطائي النخامي وينتقل بعدها إلى الفص الأمامي من الغدة النخامية، إذ يحفز على إفراز الهرمون الموجّه للغدة الكظرية ACTH من الخلايا موجهة الكظر. يفرز ACTH إلى الدورة الدموية لينقل إلى النسيج الرئيس المستهدف (أي قشرة الكظر) إذ يزيد إنتاج كل هرمونات قشرة الكظر وإفرازها (الهرمونات الرئيسية: الكورتيكوستيرون والألدوستيرون). يؤثر الكورتيكوستيرون والألدوستيرون في العديد من الأنسجة المستهدفة في أنحاء الجسم كافة، شأنها شأن باقي الوسطاء الأساسيين لاستجابات الإجهاد.

من المرجح أن تنظيم إفراز الألدوستيرون في الطيور يكون مشابهاً للتدبيات. يتم إفراز الرينين من الخلايا المجاورة للكبيبة juxtaglomerular cells في الكلية استجابة للمحتوى المنخفض من تركيز الصوديوم في البلازما أو انخفاض حجم الدم (Carsia و Harvey، 2000 – ص: 506؛ De Matos، 2008). على عكس التدبيات، لا ينشط فرط بوتاسيوم الدم hyperkalemia نظام الرينين أنجيوتنسين (RAS) في الطيور (De Matos، 2008). يقوم الرينين بتحويل مولد الأنجيوتنسين (angiotensinogen) إلى أنجيوتنسين-1 (angiotensin-I)، الذي سيتحول بعدها إلى أنجيوتنسين-2 (angiotensin-II). يُحفّز الأنجيوتنسين-2 الغدة الكظرية مباشرة لتحرير الألدوستيرون والكورتيكوستيرون أيضاً، بدلاً من تنبيه تحرير ACTH من النخامية (Carsia و Harvey، 2000 – ص: 506؛ De Matos، 2008). يمكن أن يحفز ACTH تحرير الألدوستيرون أيضاً، على الرغم من أن تحرير ACTH لا يبدو ناتجاً عن التغيرات في توازن الكهارل والتوازن الديناميكي الدموي. إن التغيرات في RAS ومحور HPA في العديد من أنواع الطيور المائية تتدمج للتأثير استجابة للإجهاد الكلي. يُعد دور RAS في التحكم بإفراز الألدوستيرون في الطيور أقل أهمية ودقة ما هو عليه في التدبيات، قد يكون ذلك بسبب نقص التنظيم المتميز للأنسجة الكظرية الستيرويدية. تختلف أهمية RAS بين الأنواع الطيرية تبعاً لموطنها الأصلي ومصادر الغذاء. ثُبَّتَ أن الأنجيوتنسين 2 مُعطّش فعال (potent dipsogen)

في أنواع مختلفة من الطيور، مع وجود علاقة ملحوظة بين مستويات الدم ونمط استهلاك الماء عند الفري. من ناحية أخرى، تُظهر الطيور اللاحمة (التي تحصل على معظم احتياجاتها من الماء من الطعام) والطيور المتأقلمة مع الجفاف (xerophilous birds) (مع احتياجات منخفضة من الماء) حساسية أقل بكثير لمولد الأنجيوتنسين 2 (De Matos، 2008).

على الرغم من أن ACTH المحفز الأكثر فعالية لإفراز الستيرويدات القشرانية في الطيور، إلا أن العديد من نواتج الإفراز الأخرى من المطراف المناعي والعصبي والأعضاء الصماوية والعوامل الجائلة الأخرى يمكن أن تحفز أو تعدل من وظيفة قشرة الكظر واستجابتها للإجهاد. يمكن أن تلعب دور المحفز/المعدل الإيجابي أو المثبط/المعدل السلبي، مع قدرة البعض على القيام بالدورين معاً تبعاً للعوامل الأخرى. إن تراكيز الدم من الكورتيكوستيرون تتبع أنماطاً وفقاً للتغيرات في الحالة الفيزيولوجية والظروف البيئية، ولاسيما فترة التعرض للإضاءة، حالة الإنتاج والموسم والعمر (De Matos، 2008).

أظهرت الدراسات التي أجريت على كل من الفري الياباني والحمام والدجاج والديك الرومي والبط نمطاً يومياً مميزاً لتراكيز الكورتيكوستيرون الجائل في الدم (Carsia و Harvey، 2000 - ص: 510 ; De Matos، 2008). بشكل عام، وُجدت التراكيز الأعلى خلال الليل أو عند الانتقال إلى مراحل الضوء الداكن. يُعتقد أن اختلاف تركيز الكورتيكوستيرون مع إيقاع الساعة البيولوجية circadian rhythm يوفر الطاقة للحيوانات ثابتة حرارة الجسم خلال الليل، إذ تتعدم الحركة والتغذية. بالنسبة للأنواع الليلية مثل البوم، قد يرتبط تركيز الكورتيكوستيرون الجائل مع فترة النشاط بشكل أكبر من دورة الإضاءة. ينشأ الاختلاف اليومي لتركيز الكورتيكوستيرون في الطيور نتيجة التغيرات في إفراز CRF و ACTH وحساسية الغدة الكظرية لـ ACTH والإجهاد، ومعدل إفراز وطرح نواتج استقلاب الكورتيكوستيرون. يُعد الوطاء مركز التحكم باختلاف تركيز الكورتيكوستيرون مع إيقاع الساعة البيولوجية. تستقبل النواة فوق التصالبية suprachiasmatic nucleus للوطاء المعلومات من الشبكية والغدة الصنوبرية pineal gland، وتكون

الميلاتونين المادة المستجيبة لكل من محور HPA ومستويات الغدة الكظرية (Carsia و Harvey، 2000 – ص: 510، De Matos، 2008).

تتعرض التغيرات الموسمية على فترة الإضاءة ودرجة الحرارة وتوافر الغذاء، ما يسبب تبايناً موسمياً في نشاط قشرة الكظر، إذ يكون النشاط الأعلى في منتصف الشتاء والأقل في الصيف، تساعد هذه الاختلافات الطيور على الأقامة مع التغيرات الفيزيولوجية مثل التغير في الحالة الإنتاجية والقلش، والتغيرات البيئية بما في ذلك توافر الطعام بشكل محدود (De Matos، 2008). هناك أيضاً تباين في تركيز الكورتيكوستيرون مرتبط مع الحالة الإنتاجية، إذ لوحظت المستويات الأعلى خلال موسم الإنتاج. يكون هذا التباين نتيجة تنبيه استجابة قشرة الكظر لـ ACTH وتقليل رد الفعل السلبي للقشرانيات السكرية على محور HPA خلال هذه الفترة. يرتبط انحدار النظام الإنتاجي خارج موسم الإنتاج والقلش مع انخفاض وظيفة قشرة الكظر وانخفاض مستويات الكورتيكوستيرون. يُستثنى من ذلك القلش القسري الناجم عن الحرمان من الغذاء/الماء في الدجاج المستأنس، الذي يرتبط فيه انحدار النظام الإنتاجي مع زيادة الكورتيكوستيرون الجائل نتيجة تحديد الغذاء (Carsia و Harvey، 2000 – ص: 510).

يختلف نشاط قشرة الكظر أيضاً باختلاف العمر، إذ ينخفض تدريجياً بعد الفقس حتى وصول الطيور إلى عمر النضج الجنسي. يتميز هذا التغير بانخفاض معدلات إفراز الكورتيكوستيرون (ومعدلات طرح نواتج الاستقلاب)، وانخفاض تراكيز الكورتيكوستيرون في البلازما الناجم عن الراحة ومسببات الإجهاد ومسببات ACTH، وربما انخفاض حساسية قشرة الكظر تجاه ACTH (Carsia و Harvey، 2000 – ص: 511). يزداد تركيز الكورتيكوستيرون في البلازما استجابة للإجهاد الحراري، ولا يمكن المحافظة على المستويات المرتفعة منه إلا لفترات قصيرة فقط للتعامل مع التعرض الحاد لدرجات الحرارة العالية، ثم مستوياته بعد الزيادة الأولية، وفي حال لم تتم الاستجابات الفيزيولوجية و/أو السلوكية الأخرى للتخفيف من الإجهاد الحراري، سوف يؤدي ذلك إلى نفوق الطيور. على سبيل المثال، يرتفع تركيز الكورتيكوستيرون في البلازما في غضون 30 دقيقة عند تعرض الدواجن الصغيرة (كالدجاج والفري) لدرجة حرارة مرتفعة

(43° س)، ثم ينخفض التركيز دون مستويات ما قبل التعرض في غضون 120 دقيقة. يرافق هذا الانخفاض في مستوى الكورتيكوستيرون في الدورة الدموية انخفاض تراكيز الجلوكوز والفوسفات وأيون الصوديوم  $Na^+$  في البلازما، مع ارتفاع في درجة pH. يظهر الدجاج قصوراً حاداً في قشرة الكظر في غضون 120 دقيقة بوصفه رداً على هذا الإجهاد الحراري الشديد، الذي يترافق مع إفراز كبير من الكاتيكولامينات التي تؤدي إلى إخفاق في وظيفة القلب والأوعية الدموية ومن ثم النفوق (Carsia و Harvey، 2000 – ص: 517).

على الرغم من التأثيرات الكبيرة لكل من الألدوستيرون والكورتيكوستيرون التي يعتقد أنها تدعم عدداً من التغيرات الفيزيولوجية التي تؤخر ارتفاع حرارة الجسم، فإن تفاصيل هذه التأثيرات متباينة كثيراً. تعمل زيادة مستويات البلازما من الألدوستيرون بالتنسيق مع هرمون AVT لتعزيز الامتصاص الكلوي للماء وذلك لمنع التجفاف الناتج عن الترطيب بالتبخير لتنظيم درجة الحرارة، كما يعمل AVT على تخفيض مستوى  $T_3$  في البلازما. تجدر الإشارة إلى أن استمرار ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى تخفيض هرمونات الدرقية وهذا يؤدي إلى زيادة مقاومة الجسم للحرارة المرتفعة. بقي أن نشير إلى أن هرمونات الغدة الدرقية مهمة عند انخفاض درجة الحرارة كونها تؤدي إلى زيادة معدل الاستقلاب.

تؤثر التغيرات في تراكيز البلازما من الكورتيكوستيرون و ACTH في الأنسجة اللمفاوية وبالتالي قدرة الدجاج على إحداث استجابة مناعية. فمثلاً لوحظ بعد إعطاء القشرانيات السكرية انخفاض كتلة الغدة الصعترية والطحال وجراب فابريشيوس وعدد الخلايا اللمفاوية المنتشرة مع زيادة في أعداد كريات الدم البيضاء الحبيبية واللاحيبية. يزيد كل من تركيب ACTH والتعرض لدرجة الحرارة المرتفعة ربط الستيرويدات القشرانية بالخلايا في النظام اللمفاوي. يعتمد التأثير الدقيق للقشرانيات السكرية في الخلايا المتنوعة على كل من استمرار شدة الإجهاد ودور الخلايا المتضررة في كل من المناعة الخلطية والمناعة الخلوية. يؤدي الكورتيكوستيرون إلى تخفيض مستوى الهرمونات المنسلية وبالتالي تخفيض إنتاج البيض (Carsia و Harvey، 2000 – ص: 517).

### 3- طرائق المناوبات الحرارية أثناء فترة حضانة البيض

اقترحت الدراسات الحديثة أنه من الممكن تحسين التحمل الحراري في الدواجن من خلال تعريضها لدرجات حرارة عالية أثناء التطور الجنيني باستخدام برامج مختلفة من المناوبة الحرارية (Piestun وزملاؤه، 2015 ; Austin، 2021 ; Bourdon وزملاؤه، 2021). يمكن استخدام طريقتين مخبريتين لزيادة مستوى تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في الأجنة بهدف تحسين قدرتها على التحمل الحراري بعد الفقس: الأولى طبيعية عن طريق تعريض الأمات للإجهاد (إما بشكل طبيعي أو عن طريق حقن الكورتيكوستيرون أو التطعيم) والثانية تتمثل بتطبيق برامج المناوبة الحرارية من خلال تعريض البيض لدرجات حرارة مرتفعة في أثناء فترة حضانة البيض (Peixoto وزملاؤه، 2020). يمثل تعريض الأمات للإجهاد خطراً عليها قد يسبب ضرراً للبيض أو الجنين (Podmokła وزملاؤه، 2018) ولا يُستبعد تأثير عوامل وسيطة أخرى على التطور الجنيني، كما أن استخدام الحقن بهدف زيادة تركيز الهرمون عادة ما يكون ضاراً بالجنين (Heiblum وزملاؤه، 2001 ; Janczak وزملاؤه، 2007 ; Peixoto وزملاؤه، 2020). مع ذلك، من الصعب قياس تركيز الهرمون في الجنين بدقة نظراً لقدرة الأمات على ضبط الستيرويدات الجائلة في البيضة (Groothuis و Schwabl، 2008 ; Williams و Groothuis، 2015 ; Peixoto وزملاؤه، 2020) والقدرة الجنينية على تعديل مستوى الكورتيكوستيرون من خلال الاستقلاب الغذائي السريع (Vassallo وزملاؤه، 2014). على العكس من ذلك، فإن المناوبة الحرارية المطبقة على البيض أثناء التطور الجنيني تسمح بزيادة دقيقة لتركيز الهرمون، كما أشار Groothuis وزملاؤه (2019) إلى أن الاستجابات للهرمون غالباً ما تعتمد على الجرعة، لاسيما أن التراكيز الفيزيولوجية الفعالة التي يتم إيصالها إلى البيضة من الأم غير معروفة إلى حد كبير (Rettenbacher وزملاؤه، 2013 ; Peixoto وزملاؤه، 2020).

إن التعرض للإجهاد الحراري أثناء فترة التطور الجنيني قد لا تؤثر فقط على الأفراد المعرضة للإجهاد فقط، بل أيضاً على نسلها وأحفادها من خلال التأثيرات عبر الاجيال (Cottrell و Seckl، 2009

Burton و Metcalfe، 2014؛ Aiken و Ozanne، 2014؛ Zimmer و زملاؤه، 2017). مع ذلك يجب التمييز بين التأثيرات عبر الأجيال transgenerational effects والانتقال عبر الأجيال transgenerational transmission. تحدث التأثيرات عبر الأجيال عندما تؤثر الظروف البيئية التطورية المبكرة في جيل واحد على الأجيال القادمة ولكن ليس بالضرورة بنفس الطريقة. يشير الانتقال أو الوراثة عبر الأجيال إلى انتقال نفس التعديل في واحدة أو أكثر من الصفات المظهرية الناتجة عن التجارب التطورية المبكرة من جيل إلى آخر (Zimmer و زملاؤه، 2017). هناك أمثلة كثيرة عن التأثيرات عبر الأجيال لظروف الحياة المبكرة، لاسيما في الدراسات الطبية الحيوية والوبائية والسمية على البشر والقوارض (Burton و Metcalfe، 2014؛ Aiken و Ozanne، 2014؛ Zimmer و زملاؤه، 2017).

### 3-1- تأثير ارتفاع درجة حرارة الحضان في المؤشرات الفيزيولوجية والإنتاجية عند الطيور

تُعد درجة الحرارة المثلى لتطور أجنة الدجاج هي 37.8° س (Leandro و زملاؤه، 2004). إن التطور الجنيني عملية ديناميكية لا تتأثر فقط بالعوامل الوراثية للكائن الحي، بل بالعديد من العوامل المكروية المحيطة بالبيضة أيضاً (van Brecht و زملاؤه، 2005؛ De Smith و زملاؤه، 2006). قد يؤدي تعريض الأجنة لدرجات حرارة منخفضة أو مرتفعة أثناء فترة الحضانة إلى تحسين قدرتها على التعامل مع البرد (Tzschentke و Basta، 2002؛ Shinder و زملاؤه، 2011) أو درجات الحرارة العالية (Yahav و زملاؤه، 2004a؛ Collin و زملاؤه، 2007). أشارت بعض الدراسات إلى أن برامج المناقلة الحرارية على البيض أثناء فترة التنامي الجنيني يُحسن من أداء الطيور وتحملها للحرارة في الفترات اللاحقة (Loyau و زملاؤه، 2015؛ Vitorino Carvalho و زملاؤه، 2020). يرتبط توقيت برنامج المناقلة الحرارية بتطور كل من محور الوطاء - الغدة النخامية - الغدة الدرقية hypothalamus - thyroid (HPT) - pituitary - لتغيير عتبة الاستجابة للإجهاد الحراري، ومحور HPA لزيادة الاستجابة للإجهاد (Janke و زملاؤه، 2002؛ Yahav و زملاؤه، 2004a، 2004b؛ Alkan و زملاؤه، 2013).

أظهرت دراسة بأن تعريض البيض إلى درجة حرارة عالية ( $39.6^{\circ}\text{C}$  س) أثناء فترة الحضانة بين اليومين 10 و 18 لمدة 6 ساعات في اليوم أدى إلى تقليل الآثار الضارة لدرجات الحرارة المرتفعة في وزن الجسم عند التسويق (Yalçın وزملاؤه، 2005). كما أظهرت دراسة أخرى بأن رفع درجة الحرارة بين اليومين 13 و 17 من الحضانة لمدة ساعتين يومياً أدى إلى تكيف حراري وتعزيز قدرة أمات الفروج على تحمل الآثار السلبية للإجهاد الحراري (Moraes وزملاؤه، 2004).

يعتمد تحديد برنامج المناوبة الحرارية المناسب على 3 أمور رئيسة يجب أخذها بالحسبان وهي: 1. المرحلة الحرجة: والمقصود بها المرحلة الجنينية التي يتم خلالها تطور النظام المتعلق بالصفة المراد التأثير عليها بعد الفقس، 2. درجة الحرارة، 3. مدة التعرض، ويستند تحديد المرحلة الحرجة أثناء التطور الجنيني على الفرضية القائلة بأن عتبة الاستجابة لأنظمة التحكم بالحرارة في الجسم يمكن تغييرها بشكل أكثر كفاءة عند تطويع كل من محور التنظيم الحراري (الوطاء-الغدة النخامية-الغدة الدرقية) ومحور الإجهاد الحراري (الوطاء-الغدة النخامية-الغدة الكظرية) (Piestun وزملاؤه، 2015 ; Austin، 2021). أجريت العديد من الدراسات بهدف توضيح تأثير المناوبة الحرارية ومدة التعرض لها في العديد من المؤشرات الفيزيولوجية والإنتاجية منها:

- نسبة الفقس وجودته: كانت نتائج هذه الدراسات متغايرة لدى الدجاج والفري (Leksrisompong وزملاؤه، 2007 ; Willemssen وزملاؤه، 2010 ; Barri وزملاؤه، 2011 ; Alkan وزملاؤه، 2013). كما أن تغيرات درجة حرارة الحضانة يمكن أن تؤثر في حجم الجنين ونمو الأجهزة ومعدل الاستقلاب والتنامي الفيزيولوجي ونجاح الفقس (Yalcin و Siegel، 2003).

- النظام الهرموني: أظهرت دراسة حديثة أن زيادة درجة حرارة الحضانة من  $37.8^{\circ}\text{C}$  س إلى  $39.5^{\circ}\text{C}$  س مع رطوبة نسبية من 56 إلى 65% من اليوم 7 حتى 16 من التطور الجنيني لمدة 12 ساعة في اليوم أدت إلى تغير في درجة حرارة الجسم وفيزيولوجيا الجسم ومؤشرات الغدة

الدرقية والغدة الكظرية، وكذلك المؤشرات التنفسية ومستويات الإجهاد عند الطيور بعد الفقس (Piestun وزملاؤه، 2008 ; Loyau وزملاؤه، 2016). ظهرت لهذه الطرائق آثار إيجابية في تحمل درجة الحرارة عند التسويق، أي في العمر الذي تكون فيه الطيور أكثر حساسية للحرارة (Piestun وزملاؤه، 2008). لقد افترض أن التطور الجنيني يمكن أن يؤثر في معدل الاستقلاب عند الدجاج (Tona وزملاؤه، 2008 ; Piastun وزملاؤه، 2009)، وبالتالي المقدرة على إنتاج الحرارة (Loyau وزملاؤه، 2016).

- تعديل فيزيولوجيا الجسم وتكوينه في الفروج عند الإيواء في أقفاص من دون التأثير في جودة لحم الصدر، ثبت مؤخراً أن المنايلة الحرارية بدرجة حرارة 39.5° س ورطوبة نسبية 65% لمدة 12 ساعة في اليوم بدءاً من اليوم 7 حتى 16 من التطور الجنيني أثرت إيجابياً في تحسين المقدرة على تحمل الحرارة دون التأثير في معدل النمو في الفروج عند الإيواء في أقفاص، وقد ارتبط ذلك بانخفاض درجة حرارة الجسم حتى سن الذبح (Piestun وزملاؤه، 2008، 2009).
- اكتساب القدرة على التحمل الحراري خلال مراحل التربية (Collin وزملاؤه، 2005 ; Piastun وزملاؤه، 2008). تبين أن رفع درجة الحرارة أثناء فترة الحضانة خلال تكون محور الوطاء - الغدة النخامية - الغدة الكظرية بدءاً من اليوم 7 حتى اليوم 16 إلى 39.5° س ورطوبة نسبية 65% لمدة 12 ساعة في اليوم، يمكن أن يعد وسيلة فعالة لتحمل الحرارة والاستجابة للإجهاد على المدى الطويل عند الفروج (Piestun وزملاؤه، 2008، 2009، 2015).

### 3-2- تأثير المنايلة الحرارية في تعديل التعبير المورثي

تستجيب جميع الكائنات الحية - الحيوانية والنباتية والدقيقة - لدرجات الحرارة المرتفعة بزيادة تكوين مجموعة من البروتينات تعرف باسم بروتينات الصدمة الحرارية (HSPs) heat shock proteins (Craig و Gross، 1991 ; Nover، 1991). تؤدي هذه البروتينات دوراً أساسياً في استعادة الوظيفة الطبيعية للخلايا عند الكائنات الحية التي تتعرض لمؤثرات ضارة محتملة من خلال ربط مجموعة متنوعة

من البروتينات لحمايتها. ترتبط بروتينات الصدمة الحرارية بالبروتينات الحساسة للحرارة داخل الخلية المعرضة للصدمة الحرارية بغية حمايتها من التدهور، أو تقوم بمنع البروتينات التالفة من الترسيب الفوري بشكل يؤثر في بقاء الخلية بشكل دائم. تعد بروتينات الصدمة الحرارية واحدة من أكبر أعضاء عائلة بروتينات الإجهاد، إذ يتم تركيب بعضها بسبب نقص العناصر الغذائية أو الأوكسجين أو وجود المعادن الثقيلة أو جذور الأوكسجين. أحد الجوانب المهمة من هذه الظروف المجهدة هو أن الخلايا أو الكائنات الحية التي تعبر عن مستويات مرتفعة من بروتينات الإجهاد بعد التعافي من دورة إجهاد خفيفة، يمكن أن تعبر عن التحمل لجرعات من العوامل المسببة للإجهاد، بما في ذلك الحرارة، التي من شأنها أن تسبب في غالبية الأحوال إلى حدوث تشوهات في النمو أو الموت (Al-Zghoul وزملاؤه، 2015).

يعود اكتشاف بروتينات الصدمة الحرارية HSPs (تسمى أحياناً بروتينات الإجهاد الحراري heat stress proteins) عند ذبابة الفاكهة إلى عدة عقود مضت (Lewis وزملاؤه، 1975). ظهرت العديد من الدراسات التي توصف الوظائف الجزيئية وبنية هذا النظام المحافظ عالي الحماية عند مجال واسع من الكائنات الحية ومن ضمنها الإنسان. أجريت دراسات على نطاق واسع بهدف معرفة مدى الاستجابة للصدمة الحرارية (HSR) heat shock response على المستوى الجزيئي ودراسة المجموعات الطبيعية (الشاهد) على نماذج مخبرية قريبة وبعيدة من بيئات متناقضة حرارياً ولوحظ أن بروتينات HSP70، أحد البروتينات التابعة إلى هذه المجموعة محافظة بدرجة كبيرة بين الأنواع (Lyashko وزملاؤه، 1994 ؛ Ulmasov وزملاؤه، 1993).

القاعدة العامة تبين أن الأنواع في المناطق المناخية الحارة تتركب مستويات أعلى من HSP70 (والذي يمكن أن يعد بروتين الصدمة الحرارية الرئيس) مقارنة مع نظيراتها في المناطق المناخية الأكثر اعتدالاً. ظهرت دراسات عديدة في العقد الماضي تتضمن HSPs وعلى وجه الخصوص HSP70 في الحماية ضد الالتهاب ومختلف الأمراض العصبية التنكسية والشيخوخة والسرطان الخاصة بالإنسان التي

اتضح أنها عامل علاجي قوي في أمراض الإنتانات ومرض الزهايمر (Kustanova وزملاؤها، 2006 ؛ Rozhkova وزملاؤها، 2010 ؛ Vinokurov وزملاؤها، 2012 ؛ Bobkova وزملاؤها، 2014).

### 3-3- الآليات الكامنة وراء انتقال الآثار البيئية المبكرة عبر الأجيال

تكتسب الخلايا والأنسجة المختلفة ملفات تعريف مختلفة للتعبير المورثي، يُعتقد أن التغيرات التي تطرأ على المورثة بسبب تغيرات بيئية هي تغيرات فوق وراثية epigenetic modifications وذلك إما عن طريق مثيلة الحمض النووي أو تعديل الهستون أو إنتاج جزيئات RNA صغيرة غير مشفرة. بالنسبة لمعظم أنواع الخلايا، تصبح العلامات فوق الوراثة ثابتة بمجرد تمايز الخلايا أو الخروج من الدورة الخلوية (Reik وزملاؤها، 2001 ؛ Morgan وزملاؤها، 2005) ما يتيح الإنتاج من نفس النمط الأصلي للأنماط الظاهرية الخلوية المختلفة التي يتم الحفاظ عليها طوال فترة الحياة (Curley وزملاؤها، 2011 ؛ Feil وFraga، 2012 ؛ Flores وزملاؤها، 2013 ؛ Burton و Metcalfe، 2014).

بينت الدراسات أن فترة التطور الجنيني هي فترة حساسة للإجهاد التي يمكن أن تؤدي إلى تأثيرات طويلة المدى على النمط الظاهري في الطيور (Henriksen وزملاؤها، 2011) والدجاج (Haussmann وزملاؤها، 2011 ؛ Ahmed وزملاؤها، 2013) والفري (Guibert وزملاؤها، 2011 ؛ Zimmer وزملاؤها، 2013 ؛ Zimmer و Spencer، 2014 ؛ Spencer، 2015). لا تزال الدراسات عن التأثيرات عبر الأجيال غير واضحة بشكل كامل، فأغلب الدراسات تركز على سمة ظاهرية واحدة (Krause و Naguib، 2014 ؛ Burton و Metcalfe، 2014).

## 4- بروتينات الصدمة الحرارية (HSPs) Heat Shock Proteins

### 4-1- اكتشاف نظام الاستجابة للصدمة الحرارية والمجموعات الرئيسية لبروتينات الصدمة

#### الحرارية

يطلق مصطلح (بروتينات الصدمة الحرارية) على البروتينات التي يتم تكوينها في الخلية رداً على الصدمة الحرارية، ولكن حالياً ليس من الواضح ما إذا كانت هذه البروتينات تنفذ أية وظيفة متخصصة لا يمكن أن تؤديها بروتينات أخرى في ظل الظروف العادية. تتم المحافظة على تعبير المورثات التي ترمز بعض HSPs في معظم الكائنات الحية في ظل الظروف الفيزيولوجية العادية عند مستوى معين أو قد يتوقف تعبيرها نهائياً ولكنه يُحرّض بقوة في ظل وجود عوامل الإجهاد المختلفة. يمكن أن تسبب العديد من العوامل فضلاً عن الصدمة الحرارية تركيب البروتينات الخاصة بالصدمة الحرارية بما في ذلك نقص الأوكسجين والأشعة فوق البنفسجية وتلف الأنسجة والمواد الكيميائية المختلفة والفيروسات والشيخوخة وغيرها من أشكال المحفزات المجهدة (Margulis و Guzhoa، 2000، Feder و Hofmann، 1999).

تُصنّف HSPs في الوقت الحاضر وفقاً لمعايير عدّة كأوزانها الجزيئية أو تسلسل الحموض الأمينية أو الوظائف والمميزات إلى عدة مجموعات مميزة (Hartl و Hayer-Hartl، 2002؛ Sorensen وزملاؤه، 2003؛ Guzhoa و Margulis، 2006). يعد التصنيف استناداً إلى الكتلة الجزيئية الأكثر شيوعاً إذ يمكن ذكر المجموعات التالية (Feder و Hofmann، 1999؛ Parsell و Lindquist، 1993):

1. عائلة بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة (sHSPs) التي تتألف من البروتينات ذات كتلة

جزيئية تتراوح من 10 إلى 30 كيلو دالتون.

2. عائلة HSP40 (40 كيلو دالتون).

3. عائلة HSP60 مع كتلة جزيئية تقارب 60 كيلو دالتون.
  4. عائلة HSP70 (70 كيلو دالتون).
  5. عائلة HSP90 (83-90 كيلو دالتون).
  6. عائلة HSP100/110 مع كتل جزيئية لأفرادها تتجاوز أو تساوي 100 كيلو دالتون.
- (Kampinga وزملاؤه، 2009 ؛ Mayer، 2010 ؛ Parsell وزملاؤه، 1994).
- قد تشمل كل عائلة من العائلات المذكورة أعلاه أعضاء متعددين متماثلين ذوي وظائف مماثلة أو مختلفة قليلاً ولكن يمكن أن تختلف اختلافاً كبيراً بحسب الكتلة الجزيئية (تصل إلى حد 10 كيلو دالتون). إلى جانب التصنيف على أساس الكتلة الجزيئية، يمكن تقسيم HSPs حسب نمط التعبير إلى فئتين كبيرتين هما: البروتينات القابلة للتحريض (HSP) inducible proteins والبروتينات البنيوية constitutive proteins.
- تتميز عائلة بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة (sHSPs) بوجود نطاق بلوري محاط بمناطق طرفية N- و/أو C- متغايرة. يكون البروتين Hsp27 والبروتينات الأخرى من هذه العائلة وفيرة من الناحية البنيوية وموجودة في كل مكان في العديد من الكائنات الحية. يوجد عند الإنسان 11 مورثة ترمز بروتينات هذه العائلة التي تضم مجموعة HSPB، وفقاً لذلك، تسمى هذه البروتينات HSPB1 ... HSPB11 (Kampinga وزملاؤه، 2009). يعد HSPB1 أو HSP27 أكثر بروتينات تمت دراستها في هذه العائلة عند الإنسان، كذلك HSPB4 ( $\alpha$ A-كريستالين) و HSPB5 ( $\alpha$ B-كريستالين) (Kampinga وزملاؤه، 2009).

#### 4-2- الوظائف الجزيئية لبروتينات الصدمة الحرارية

تعد زيادة إنتاج بروتينات الصدمة الحرارية الحدث الأكثر تميزاً من بين العديد من التغيرات في النشاط الخلوي عند جميع الكائنات الحية التي تتعرض لعوامل الإجهاد (Schlesinger وزملاؤه، 1982). تشارك

بروتينات الصدمة الحرارية بصفة عامة في تجميع أو تفكيك البروتينات أو المعقدات المحتوية على البروتين أثناء فترة حياة الخلية الطبيعية أو موتها (Gething و Sambrook ، 1992). قد يتفاعل كل نوع من بروتينات الصدمة الحرارية مع مجموعة محددة من الجزيئات، على سبيل المثال، يرتبط أفراد عائلة HSP70 بالسلاسل المناعية الثقيلة للأضداد وسلاسل كلاثرين clathrin baskets والحمض النووي DNA، ويمكن أن تشارك إما في صيانة هذه الهياكل للحفاظ عليها حين تكون مطلوبة عن طريق تجميعها جزئياً أو تحطيمها بعد الاستخدام. تقوم جميع أفراد عائلة HSP70 بربط أدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP بألفة عالية، الذي يحوي مجال أنزيم تحلل ATPase ATP (Flaherty وزملاؤه، 1990) وربما تخضع للتغيرات التوافقية باستخدام الطاقة الصادرة عن تحلل ATP. تعمل أفراد عائلة HSP70 بوصفها معاوناً جزيئياً إذ يمكنها أن تسلك سلوك بروتينات معينة من خلال الأغشية داخل الخلايا (Deshaies وزملاؤه، 1988). يمكن لأعضاء عائلة HSP70 التمييز بين البروتينات المطوية والبروتينات غير المطوية (Flynn وزملاؤه، 1991). قد يوفر هذا النشاط دليلاً على دور الكمية الكبيرة من HSP70 التي يتم تكوينها بعد الصدمة الحرارية. يمكن أن ترتبط بروتينات HSP70 بالبروتينات الخلوية التي تشوهت نتيجة ارتفاع الحرارة وتمنع تخريبها الكارثي (Finley وزملاؤه، 1984). أكدت العديد من الدراسات أن HSPs تساعد الخلايا والكائن الحي ككل على التكيف مع درجات الحرارة المرتفعة وأشكال أخرى من الإجهاد.

إلى جانب HSP70، تقوم العديد من أنواع بروتينات الصدمة الحرارية HSPs بما فيها HSPs الصغيرة و Hsp60 و Hsp90 و Hsp110 بحماية البروتينات الخلوية من شذوذ طيها وكذلك تجميعها. في حين أن الوقاية من تكوين المجاميع البروتينية هي بالتأكيد المهمة الرئيسة لمختلف مجموعات HSPs، وبعض هذه المجموعات قادر على حل المجاميع التي تشكلت بالفعل (Mayer، 2010). لا تمنع HSPs وبعض أفراد عائلة HSP70 فقط تكوين المجاميع بعد الصدمة الحرارية أو غيرها من عوامل الإجهاد، ولكن تحت الظروف الطبيعية قد تربط البروتينات التي تم تركيبها حديثاً بالتوازي مع معالجة ترجمتها، كما أنها تساعد على نقل هذه البروتينات إلى الحجيرات الخلوية المختلفة وتساعد على الحفاظ على الهيئة

الصحيحة للبروتينات. يطلق على HSP70 والبروتينات الأخرى القدرة على الربط غير النوعي مع عدد كبير من عديدات الببتيد polypeptides وتساعد على الحفاظ على البنية الأصلية ونقلها إلى وجهتها في الخلية اسم "البروتينات المرافقة" chaperoning. تجدر الإشارة إلى أنه ليس كل HSPs لديها الوظيفة المذكورة آنفاً. يقوم أفراد عائلة HSP70 بتنفيذ الوظائف المختلفة في الخلية تحت ظروف الإجهاد أو الظروف العادية التي ترتبط بشكل رئيس بنشاط المرافقة المعروف جيداً.

يستند الأساس الجزيئي لنشاط المرافق لـ HSP70 على مقدرة هذه البروتينات على الربط الفعال للبروتينات المشوهة فضلاً عن منع تجمعها (Nollen و Morimoto، 2002). يؤمن HSP70 الاستقرار في الحالة المشوهة جزئياً عن طريق ربط البروتينات المشوهة (Hartl و Hayer-Hartl، 2002)، إذ يعمل كبروتين مرافق للبروتينات ذات الطي الشاذ أو غير المطوية كي يساعد هذه البروتينات على العودة إلى حالتها الطبيعية (Clarke، 1996؛ Young، 2010). تعود مقدرة البروتينات HSP70 على التعرف على الببتيدات المشوهة وربطها من خلال خصوصيات بنيتها وبخاصة نهايتها الكربونية التي تحوي جيباً كارهاً للماء شبيهاً ببنية المنطقة الرابطة للببتيد في معقد التوافق النسيجي الرئيسي major histocompatibility complex proteins (MHC) وخصوصاً بروتينات الصف الثاني منه MHCII. من الجدير بالذكر أن موقع ربط الببتيد في HSP70 له بنية تجعل من الممكن التفاعل مع ببتيدات أطول بكثير (Rippmann وزملاؤه، 1991).

يُكوّن HSP90 نسبة 2% من إجمالي البروتينات الموجودة في الخلية في الظروف الطبيعية، وتصل النسبة إلى 4-6% في الظروف المجهدة (Picard، 2002؛ Whitesell و Lindquist، 2005؛ Stravopodis وزملاؤه، 2007؛ Taipale وزملاؤه، 2010؛ Finka و Goloubinoff، 2013؛ Irvboje وزملاؤه، 2021). يحتوي بروتين HSP90 على اثنين من الأشكال الإسوية الخلوية في حقيقيات النوى هي HAP90- $\alpha$  (مورثة HAP90AA1) الذي ينتج في ظروف الإجهاد وبشكل خاص الإجهاد الحراري وهو خاص بالأنسجة (Sreedhar وزملاؤه، 2004) كما يلعب دوراً مهماً في الأحداث

الخلوية الأساسية مثل مساعدة البروتينات غير المطوية ما يمنح الخلية المساعدة اللازمة لإصلاح البروتينات التالفة (Wegele وزملاؤه، 2004؛ Walter و Buchner، 2004؛ Irivboje وزملاؤه، 2021)، و  $HSP90-\beta$  (مورثة HSP90AB1) وهو تكويني يرتبط بشكل كبير بالتطور الجنيني المبكر والعديد من المسارات الخلوية (Irivboje وزملاؤه، 2021). كما يرتبط تنشيط وتوجيه القشرانيات السكرية ارتباطاً وثيقاً بالبروتين HSP90 (Furay وزملاؤه، 2006؛ Ricketson وزملاؤه، 2007؛ Nicolaides وزملاؤه، 2010؛ Hao و Gu، 2014).

تمت دراسة التعبير المورثي لـ HSP90AA1 لأول مرة في خلايا الفئران، إذ سُجّلت زيادة في التعبير المورثي بعد الصدمة الحرارية مقارنة بالظروف الطبيعية (Ullrich وزملاؤه، 1989). أشار Wang وزملاؤه (2015) إلى ازدياد نسخ مورثة HSP90AA1 في خصيتي الفروج أثناء فترة الإجهاد الحراري الحاد. أيضاً، تم توثيق ارتفاع التعبير المورثي لمورثة HSP90AA1 في الديوك المجعدة بالحرارة (Wang وزملاؤه، 2013). أفادت دراسة أخرى إلى تنشيط نسخ مورثة HSP90AA1 بشكل ملحوظ في الدجاج استجابة للإجهاد الحراري (Irivboje وزملاؤه، 2021). بشكل عام، أفادت الدراسات إلى ازدياد نسخ مورثة HSP90 بشكل ملحوظ في كل من قلب وكبد وكلية الفروج بعد ساعتين من تعريضه للإجهاد الحراري، إلا أن التعبير المورثي انخفض بسرعة في القلب عند ازدياد فترة الإجهاد الحراري (Yu وزملاؤه، 2009؛ Lei وزملاؤه، 2009).

## الفصل الثاني

### مواد وطرائق البحث

### Research Methodology

## 1- مكان تنفيذ البحث

أجريت الدراسة في الفترة الواقعة ما بين 2019/8/21 و2020/10/15. نُفذت جميع إجراءات حضن البيض وتطبيق المناقلات الحرارية ورعاية القطيع (قطيع الجيلين الأول والثاني) مع الإجهاد الحراري المطبق على الطيور البالغة وتقدير المؤشرات الفيزيولوجية في قسم الإنتاج الحيواني في كلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق. نُفذت جميع إجراءات استخلاص RNA وإجراء تحليل RT-PCR في كل من مختبر الدراسات العليا ومختبر الجنين في قسم علم الحياة الحيوانية في كلية العلوم بجامعة دمشق ومختبرات مركز الدراسات الوبائية والبيولوجية لطفيليات اللاشمانيا. قُدِّر تركيز هرمون الكورتيكوستيرون باستخدام تقانة ELISA في قسم المختبرات التابع لمديرية الصحة البيطرية بدمشق، كما قُدِّرَت المؤشرات البيوكيميائية في مختبر التقانات الحيوية الحيوانية في قسم الإنتاج الحيواني في كلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق.

## 2- منهجية البحث

### 2-1- إنشاء قطيعي الأمات والجيل الأول وتطبيق برامج المناقلة الحرارية

تم إنشاء قطيع الجيل الأول من 200 بيضة فري مخصبة مأخوذة من طيور مرباة في مزرعة خاصة في محافظة حمص (قطيع الأمات). قُسم البيض عشوائياً إلى 4 مجموعات متساوية العدد بمعدل 50 بيضة في المجموعة الواحدة وطُبِّقَت عليها (دون مجموعة الشاهد) المناقلات الحرارية في أثناء مراحل مختلفة من فترة الحضانة، إذ حُضِن البيض باستخدام حاضنة (Maino Enrico®, Italy). حُضِن البيض المجموعة الأولى (مجموعة الشاهد) تحت الشروط المثالية، من اليوم الأول حتى اليوم 14 على درجة حرارة 37.5° س ورطوبة نسبية 55% مع مراعاة تقليب البيض كل ساعة، وفي الأيام الثلاثة الأخيرة (الأيام 15-17) على درجة حرارة 37.0° س ورطوبة نسبية 75%. عُرِضَ بيض المجموعة الثانية للمناقلة الحرارية خلال الثلث الأول من النمو الجنيني (اليوم 6-8) إلى درجة حرارة 41° س ورطوبة

نسبية 55% لمدة 3 ساعات (من الساعة 12.00 حتى الساعة 15.00) لمدة 3 أيام متتالية مع تقليب البيض كل ساعة. عُرض بيض المجموعة الثالثة للمناوبة الحرارية خلال مرحلة متقدمة من النمو الجنيني (اليوم 12-14) على درجة حرارة 41° س ورطوبة نسبية 55% لمدة 3 ساعات (من الساعة 12.00 حتى الساعة 15.00) لمدة 3 أيام متتالية مع تقليب البيض كل ساعة. عُرض بيض المجموعة الرابعة للمناوبة الحرارية خلال الثلث الأول من النمو الجنيني (اليوم 6-8) إلى درجة حرارة 41° س ورطوبة نسبية 55% لمدة 3 ساعات (من الساعة 12.00 حتى الساعة 15.00)، ثم حُضن البيض في الأيام الثلاثة التالية (من اليوم 9-11) وفق الشروط المثالية على درجة حرارة 37.5° س ورطوبة نسبية 55%، وتمّ بعدها حضن البيض في الأيام الثلاثة الأخيرة من مرحلة الحضانة (من اليوم 12-14) على درجة حرارة 41° س ورطوبة نسبية 55% لمدة 3 ساعات (من الساعة 12.00 حتى الساعة 15.00) مع تقليب البيض كل ساعة.

أعيدت ظروف الحضانة إلى المستويات العادية (37.5° س و 55% رطوبة نسبية) بعد انتهاء المناوبات الحرارية. نُقل البيض إلى صواني الفقس في اليوم الخامس عشر من الحضانة وحُضنت على درجة حرارة 37.0° س ورطوبة نسبية 75%. حُدثت نسبة البيض المخصب ونسبة الفقس ونسبة التفريخ في المجموعات الأربعة. تمت رعاية الصيصان الفاقسة من كل مجموعة على حدة ضمن أقفاص أرضية بأبعاد 100×100×30 سم مفروشة بنشارة الخشب بكثافة تربية أرضية 130 سم<sup>2</sup> للطير الواحد.

## 2-2- رعاية الطيور وتطبيق برنامج الإجهاد الحراري وجمع عينات طيور الجيل الأول

ضبطت درجة الحرارة على 34° س في بداية الأسبوع الأول من العمر، وتم خفضها بمعدل 1° س يومياً حتى وصلت إلى درجة 28° س. تضمن نظام الإضاءة تعريض الصيصان لـ 24 ساعة إضاءة خلال الأسبوع الأول من العمر، ثم خفضت مدة الإضاءة بمعدل ساعتين في اليوم لتصل إلى (14 ساعة إضاءة/ مع 10 ساعات ظلام)، وبدءاً من الأسبوع الخامس من العمر تمت زيادة عدد ساعات الإضاءة تدريجياً لتصل إلى 16 ساعة إضاءة مع 8 ساعات ظلام عند ابتداء إنتاج البيض. غُذيت الطيور على

خلطة علفية ذات محتوى 2800 كيلو كالوري/كغ طاقة استقلابية و 21% بروتين خام (معمل البيدر) مع توفير الماء بشكل دائم.

عُرضت الطيور بعد وصولها لعمر النضج الجنسي (49 يوماً) لبرنامج الإجهاد الحراري، إذ عُرضت 6 طيور (3 ذكور و 3 إناث) من كل مجموعة لدرجة حرارة  $41 \pm 1^\circ \text{C}$  لمدة 3 ساعات (من الساعة 9.00 صباحاً وحتى الساعة 12.00 ظهراً) تم خلالها سحب (0.5-1 مل) من وريد الجناح عند بداية تطبيق الإجهاد الحراري، وبعده بـ 1.30 ساعة و 3 ساعات، وذلك باستخدام محقن الإنسولين 1 مل ووضعت عينات الدم في أنابيب مخصصة لحفظ الدم مزودة بمادة EDTA لمنع تخثر الدم. تُغلت عينات الدم المأخوذة من مجموعات الدراسة الأربعة لفصل بلازما الدم عن مكونات الدم الأخرى لمدة 5 دقائق على سرعة 14000 rpm باستخدام مثقلة (Hettich® MIKRO 120 centrifuge, Germany)، وحُفظت على درجة حرارة  $-20^\circ \text{C}$  س لاستخدامها لاحقاً في دراسة كل من تركيز هرمون الكورتيكوستيرون والغلوكوز والكوليسترول والجليسيريدات الثلاثية والبولية وحمض البول. بعد نهاية الإجهاد الحراري وسحب عينات الدم، دُبجت 4 طيور (2 ذكور و 2 إناث) معرضة للإجهاد الحراري وأُخذ منها الكبد والكلية والوطاء، وحُفظت الأعضاء آنفة الذكر في الآزوت السائل تمهيداً لاستخلاص الحمض النووي الريبي RNA.

## 2-3- إنشاء قطيع الجيل الثاني وتطبيق برنامج الإجهاد الحراري وجمع العينات

طُبقت النسبة الجنسية في القطيع (ذكر واحد لكل 4 إناث)، وُجِع البيض من قطيع الجيل الأول وفق المجموعات الأربعة تمهيداً لوضعها في الحاضنة للحصول على طيور الجيل الثاني فضلاً عن دراسة المؤشرات الخاصة بالبيضة. حُصّن البيض المأخوذ من الجيل الأول وفق شروط التفريخ المثالية ( $37.5^\circ \text{C}$  س و 55% رطوبة نسبية) بدءاً من اليوم الأول وحتى اليوم 14 من الحضانة مع تقليب البيض كل ساعة، ثم نقلت إلى صواني الفقس وطُبقت الشروط المثالية ( $37.0^\circ \text{C}$  س و 75% رطوبة نسبية) في الأيام الثلاثة

الأخيرة من الحضانة. تمت رعاية صيصان الجيل الثاني (من حرارة وإضاءة وتغذية) وفق الشروط المذكورة آنفاً في طيور قطيع الجيل الأول.

بعد الوصول لعمر النضج الجنسي (49 يوماً) عُرضت 6 طيور من كل مجموعة من طيور الجيل الثاني (3 ذكور و3 إناث) للإجهاد الحراري كما سبق ذكره بالنسبة لقطيع الأمات وجمعت عينات الدم واستؤصل كل من الكبد والكلية والوطاء. تُفُلت عينات الدم المأخوذة من مجموعات الدراسة الأربعة لفصل بلازما الدم عن مكونات الدم الأخرى لمدة 5 دقائق على سرعة 14000 rpm باستخدام مثقلة (Hettich® MIKRO 120 centrifuge, Germany)، وحُفظت على درجة حرارة -20° س لاستخدامها لاحقاً في التحاليل المذكورة آنفاً في قطيع الجيل الأول، كذلك الأمر بالنسبة للأعضاء الداخلية إذ ذُبحت 4 طيور (2 ذكور و2 إناث) معرضة للإجهاد الحراري واستؤصل منها الكبد والكلية والوطاء وحُفظت الأعضاء في الآزوت السائل تمهيداً لاستخلاص الحمض النووي الريبي RNA.

### 3- المؤشرات المدروسة

#### 3-1- تقدير مؤشرات التفريخ

نسبة البيض المخصب والفقس والتفريخ: قُدِّرَت لكل من قطيع الجيلين الأول والثاني وفقاً لـ Zhu وزملاؤه (2017) حسب الآتي:

$$\text{نسبة البيض المخصب} \% = \frac{\text{عدد البيض المخصب}}{\text{عدد البيض الموضوع في المفرخ}} \times 100$$

$$\text{نسبة الفقس} \% = \frac{\text{عدد البيض الفاقس}}{\text{عدد البيض المخصب}} \times 100$$

$$\text{نسبة التفريخ} \% = \frac{\text{عدد البيض الموضع في المفرخ}}{\text{عدد البيض الفاقس}} \times 100$$

متوسط وزن الصوص بعمر يوم واحد: قُدرت من خلال وزن الصيصان الفاقسة بشكل إفرادي بعمر يوم واحد وذلك باستخدام ميزان حساس بدقة 0.001 ثم حساب متوسط الوزن لكل مجموعة.

### 3-2- تقدير مؤشرات النمو

نسبة النفوق: حُسبت خلال فترة النمو (من عمر يوم واحد وحتى عمر النضج الجنسي) وذلك عن طريق قسمة عدد الطيور النافقة على عدد الطيور الكلي لكل مجموعة لطيور الجيل الأول.

متوسط الوزن الحي: تم حساب هذا المؤشر عن طريق وزن الطيور في كل مجموعة ومن ثم حساب متوسط الوزن وذلك بعمر يوم واحد وبعدها كل أسبوعين خلال مرحلة النمو لطيور الجيل الأول بهدف تقدير متوسط الزيادة الوزنية.

سرعة النمو النسبية: تم حساب هذا المؤشر لكامل فترة النمو لطيور الجيل الأول في كل مجموعة وفق المعادلة التالية (هاشم والسعدي 2000):

$$\text{سرعة النمو النسبية} (\%) = \frac{\text{متوسط الوزن الحي للطيور في نهاية لفترة (غ)} - \text{متوسط الوزن الحي للطيور في بداية الفترة (غ)}}{\text{متوسط الوزن الحي للطيور في نهاية لفترة (غ)} + \text{متوسط الوزن الحي للطيور في بداية الفترة (غ)}} \times 100$$

### 3-3- تقدير مؤشرات البيض

#### 3-3-1. تقدير مؤشرات إنتاج البيض

قُدرت المؤشرات التالية الخاصة بإنتاج البيض لطيور الجيل الأول في كل مجموعة خلال الفترة من بداية إنتاج البيض وحتى 12 أسبوعاً.

متوسط استهلاك العلف: تم حساب هذا المؤشر لكل مجموعة كل أربعة أسابيع ولكامل الفترة الإنتاجية المدروسة (12 أسبوعاً) من خلال العلاقة التالية:

$$\text{متوسط استهلاك الطير من العلف (غ) خلال فترة ما} = \frac{\text{كمية العلف المستهلكة (غ) خلال الفترة}}{\text{متوسط عدد الطيور خلال الفترة}}$$

علماً بأن متوسط عدد الطيور خلال فترة ما حُسب من العلاقة التالية:

$$\text{متوسط عدد الطيور خلال فترة ما (طيراً)} = \frac{\text{ناتج جمع عدد الطيور الحية في كل يوم من أيام الفترة}}{\text{عدد أيام الفترة}}$$

معدل إنتاج البيض: حُسب لكامل الفترة الإنتاجية المدروسة من خلال العلاقة التالية (هاشم والسعدي، 2000):

$$\text{معدل إنتاج البيض لفترة ما (\%)} = \frac{\text{اجمالي عدد البيض المنتج خلال هذه الفترة}}{\text{متوسط عدد الاناث خلال هذه الفترة} \times \text{عدد ايام الفترة}} \times 100$$

متوسط وزن البيضة: تم حسابه من خلال جمع البيض ووزنه يومياً من كل مجموعة ثم حساب متوسط الوزن لكامل الفترة الإنتاجية المدروسة.

متوسط إنتاج الأنثى الواحدة من البيض: حُدد هذا المؤشر عند طيور كل مجموعة بطريقتين وفق العلاقتين التاليتين:

أ- متوسط إنتاج الأنثى الواحدة من البيض (H.D):

$$(H.D) \text{ لفترة ما} = \frac{\text{اجمالي عدد البيض الناتج في هذه الفترة}}{\text{متوسط عدد الاناث في هذه الفترة}}$$

ب- متوسط إنتاج الأنثى الواحدة من البيض (H.H):

$$(H.H) \text{ لفترة ما} = \frac{\text{اجمالي عدد البيض الناتج في هذه الفترة}}{\text{عدد الاناث في بداية هذه الفترة}}$$

متوسط كتلة البيض للأنثى الواحدة: حُدد هذا المؤشر عند طيور كل مجموعة أسبوعياً ولكامل الفترة الإنتاجية المدروسة وذلك من خلال ضرب متوسط وزن البيضة بعدد البيض وقسمة الناتج على عدد الإناث في كل مجموعة.

معامل التحويل الغذائي: تم حسابه لطيور كل مجموعة لكامل الفترة الإنتاجية المدروسة وذلك عن طريق

قسمة كمية العلف المستهلكة على كتلة البيض المنتجة.

### 3-3-2. تقدير المواصفات النوعية الداخلية والخارجية للبيض

جُمعت 40 بيضة عشوائياً من كل مجموعة من قطيع الأمات لتحديد مؤشرات البيضة، إذ قُدرت مواصفات البيضة الطازجة لـ 10 بيضات وحُزنت 30 بيضة من كل مجموعة على درجة حرارة (8-12° س) لمدة 3 أسابيع حُدثت خلالها المؤشرات أسبوعياً على 10 بيضات.

استخدم ميزان حساس بدقة 0.001 لتحديد وزن البيضة ووزن القشرة بعد إزالة الأغشية المبطنية ووزن البياض والصفار بعد فصلهما عن بعضهما بعضاً. استخدم بياكوليس رقمي بدقة 0.001 لتحديد سماكة القشرة في منطقة وسط البيضة بعد إزالة الأغشية المبطنية للقشرة ولتحديد دليل البياض والصفار. استخدمت البيانات آنفة الذكر لتحديد المؤشرات التالية وفقاً لـ Ondrušíková وزملاؤه، (2018):

$$\text{دليل شكل البيضة \%} = 100 \times \frac{\text{القطر العرضي للبيضة (مم)}}{\text{القطر الطولي للبيضة (مم)}}$$

$$\text{الوزن النسبي للقشرة \%} = 100 \times \frac{\text{وزن القشرة (غ)}}{\text{وزن البيضة (غ)}}$$

**دليل البياض:** حُسب بعد تقدير ارتفاع البياض الكثيف باستخدام ميكروميتر خاص وتقدير متوسط قطر البياض الكثيف باستخدام البياكوليس الرقمي، وذلك من خلال العلاقة التالية:

$$\text{دليل البياض \%} = 100 \times \frac{\text{ارتفاع البياض الكثيف (مم)}}{\text{متوسط قطر البياض الكثيف (مم)}}$$

$$\text{الوزن النسبي للبياض \%} = 100 \times \frac{\text{وزن البياض (غ)}}{\text{وزن البيضة (غ)}}$$

**دليل الصفار:** حُسب بعد تقدير ارتفاع الصفار باستخدام ميكروميتر خاص وتقدير قطر الصفار باستخدام

البياكوليس الرقمي، وذلك من خلال العلاقة التالية:

$$\text{دليل الصفار \%} = 100 \times \frac{\text{ارتفاع الصفار (مم)}}{\text{قطر الصفار (مم)}}$$

$$\text{الوزن النسبي للصفار \%} = 100 \times \frac{\text{وزن الصفار (غ)}}{\text{وزن البيضة (غ)}}$$

**وزن البياض إلى الصفار:** تم تحديد قيمة هذا المؤشر من خلال قسمة وزن البياض على الصفار.

**وحدات هوف:** تم تحديد قيمة وحدات هوف من خلال العلاقة التالية:

$$Hu = 100 \times \log (h+7.53-1.7w^{0.37})$$

حيث أن: h = ارتفاع البياض الكثيف (مم) w = وزن البيضة (غ)

**لون الصفار:** حُدد لون الصفار باستخدام مروحة الألوان المتدرجة من 1 إلى 10 الخاصة بقياس درجة

لون الصفار (مروحة روش).

### 3-4- تقدير المؤشرات الفيزيولوجية

#### 3-4-1. تقدير تركيز هرمون الكورتيكوستيرون

تم تقدير تركيز هرمون الكورتيكوستيرون عن طريق نقانة مقايصة الادمصاص المناعي المرتبطة بالأنزيم

(إليزا) The Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). تم تطبيق الإجراءات اللازمة

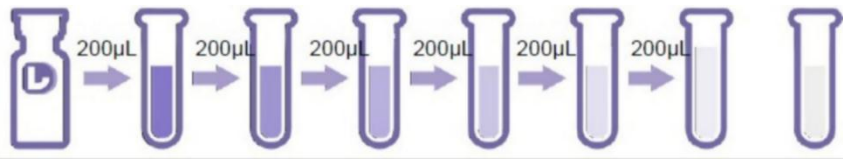
باستخدام General Corticosterone (Cort) ELISA Kit من شركة (DLDevelop®, China)

وفق النشرة المرفقة، والجهاز المستخدم (ELX800 Microplate reader) من شركة (BioTek®, USA)

وفق الخطوات التالية:

## 1. تحضير المحاليل

**المحلول العياري:** مُزج 0.1 مل من محلول التمديد مع المحلول العياري المرفق وحُصّن لمدة 10 دقائق على درجة حرارة الغرفة، ليصبح تركيز المحلول العياري 500 نغ/مل. جُهّزت سبعة أنابيب تحوي على 0.2 مل من محلول التمديد، ثم استُخدم المحلول العياري الممدد لتحضير التراكيز المُدرّجة كما هو موضح في الشكل التالي، مُزج كل أنبوب بعناية قبل النقل إلى الأنبوب التالي لتصبح التراكيز في الأنابيب كما يلي بالترتيب: 500 – 250 – 125 – 62.5 – 31.2 – 15.6 – 7.81 نغ/مل، ويكون الأنبوب الثامن بتركيز صفر يحوي على الشاهد.

|                 |                                                                                    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| المحلول العياري |  |
| الأنبوب         | 1 2 3 4 5 6 7 8                                                                    |
| التركيز ng/mL   | 500 250 125 62.5 31.2 15.6 7.81 0                                                  |

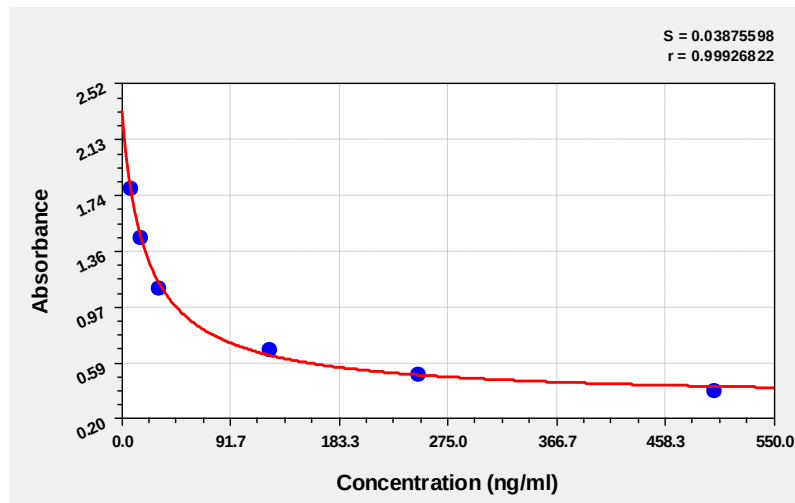
**الكاشف A والكاشف B:** وتُضع كل من محلولي الكاشفين A و B على الدوران باستخدام المثقلة قبل البدء بالتحضير، ثم خُفّف التركيز باستخدام محلول العمل الخاص بالتمديد بنسبة (1:100).

**محلول الغسيل:** مُزج 20 مل من محلول الغسيل تركيز (X30) مع 580 مل من الماء المقطر لتحضير 600 مل من محلول الغسيل بتركيز (X1).

## 2. طريقة العمل

- حُدّدت الآبار الخاصة بالمحاليل العيارية ذات التراكيز المتسلسلة إضافة للبئر الخاص بالشاهد، ثم وُزع 50 µl من كل أنبوب من أنابيب المحاليل العيارية إلى الآبار السبعة بشكل متسلسل، وأُضيف الشاهد ذو التركيز صفر في البئر الثامن.
- حُدّدت الآبار الخاصة بالعينات وُوزع 50 µl من كل عينة في البئر الخاص بها.
- أُضيف 50 µl من الكاشف A لكل بئر (العينات والمحاليل العيارية والشاهد) مباشرة، ثم رُجّت الصفيحة بلطف وغطيت لعزلها عن الضوء وحُصّنت لمدة ساعة على درجة حرارة 37° س.

- غُسلت الآبار باستخدام  $300\mu\text{M}$  من محلول الغسيل تركيز  $\times 1$  لكل بئر من الآبار المستخدمة، ثم أُزيل محلول الغسيل بعد 1-2 دقيقة والتأكد من التخلص من كامل محلول الغسيل من خلال نقر الصفيحة على ورق نشاف عقيم. أُعيدت عملية الغسيل 3 مرات.
- وُزع  $100\mu\text{M}$  من الكاشف B لكل بئر من الآبار المستخدمة، وحُضنت الصفيحة بمعزل عن الضوء لمدة ساعة على درجة حرارة  $37^\circ\text{C}$ . غُسلت الآبار بعد انتهاء فترة الحضانة بنفس الطريقة السابقة 5 مرات.
- أُضيف  $90\mu\text{M}$  من محلول الركيزة (مادة التفاعل TMB) باستخدام رؤوس عقيمة لكل بئر، ثم غُطيت الصفيحة وحُضنت لمدة 15-25 دقيقة على درجة حرارة  $37^\circ\text{C}$  حتى تحول لون المحلول في الآبار إلى اللون الأزرق.
- أُضيف  $50\mu\text{M}$  من مادة إيقاف التفاعل لكل بئر، لوحظ تغير اللون إلى الأصفر مباشرة عند إضافة المحلول كمؤشر لإيقاف التفاعل.
- حُددت امتصاصية هرمون الكورتيكوستيرون في العينات المدروسة على طول موجة  $450\text{nm}$  ثم رُسم المنحنى البياني الخاص بحساب التراكيز بعد تحديد امتصاصية المحاليل القياسية معروفة التركيز التي حُضرت وفق إرشادات النشرة المرفقة (الشكل رقم 1).



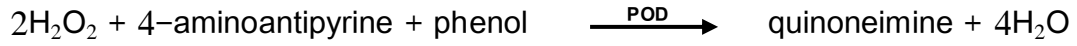
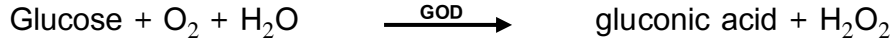
الشكل (1)؛ مخطط المحلول العياري يوضح التراكيز المعلومة المستخدمة وامتصاصية كل تركيز، والمستخدم لحساب قيم تركيز هرمون الكورتيكوستيرون لعينات الدراسة

### 3-4-2. تقدير المؤشرات البيوكيميائية

تم تقدير تركيز كل من الغلوكوز والكوليسترول والجليسيريدات الثلاثية والبولية وحمض البول باستخدام الكيئات الخاصة من شركتي (Human®, Germany) و (Spinreact®, Spain) وفق النشرات المرفقة الخاصة بكل مؤشر وباستخدام جهاز Spectrofotometer من شركة (Optima®, Japan) لقياس امتصاصية اللون بعد إضافة الكواشف وعلى طول الموجة المناسبة.

#### - الغلوكوز

يتم تقدير الغلوكوز في البلازما بعد الأكسدة الانزيمية التي تتم بوجود أنزيم غلوكوز أكسيداز glucose oxidase، يتفاعل الماء الأوكسجيني المتشكل تحت تأثير أنزيم البيروكسيداز وبوجود الفينول ومركب 4-أمينوأننتيبيرين ليشكل صبغة الكوينونيمين quinoneimine ذات اللون الزهري التي تدل على تركيز الغلوكوز في البلازما.



#### طريقة العمل

1. يؤخذ 10µl من العينة (البلازما) باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع في الكوفيت، يُضاف إليها

1 ml من الكاشف الخاص بالغلوكوز باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع فوق العينة في الكوفيت،

تمزج بشكل جيد.

2. يؤخذ 10µl من المحلول العياري std ويضاف إليه 1 ml من الكاشف.

3. يوضع في كوفيت خاص 1 ml من الكاشف فقط (blank)، وفي كوفيت آخر 1 ml من الماء

المقطر.

4. توضع الكوفيتات الحاوية على مزيج العينة والمحلل العياري والكاشف في الحاضنة على درجة

حرارة 37° س لمدة 10 دقائق (أو تُحضن في درجة حرارة الغرفة 15-25° س لمدة 20 دقيقة)،

نلاحظ تغير لون المحلول إلى اللون الزهري.

5. يتم ضبط جهاز المقياس الضوئي على طول موجة 520 نانومتر، ويوضع الكوفيت الحاوي على

الماء المقطر في الجهاز ليتم تصفير القراءة عليه.

6. تؤخذ قراءة الامتصاصية absorbance لكل من الكاشف والمحلل العياري والعينة على التوالي.

7. يتم حساب تركيز الجلوكوز في العينة من خلال العلاقة التالية:

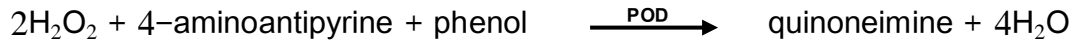
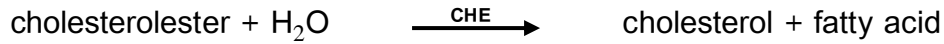
$$\text{تركيز الجلوكوز (mg/dL)} = \frac{\text{امتصاصية العينة} - \text{امتصاصية الكاشف}}{\text{امتصاصية المحلول العياري} - \text{امتصاصية الكاشف}}$$

## - الكوليسترول

يتم تقدير الكوليسترول بعد عملية الحلمة الأنزيمية والاكسدة، إذ تتشكل صبغة الكوينونيمين التي تدل

على تركيز الكوليسترول في البلازما من الماء الأوكسجيني ومركب 4-أمينوأنتيبيريدين بوجود كل من الفينول

وأنزيم البيروكسيداز.



## طريقة العمل

1. يؤخذ 10µl من العينة (البلازما) باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع في الكوفيت، يُضاف إليها

1 ml من الكاشف الخاص بالكوليسترول باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع فوق العينة في

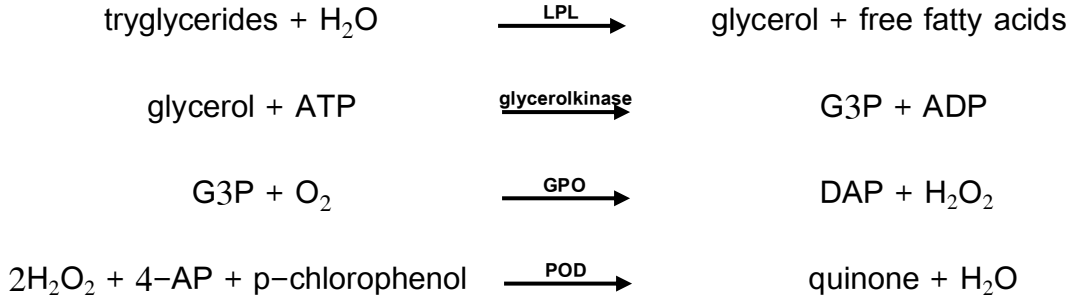
الكوفيت، تمزج بشكل جيد.

2. يؤخذ 10µl من المحلول العياري std ويضاف إليه 1 ml من الكاشف.
3. يوضع في كوفيت خاص 1 ml من الكاشف فقط (blank).
4. توضع الكوفيتات الحاوية على مزيج العينة والمحلول العياري والكاشف في الحاضنة على درجة حرارة 37° س لمدة 5 دقائق (أو تُحضن في درجة حرارة الغرفة 15-25° س لمدة 10 دقائق)، نلاحظ تغير لون المحلول إلى اللون الزهري.
5. يتم ضبط جهاز المقياس الضوئي على طول موجة 546 نانومتر، ويوضع الكوفيت الحاوي على الكاشف فقط blank في الجهاز ليتم تصفير القراءة عليه.
6. تؤخذ قراءة الامتصاصية لكل من المحلول العياري والعينة على التوالي.
7. يتم حساب تركيز الكوليسترول في العينة من خلال العلاقة التالية:

$$\frac{\text{امتصاصية العينة}}{\text{امتصاصية المحلول العياري}} \times 200 = (\text{mg/dL}) \text{ تركيز الكوليسترول}$$

### - الغليسيريدات الثلاثية

يعتمد مبدأ طريقة تقدير الغليسيريدات الثلاثية على تحول الغليسيرول الناتج عن تفكك الغليسيريدات الثلاثية إلى غليسيرول-3-فوسفات (G3P) وأدينوزين-5-ثنائي الفوسفات (ADP) بواسطة أنزيم كيناز الغليسيرين glycerol kinase و ATP. يتحول غليسيرول-3-فوسفات إلى فوسفات ثنائي هيدروكسي الأسيتون (DAP) dihydroxyacetone phosphate والماء الأوكسجيني. يتفاعل الماء الأوكسجيني في نهاية التفاعل مع مركب 4-أمينوفينازون (4-AP) ومركب p-chlorophenol بوجود أنزيم البيروكسيداز ليشكل صبغة حمراء اللون التي تُعبّر عن تركيز الغليسيريدات الثلاثية في البلازما.



### طريقة العمل

1. يؤخذ 10µl من العينة (البلازما) باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع في الكوفيت، يُضاف إليها 1 ml من الكاشف الخاص بالجليسيريدات الثلاثية باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع فوق العينة في الكوفيت، تمزج بشكل جيد.
2. يؤخذ 10µl من المحلول العياري std ويضاف إليه 1 ml من الكاشف.
3. يوضع في كوفيت خاص 1 ml من الكاشف فقط (blank)، وفي كوفيت آخر 1 ml من الماء المقطر.
4. توضع الكوفيتات الحاوية على مزيج العينة والمحلول العياري والكاشف في الحاضنة على درجة حرارة 37° س لمدة 5 دقائق (أو تُحضن في درجة حرارة الغرفة 15-25° س لمدة 10 دقائق)، نلاحظ تغير لون المحلول إلى اللون الأحمر.
5. يتم ضبط جهاز المقياس الضوئي على طول موجة 520 نانومتر، ويوضع الكوفيت الحاوي على الماء المقطر في الجهاز ليتم تصفير القراءة عليه.
6. تؤخذ قراءة الامتصاصية لكل من الكاشف والمحلول العياري والعينة على التوالي.
7. يتم حساب تركيز الجليسيريدات الثلاثية في العينة من خلال العلاقة التالية:

امتصاصية العينة - امتصاصية الكاشف

$$\text{تركيز الجليسيريدات الثلاثية (mg/dL)} = \frac{\text{امتصاصية العينة} - \text{امتصاصية الكاشف}}{\text{امتصاصية المحلول العياري} - \text{امتصاصية الكاشف}} \times 200$$

امتصاصية المحلول العياري - امتصاصية الكاشف

## - البولة

تتحلل البولة بوجود الماء وأنزيم اليوريزاز urease لينتج عن ذلك الأمونيا وغاز ثاني أكسيد الكربون. تتفاعل أيونات الأمونيوم مع الهيبوكلوريت hypochlorite والساليسيلات salicylate خلال تفاعل بيرثلوت لتتشكل في نهاية التفاعل صبغة خضراء اللون. تُعبّر امتصاصية الصبغة عن تركيز البولة في العينة المدروسة.

## طريقة العمل

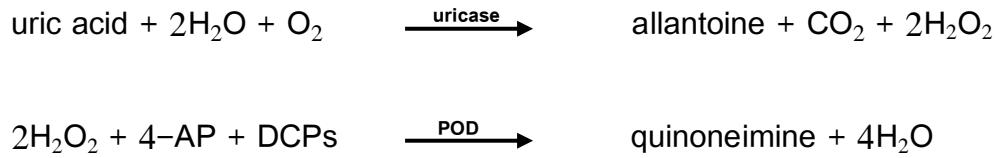
1. يؤخذ 10µl من العينة (البلازما) باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع في الكوفيت، يُضاف إليها 1 ml من محلول الكاشف الأول الخاص بالبولة باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع فوق العينة في الكوفيت، تمزج بشكل جيد.
2. يؤخذ 10µl من المحلول العياري std ويضاف إليه 1 ml من محلول الكاشف الأول.
3. يوضع في كوفيت خاص 1 ml من الكاشف الأول فقط (blank).
4. توضع الكوفيتات الحاوية على مزيج العينة والمحلول العياري والكاشف في الحاضنة على درجة حرارة 37° س لمدة 3 دقائق (أو تُحضن في درجة حرارة الغرفة 15-25° س لمدة 5 دقائق).
5. يُضاف 1 ml من محلول الكاشف الثاني الخاص بالبولة إلى كوفيتات كل من العينة والمحلول العياري والكاشف الأول، ثم توضع الكوفيتات في الحاضنة على درجة حرارة 37° س لمدة 5 دقائق (أو تُحضن في درجة حرارة الغرفة 15-25° س لمدة 10 دقائق)، نلاحظ تغير لون المحلول إلى اللون الأخضر.
6. يتم ضبط جهاز المقياس الضوئي على طول موجة 546 نانومتر، ويوضع الكوفيت الحاوي على الكاشف في الجهاز ليتم تصفير القراءة عليه.
7. تؤخذ قراءة الامتصاصية لكل من المحلول العياري والعينة على التوالي.

8. يتم حساب تركيز البولة في العينة من خلال العلاقة التالية:

$$\frac{\text{امتصاصية العينة}}{\text{امتصاصية المحلول العياري}} \times 80.8 = (\text{mg/dL}) \text{ تركيز البولة}$$

### - حمض البول

يتأكسد حمض البول بواسطة أنزيم اليوريكاز إلى مركب آلانتوين allantoin والماء الأوكسجيني تحت تأثير كل من POD ومركب 4-أمينوفينازون ومركب 2,4-dichlorophenol sulfonate (DCPs) لتتشكل صبغة الكوينونيمين حمراء اللون التي يتم من خلالها تقدير تركيز حمض البول في البلازما.



### طريقة العمل

1. يؤخذ 25µl من العينة (البلازما) باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع في الكوفيت، يُضاف إليها 1 ml من الكاشف الخاص بحمض البول باستخدام الماصة الدقيقة وتوضع فوق العينة في الكوفيت، تمزج بشكل جيد.
2. يؤخذ 25µl من المحلول العياري std ويضاف إليه 1 ml من الكاشف.
3. يوضع في كوفيت خاص 1 ml من الكاشف فقط (blank)، وفي كوفيت آخر 1 ml من الماء المقطر.
4. توضع الكوفيتات الحاوية على مزيج العينة والمحلول العياري والكاشف في الحاضنة على درجة حرارة 37° س لمدة 5 دقائق (أو تُحضن في درجة حرارة الغرفة 15-25° س لمدة 10 دقائق)، نلاحظ تغير لون المحلول إلى اللون الأحمر.

5. يتم ضبط جهاز المقياس الضوئي على طول موجة 520 نانومتر، ويوضع الكوفيت الحاوي على

الماء المقطر في الجهاز ليتم تصفير القراءة عليه.

6. تؤخذ قراءة الامتصاصية لكل من الكاشف والمحلول العياري والعينة على التوالي.

7. يتم حساب تركيز حمض البول في العينة من خلال العلاقة التالية:

$$\text{تركيز حمض البول (mg/dL)} = \frac{\text{امتصاصية العينة} - \text{امتصاصية الكاشف}}{\text{امتصاصية المحلول العياري} - \text{امتصاصية الكاشف}} \times 6$$

### 3-5- تقدير المؤشرات الجزيئية

#### 3-5-1. استخلاص الحمض النووي الريبي RNA وإجراء تفاعل PCR التقليدي

استخلص الحمض النووي الريبي RNA من الأعضاء المأخوذة من طيور المجموعات الأربعة باستخدام كل من GeneJET RNA Purification kit (Thermo Scientific®, Lithuania) وذلك وفقاً للتعليمات الموجودة بالنشرة المرفقة لكل كيت. تم تقدير تركيز الحمض النووي باستخدام جهاز NanoDrop™ 2000 Spectrophotometer من شركة (Thermo Scientific®, Canada)، نُقل الحمض النووي المستخلص إلى أنبوب إيبندورف معقم وخالٍ من RNase وحُزن على درجة حرارة -80°س لحين استخدامه.

بهدف التأكد من إجراء عملية الاستخلاص بشكل صحيح، تم اصطناع DNA المتمم باستخدام كيت (Thermo Scientific®, Germany) لعينات عشوائية من طيور ومن أنسجة مختلفة وذلك وفقاً للتعليمات الموجودة بالنشرة المرفقة. أُجري الكشف عن الحمض النووي في العينات المذكورة باستخدام التفاعل السلسلي للبوليميراز (PCR) باستخدام البادئات الخاصة بمورثة غليسير ألدهيد 3- فوسفات نازعة الهيدروجين GAPDH (Glyceraldehyde 3-phosphate)

dehydrogenase) بوصفها مورثة مرجعية ترمز أنزيمياً مهماً جداً في حلّ السكر، والبادئات الخاصة بكل من المورثتين موضوع الدراسة (HSP70 Heat Shock Protein و Heat Shock Protein (HSP90) 90، إذ تكوّن مزيج التفاعل من حجم نهائي 25 مايكروليتر مؤلف من 5 مايكروليتر من cDNA و 12.5 مايكروليتر من (GeneDireX®, USA) Master mix (2x) و 1 مايكروليتر من كل بادئة (Forward – Reverse) بتركيز بدائي 10 ميكرومول/ل وفق كل مورثة من المورثات الثلاثة. كان تسلسل القواعد الآزوتية في البادئات المتخصصة للمورثات المدروسة كما هي في الجدول (1) وفق (Wang وزملاؤه، 2015)، وأكمل الحجم بـ 5.5 مايكروليتر من الماء ليصبح الحجم الكلي 25 مايكروليتر.

الجدول 4؛ البادئات الخاصة بالمورثات المدروسة HSP70 و HSP90 والمورثة المرجعية GAPDH مع طول كل مورثة (وفق خليل، 2019)

| رمز المورثة | التوصيف                                          | البادئة Primer                                           | طول منتج PCR (bp) |
|-------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|
| HSP90 AA1   | Heat shock protein 90kDa alpha, class A member 1 | F: GGTGTTGGTTCCTACTCTGCTTA<br>R: ACTGCTCATCATCATTGTGCTTG | 76                |
| HSP A2      | Heat shock 70kDa protein 2                       | F: CAACCCGATTGTCACAAACT<br>R: TTGGCAATGACGTTTTTCCT       | 182               |
| GAPDH       | Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase         | F: CATCACAGCCACACAGAAGA<br>R: TGACTTTCCCCACAGCCTTA       | 122               |

صُمم البرنامج الحراري لتفاعل الـ PCR التقليدي كالآتي: فصل أولي عند الدرجة 94° س لمدة 5 دقائق، متبوعاً بـ 35 دورة حرارية تتألف كل منها من 94° س لمدة 40 ثانية (فصل شريطي DNA) ثم 56° س لمدة 30 ثانية (التحام البادئة) ومرحلة الاستطالة 72° س لمدة 1 دقيقة، وأخيراً الإطالة النهائية عند الدرجة 72° س لمدة 7 دقائق بعد إتمام الدورات الحرارية، مع الأخذ بالحسبان أن درجة الحرارة المطلوبة لالتحام البادئات الخاصة بمورثة GAPDH ومورثة HSP70 كانت 56° س، بينما درجة الحرارة المطلوبة لالتحام البادئات الخاصة بالمورثة HSP 90 كانت 58° س.

رُحلت نواتج تضخيم PCR بالرحلان الكهربائي على هلامه الأغاروز 1% بوجود بروميد الايثيديوم Ethidium Bromide وذلك لتأكد من وحدانية منتج PCR.

### 3-5-2. التعبير المورثي لمورثة HSP70 و HSP90 باستخدام تفاعل

#### Real-Time Polymerase chain reaction (RT-PCR)

تم الكشف عن التعبير المورثي للمورثتين المدروستين (HSP 70 و HSP 90) فضلاً عن مورثة GAPDH بوصفها مورثة مرجعية، التعبير عنها ثابت بالرغم من تغير ظروف الوسط، وذلك في الأعضاء المستخلصة من الطيور التي عُرضت للإجهاد الحراري بعد الوصول لعمر النضج الجنسي (قطيعي الجيل الأول والثاني) باستخدام الحمض النووي الريبي RNA بعد توحيد الكميات المأخوذة من RNA للعينات المراد دراسة التعبير المورثي فيها، وإجراء التفاعل السلسلي للبوليميراز بالزمن الحقيقي RT-PCR باستخدام البادئات primers الخاصة بكل مورثة وذلك باستخدام الكيت الخاص GoTaq® 1-Step Rt-qPCR System Kit من شركة (Promega®, USA)، كما استخدم لتفاعل RT-PCR جهاز Real-Time PCR System Stratagene Mx3005P من شركة (Agilent Technologies®, USA). كَوْن مزيج التفاعل من حجم نهائي 20 مايكروليتر مؤلف من:

- 100ng من RNA
- 10 مايكروليتر من Master mix (2x)
- 0.5 مايكروليتر من كل بادئة (Forward – Reverse) بتركيز بدائي 10 ميكرومول/ل وفق كل مورثة من المورثات الثلاثة
- 0.4 مايكروليتر من أنزيم النسخ العكسي GoScript™ RT Mix for 1-Step RT-qPCR (50X)

صُمم البرنامج الحراري لتفاعل الـ RT-PCR وفق المراحل التالية:

- مرحلة اصطناع cDNA (النسخ العكسي) عند الدرجة 37 س لمدة 15 دقيقة
- مرحلة الفصل الأولي (تنشيط أنزيم النسخ العكسي وتنشيط أنزيم البلمرة) عند الدرجة 95° س لمدة 10 دقائق
- 40 دورة حرارية تتألف كل منها من:
  - فصل شريطي DNA على الدرجة 94 س لمدة 40 ثانية
  - التحام البادئات على الدرجة 56 س لمدة 30 ثانية
  - مرحلة الاستطالة على الدرجة 72 س لمدة 40 ثانية

أظهر تفاعل RT-PCR التضخيم الناجح لجميع العينات المدروسة. تم إجراء اختبار منحنى الإنصهار dissociation curve والذي أظهر ذروة واحدة واضحة ودليل وجود منتج وحيد للمورثة المستهدفة، كما استخدم منحنى التضخيم amplification curve لاحتساب قيمة الدورة العتبة Cycle Threshold (Ct) التي تمثل رقم الدورة التي يتحسس فيها الجهاز الفلورة أو التآلق الناتج عن التفاعل وذلك لكل عينة من العينات المدروسة، ولكل مورثة من المورثات الثلاثة (المورثتين موضوع الدراسة والمورثة المرجعية). تعكس قيمة Ct كمية المادة الوراثية التي تم البدء بتضخيمها (cDNA) وبالتالي كمية

التعبير المورثي عن mRNA. استُخدمت قيم Ct في حساب التعبير المورثي للمورثات المدروسة وفق الآتي (Livak و Schmittgen، 2001):

- فرق التعبير بين المورثة المرجعية (GAPDH) والمورثة المدروسة (إما HSP70 أو HSP90) وفق العلاقة التالية:

$$\Delta Ct = Ct \text{ المورثة المدروسة} - Ct \text{ المورثة المرجعية}$$

- تغيرات التعبير المورثي عن المورثات المدروسة بين مجموعة الشاهد ومجموعة المناقلة الحرارية وفق العلاقة التالية:

$$\Delta\Delta Ct = \Delta Ct \text{ المجموعة المدروسة} - \Delta Ct \text{ الشاهد}$$

واحتسبت فروق التعبير مقدرة بالضعف (fold change) بالعلاقة التالية:

$$\text{التعبير المورثي} = 2^{-\Delta\Delta Ct}$$

### 3. التحليل الإحصائي

تم تنسيق نتائج البيانات الخاصة بكافة المؤشرات المدروسة في جداول خاصة تمهيداً لإجراء التحليل

الإحصائية الملائمة عليها باستخدام برنامج (SAS 9.2; 2008) على النحو التالي:

- حُسبت متوسطات المؤشرات المدروسة والخطأ المعياري باستخدام تعليمة MEANS.
- قُيِّمت الفروق بين المجموعات بخصوص المؤشرات المدروسة إحصائياً -في حال وجودها- بحسب اختبار TUKEY المدرج ضمن تعليمة النماذج الخطية المعممة GLIMMIX تبعاً للنموذج التالي:

$$Y_i = X_i\beta + Z_i\gamma + \epsilon_i$$

إذ تمثل:

- $Y_i$ : المتغير المدروس (مؤشرات إنتاج البيض مثل معدل إنتاج البيض، مؤشرات الموصفات النوعية الداخلية والخارجية مثل متوسط وزن الببضة الطازج وبعد التخزين، تركيز هرمون الكورتيكوستيرون، المؤشرات البيوكيميائية مثل تركيز الجلوكوز في بلازما الدم، التعبير المورثي عن HSP70 و HSP90).
- $X_i$ : مصفوفة عمودية للمتغيرات التوضيحية (تعتبر مؤثرات ثابتة) التي يمكن قياسها من الإعدادات التجريبية (المناقلة الحرارية، العمر الجنيني).
- $\beta$ : قدرات مصفوفة المعاملات غير المعروفة بتطبيق طريقة أقل المربعات على بيانات المتغير المدروس.
- $Z_i$ : تمثل  $\gamma$  مصفوفة العوامل العشوائية (مثل الطائر) المؤثرة في المتغيرات المدروسة.
- $\epsilon_i$ : تمثل الخطأ التجريبي.

- دُرس تأثير المناقلة الحرارية والعمر الجنيني على المؤشرات المدروسة إحصائياً باستخدام اختبار

(t-test).

## الفصل الثالث

### النتائج والمناقشة

## Results and Discussion

## 1- مؤشرات التفريخ

### 1-1- مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الأول

يبين الجدول (5) مجمل مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الأول الذي عُرض لبرامج مختلفة من المناوبة الحرارية خلال فترة الحضانة، التي تضم كلاً من قيمة النسب المئوية للبيض المخصب وللفقس وللتفريخ ولمتوسط وزن الصوص بعمر يوم واحد. قُدرت معدلات الفقس بـ 100%، 82.22%، 10.64%، 95.92% لكل من مجموعة الشاهد ومجموعات المناوبة المبكرة والمناوبة المتأخرة والمناوبة المزدوجة على التوالي، إذ انخفضت نسبة الفقس معنوياً ( $p < 0.05$ ) في مجموعة المناوبة المبكرة بمقدار 11.78% مقارنة مع مجموعة الشاهد في حين انخفضت تلك النسبة بشكل كبير لدى مجموعة المناوبة المتأخرة.

سلكت نسبة التفريخ السلوك ذاته إذ قُدرت نسبة التفريخ 98.00%، 74.00%، 10.00%، 94.00% لدى كل من مجموعة الشاهد ومجموعة المناوبة المبكرة والمتأخرة والمزدوجة على التوالي، وقد انخفضت نسبة التفريخ معنوياً ( $p < 0.05$ ) لدى مجموعة المناوبة الحرارية المبكرة بمقدار 24% مقارنة مع مجموعة الشاهد، كما وانخفضت نسبة التفريخ معنوياً وبشكل كبير لدى مجموعة المناوبة المتأخرة مقارنة بالشاهد (الجدول 5).

أثرت المناوبة الحرارية المبكرة سلباً ( $p < 0.05$ ) في متوسط وزن الصوص مقارنة مع مجموعة الشاهد، إذ بلغ متوسط وزن الصوص في هذه المجموعة 6.30 غ مقارنة بـ 7.96 غ في مجموعة الشاهد، وهو ما كان مخالفاً لما ذكره Yahav وزملاؤه (2004a، 2004b) الذين لم يسجلوا اختلافات في وزن الجسم لدى طيور الفري عند استخدام المناوبة الحرارية.

الجدول 5؛ مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الأول

| الجيل الأول                | الشاهد              | المنايلة المبكرة   | المنايلة المتأخرة  | المنايلة المزدوجة  | Pr> t |
|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| متوسط وزن بيضة التفريخ (غ) | 12.14               | لكامل المجموعات    |                    |                    |       |
| نسبة البيض المخصب (%)      | 98.00 <sup>a</sup>  | 90.00 <sup>a</sup> | 94.00 <sup>a</sup> | 98.00 <sup>a</sup> | 0.20  |
| نسبة الفقس (%)             | 100.00 <sup>a</sup> | 82.22 <sup>b</sup> | 10.64 <sup>c</sup> | 95.92 <sup>a</sup> | 0.00  |
| نسبة التفريخ (%)           | 98.00 <sup>a</sup>  | 74.00 <sup>b</sup> | 10.00 <sup>c</sup> | 94.00 <sup>a</sup> | 0.00  |
| متوسط وزن الصوص            | 7.96 <sup>a</sup>   | 6.30 <sup>b</sup>  | 7.67 <sup>a</sup>  | 7.25 <sup>ab</sup> | 0.00  |
| بعمر يوم واحد (غ)          |                     |                    |                    |                    |       |

تشير الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية ( $p < 0.05$ )

## 1-2- مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الثاني

لم تتأثر مؤشرات التفريخ (نسبة البيض المخصب - نسبة الفقس - نسبة التفريخ) للبيض المكون لأفراد الجيل الثاني عند تطبيق المنايلة الحرارية المبكرة والمتأخرة والمزدوجة معنوياً ( $p > 0.05$ )، وكانت أفضل قيمة لنسبة الفقس والتفريخ في مجموعة المنايلة المتأخرة إذ بلغت 90% مقارنة بمجموعة الشاهد المقدرة قيمتها 80%، كما ارتفع متوسط وزن الصوص بعمر يوم واحد لدى مجموعة المنايلة المتأخرة على مجموعة الشاهد وكل من مجموعة المنايلة المبكرة والمنايلة المزدوجة (الجدول رقم 6) إذ بلغ متوسط وزن الصوص 8.99 غ، 6.97 غ، 6.86 غ، 6.79 غ على التوالي.

نلاحظ من الجدول وجود فرق معنوي لمتوسط وزن بيضة التفريخ في مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة ( $p < 0.05$ ) مقارنة مع الشاهد ومجموعتي المنايلة المبكرة والمزدوجة، فقد بلغ متوسط وزن بيضة التفريخ في مجموعة المنايلة المتأخرة (12.19 غ) بينما بلغ 10.78 غ، 10.81 غ، 10.39 غ لكل من مجموعة الشاهد ومجموعة المنايلة المبكرة ومجموعة المنايلة المزدوجة على التوالي، هذا الارتفاع انعكس على متوسط وزن الصوص بعمر يوم واحد الذي كان أيضاً أكبر في مجموعة المنايلة المتأخرة معنوياً

مقارنة بباقي المجموعات، فمن المعروف أن وزن الصوص بعمر يوم واحد مرتبط بمتوسط وزن بيضة التفريخ. قد يعود الاختلاف في متوسط وزن بيضة التفريخ لمجموعة الشاهد بين البيض المكون لطيور الجيل الأول وبين البيض المكون لطيور الجيل الثاني لاختلاف أسلوب الرعاية ومكانها والعوامل المحيطة.

الجدول 6؛ مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الثاني

| الجيل الثاني                         | الشاهد              | المناوبة المبكرة    | المناوبة المتأخرة   | المناوبة المزدوجة   | Pr> t |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
| متوسط وزن بيضة التفريخ (غ)           | 10.78 <sup>a</sup>  | 10.81 <sup>a</sup>  | 12.19 <sup>b</sup>  | 10.39 <sup>a</sup>  | 0.00  |
| نسبة البيض المخصب (%)                | 100.00 <sup>a</sup> | 94.00 <sup>a</sup>  | 100.00 <sup>a</sup> | 96.00 <sup>a</sup>  | 0.14  |
| نسبة الفقس (%)                       | 80.00 <sup>a</sup>  | 85.11 <sup>a</sup>  | 90.00 <sup>a*</sup> | 85.42 <sup>a*</sup> | 0.57  |
| نسبة التفريخ (%)                     | 80.00 <sup>a</sup>  | 80.00 <sup>a*</sup> | 90.00 <sup>a</sup>  | 82.00 <sup>a</sup>  | 0.49  |
| متوسط وزن الصوص<br>بعمر يوم واحد (غ) | 6.97 <sup>a</sup>   | 6.86 <sup>a*</sup>  | 8.99 <sup>b*</sup>  | 6.79 <sup>a*</sup>  | 0.00  |

تشير الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية ( $p < 0.05$ )، ويشير رمز (\*) إلى وجود فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) مع قيمة الشاهد في الجيل الأول لنفس المؤشر

شكل الصوص الفاقس من البيض المكون لأفراد الجيل الأول نسبة 51.89%، 63.18%، 59.72% من وزن بيضة التفريخ في كل من مجموعة الشاهد والمناوبة المبكرة والمتأخرة والمزدوجة على التوالي، بينما شكل الصوص الفاقس من البيض المكون لأفراد الجيل الثاني نسبة 64.66%، 63.46%، 73.75%، 65.35% من وزن بيضة التفريخ في كل من مجموعة الشاهد والمناوبة المبكرة والمتأخرة والمزدوجة على التوالي، وكما هو ملاحظ فقد ارتفعت نسبة الصوص بشكل ملحوظ في مجموعة المناوبة المتأخرة ما قد يُعزى لتحسين أداء طيور الجيل الأول من خلال الحيوية والنشاط الجنسي مع ارتفاع وزن بيضة التفريخ وذلك توافقاً مع ما أشار إليه Tzschentke و Basta (2002) و Yahav وزملاؤه (2004b).

### 1-3- مقارنة قيم مؤشرات التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الأول والثاني

يُظهر الجدولان (7 و 8) مقارنة لقيم مؤشرات التفريخ ووزن الصوص بعمر يوم واحد لكل من البيض المكون لأفراد الجيل الأول والثاني، هذا ولم تظهر فروقات معنوية ( $p > 0.05$ ) بالنسبة لنسبة البيض المخصب في كل المجموعات على الرغم من وجود فروقات ظاهرية قُدرت بـ (98.00 – 100.00%)، (90.00 – 94.00%)، (94.00 – 100.00%)، (96.00 – 98.00) لكل من مجموعة الشاهد، المنايلة المبكرة، المنايلة المتأخر، المنايلة المزدوجة على التوالي، وذلك بين كل من البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني (الجدول رقم 7).

انخفضت نسبة الفقس في مجموعة الشاهد بشكل معنوي ( $p < 0.05$ )، إلا أنها ظلت ضمن النسب المتعارف عليها لفقس بيض الفري عند مقارنة تلك النسبة بين البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني، هذا وقد ارتفعت هذه النسبة بشكل واضح في مجموعة المنايلة المتأخرة وبلغت 90.00% في البيض المكون لأفراد الجيل الثاني مقارنة بـ 10.64% للبيض المكون لأفراد الجيل الأول الذي عُرِض للمنايلة الحرارية (الجدول رقم 7).

الجدول 7؛ مقارنة نسبة البيض المخصب ونسبة الفقس بين البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني

| المجموعة          | نسبة البيض المخصب % |                     |       | نسبة الفقس (%)      |                    |       |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------|---------------------|--------------------|-------|
|                   | الجيل 1             | الجيل 2             | Pr> t | الجيل 1             | الجيل 2            | Pr> t |
| الشاهد            | 98.00 <sup>a</sup>  | 100.00 <sup>a</sup> | 0.31  | 100.00 <sup>a</sup> | 80.00 <sup>b</sup> | 0.00  |
| المنايلة المبكرة  | 90.00 <sup>a</sup>  | 94.00 <sup>a</sup>  | 0.46  | 82.22 <sup>a</sup>  | 85.11 <sup>a</sup> | 0.71  |
| المنايلة المتأخرة | 94.00 <sup>a</sup>  | 100.00 <sup>a</sup> | 0.08  | 10.64 <sup>a</sup>  | 90.00 <sup>b</sup> | 0.00  |
| المنايلة المزدوجة | 98.00 <sup>a</sup>  | 96.00 <sup>a</sup>  | 0.56  | 95.92 <sup>a</sup>  | 85.42 <sup>a</sup> | 0.07  |

تشير الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية ( $p < 0.05$ )

ظهر فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) بالنسبة لمؤشر نسبة التفريخ في كل من مجموعة الشاهد ومجموعة المنايلة المتأخرة بالمقارنة ما بين البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني، وقد قُدرت بـ (98.00 – 80.00%) لمجموعة الشاهد و(10.00 – 90.00%) لمجموعة المنايلة المتأخرة، في حين لم تكن الفروق معنوية عند المقارنة بين البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني في كل من مجموعة المنايلة المبكرة والمنايلة المزوجة، وقد قدرت تلك القيم بـ (74.00 – 80.00%) و(94.00 – 82.00%) على التوالي (الجدول رقم 8).

انخفض متوسط وزن الصوص بعمر يوم واحد بشكل معنوي ( $p < 0.05$ ) في مجموعة الشاهد عند المقارنة بين البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني إذ قُدر المتوسط بـ 7.96 غ و 6.97 غ على التوالي، في حين ارتفع وزن الصوص بعمر يوم واحد معنوياً ( $p < 0.05$ ) لدى مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة للبيض المكون لأفراد الجيل الثاني (8.99 غ) مقارنة مع متوسط وزن الصوص من البيض المكون لأفراد الجيل الأول (7.67 غ) (الجدول رقم 8)، وقد اتفق ذلك مع ما أشار له Collin وزملاؤه (2005) بأن رفع درجة الحرارة في فترة النمو الجنيني المتأخرة لم يؤثر في وزن الصيصان الفاقسة بعمر يوم واحد.

الجدول 8؛ مقارنة نسبة التفريخ ووزن الصوص بعمر يوم واحد بين البيض المكون لأفراد الجيل الأول والبيض المكون لأفراد الجيل الثاني

| المجموعة          | نسبة التفريخ %     |                    |       | وزن الصوص بعمر يوم واحد (غ) |                   |       |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------|-----------------------------|-------------------|-------|
|                   | الجيل 1            | الجيل 2            | Pr> t | الجيل 1                     | الجيل 2           | Pr> t |
| الشاهد            | 98.00 <sup>a</sup> | 80.00 <sup>b</sup> | 0.00  | 7.96 <sup>a</sup>           | 6.97 <sup>b</sup> | 0.00  |
| المنايلة المبكرة  | 74.00 <sup>a</sup> | 80.00 <sup>a</sup> | 0.48  | 6.30 <sup>a</sup>           | 6.86 <sup>a</sup> | 0.08  |
| المنايلة المتأخرة | 10.00 <sup>a</sup> | 90.00 <sup>b</sup> | 0.00  | 7.67 <sup>a</sup>           | 8.99 <sup>b</sup> | 0.01  |
| المنايلة المزوجة  | 94.00 <sup>a</sup> | 82.00 <sup>a</sup> | 0.06  | 7.25 <sup>a</sup>           | 6.79 <sup>a</sup> | 0.12  |

تشير الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية ( $p < 0.05$ )

قد يُعزى تفوق مجموعة المنابلة المتأخرة في وزن الصوص بعمر يوم واحد في البيض المكون لأفراد الجيل الثاني إلى ما أشارت إليه Tzschentke و Basta (2002) و Yahav وزملاؤه (2004b) بأن تعريض الأجنة لدرجات حرارة عالية أو منخفضة خلال مرحلة الحضانة أدى إلى تحسين قدرتها على التكيف مع البيئات الحارة أو الباردة في مرحلة ما بعد الفقس، ناهيك عن ارتفاع وزن بيضة التفريخ للمجموعة المذكورة (12.19 غ) ما أدى على ارتفاع وزن الصوص.

#### 1-4- نسبة النفوق الجنيني وموعده للبيض المكون لأفراد الجيل الأول

يبين الجدول (9) نسبة النفوق الجنيني للبيض المكون لأفراد الجيل الأول ومسبباته (الحلقة الدموية، النفوق الجنيني المبكر، النفوق الجنيني المتأخر، البيض الناقر) ونسبة البيض غير المخصب، يُلاحظ أن نسبة النفوق الجنيني المتأخر في مجموعة المنابلة الحرارية المتأخرة كانت 84% وبالتالي يمكن تفسير نسبة الفقس المنخفضة في هذه المجموعة بسبب برنامج المنابلة في المرحلة المتأخرة الذي قد أثر سلباً على الأجنة مما أدى إلى نفوقها، بينما كانت الأجنة الفاقسة (رغم قلة نسبتها) قادرة على تحمل الإجهاد الحراري، وقد تحسن أداء نموها وهذا ما ظهر في نسبة الفقس ومتوسط وزن الصوص عند تفريخ البيض المأخوذ من الجيل الأول والمكون لأفراد الجيل الثاني. بالنسبة لمجموعة المنابلة الحرارية المبكرة والمزدوجة، نلاحظ أن برنامج المنابلة لم يؤثر بشكل كبير على نسب النفوق لأنها كانت ضمن الحدود الطبيعية.

الجدول 9؛ نسبة النفوق وموعده لبيض التفريخ المكون لأفراد الجيل الأول والمعرض للمنابلة الحرارية

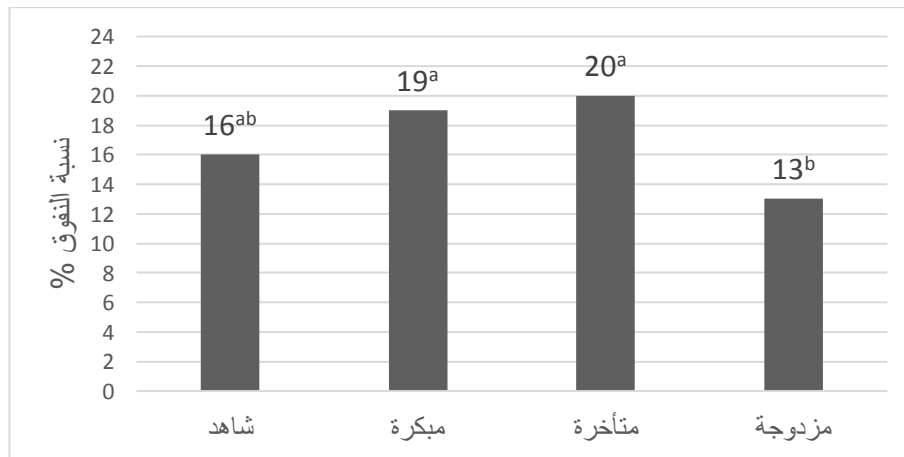
| البيض المكون<br>لأفراد الجيل الأول | الشاهد | المنابلة<br>المبكرة | المنابلة<br>المتأخرة | المنابلة<br>المزدوجة |
|------------------------------------|--------|---------------------|----------------------|----------------------|
| نسبة الحلقة الدموية (%)            | 0      | 0                   | 0                    | 0                    |
| نسبة النفوق المبكر (%)             | 0      | 4                   | 0                    | 0                    |
| نسبة النفوق المتأخر (%)            | 0      | 8                   | 84                   | 4                    |
| نسبة البيض غير المخصب (%)          | 2      | 10                  | 6                    | 2                    |
| نسبة البيض الناقر (%)              | 0      | 4                   | 0                    | 0                    |

## 2- مؤشرات النمو لأفراد الجيل الأول

### 1-2- نسبة النفوق

أدت المناقلة الحرارية المبكرة إلى ارتفاع نسبة النفوق بنسبة 20 و 19% في كل من مجموعتي المناقلة الحرارية المتأخرة والمبكرة على التوالي في الأسابيع الأربعة الأولى من العمر، إلا أن هذا الارتفاع لم يكن معنوياً بالمقارنة مع نسبة النفوق في مجموعة الشاهد والتي بلغت 16% (الشكل 2). انخفضت نسبة النفوق بشكل معنوي في مجموعة المناقلة الحرارية المزدوجة مقارنة بالشاهد، إلا أن الانخفاض لم يكن معنوياً.

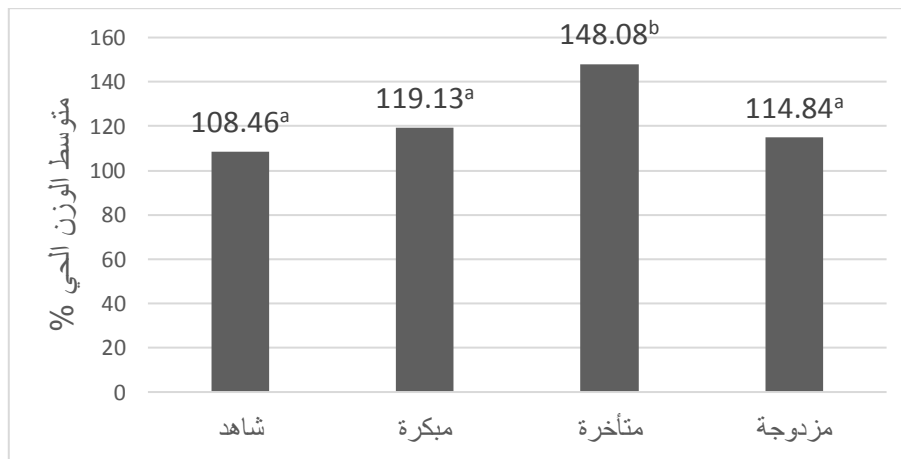
ذكر Zorab و Salih (2021) أن المناقلة الحرارية المبكرة أدت إلى ارتفاع نسبة النفوق خلال الأسابيع الأربعة الأولى من العمر، مما يشير إلى وجود تأثير طويل الأمد على سلامة الأفراد تحت ظروف التربية المثالية، توافقت هذه النتيجة مع نتائج هذه الدراسة والتي أشارت إلى ارتفاع نسبة النفوق في طيور مجموعة المناقلة المبكرة. لم تتوافق نتائج البحث مع ما أفاد به Collin وزملاؤه (2007) أن المناقلة المتأخرة لم تؤثر بشكل معنوي في نسبة النفوق ما بعد الفقس عند الدجاج.



الشكل (2)؛ نسبة النفوق (%) لإجمالي الطيور (ذكور وإناث) لكامل فترة النمو (6 أسابيع)

## 2-2- متوسط الوزن الحي

يوضح الشكل (3) متوسط الأوزان النهائية للجسم لطيور الفري بعمر 45 يوماً، أظهرت النتائج أن متوسط وزن الجسم النهائي لطيور مجموعة المناقلة الحرارية المتأخرة قد بلغ (148.08 غرام)، وقد كان أعلى معنوياً ( $P < 0.05$ ) من مجموعة الشاهد ومجموعتي المناقلة المبكرة والمزدوجة. سجلت مجموعة الشاهد أقل متوسط لوزن الجسم (108.46 غرام)، لكنه لم يظهر فرق معنوي بين هذه المجموعة وكل من مجموعة المناقلة المبكرة ومجموعة المناقلة المزدوجة والتي سجلت متوسط وزن 119.13 و 114.83 غرام على التوالي.



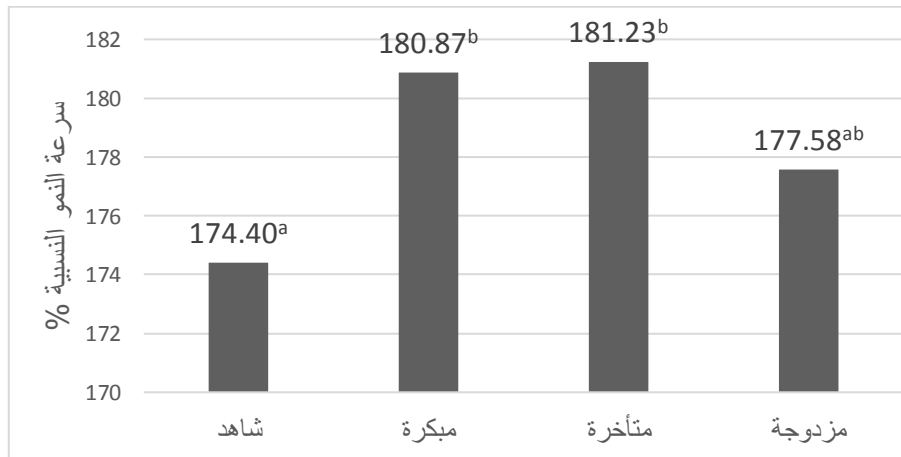
الشكل (3)؛ متوسط الوزن الحي (غ) لإجمالي الطيور (ذكور وإناث) لكامل فترة النمو (6 أسابيع)

تُعزز المناقلة الحرارية خلال فترة التطور الجنيني المتوسطة أو المتأخرة من نمو وتضخم العضلات بسبب زيادة تكاثر وتمايز كل من الخلايا الجنينية والعضلية البالغة، مما يؤدي إلى زيادة تجمع الخلايا المكونة للنسيج العضلي في الجنين والفروج ما بعد الفقس (Piestun وزملاؤه، 2015). توافقت نتائج هذه الدراسة مع ما سجله El-Bahr و Al-Zghoul (2019) بأن برنامج المناقلة الحرارية المتأخرة بين الأيام 12 و 18 عند الدجاج أدى إلى زيادة كبيرة في الوزن، كما أن المناقلة المتأخرة بين الأيام 16 و 18 لمدة 3 و 6 ساعات قد زادت من وزن الجسم ونمو عضلات الصدر (Piestun وزملاؤه، 2009) ; (Piestun وزملاؤه، 2011). من ناحية أخرى، لم يظهر لدى Collin وزملاؤه (2007) أي تأثير لبرنامج

المنايلة الحرارية على وزن الجسم خلال فترة النمو، مع ذلك كان وزن عضلات الصدر أعلى في الدجاج الذي عُرض للمنايلة الحرارية المتأخرة عند الذبح. ذكر Vitorino Carvalho وزملاؤه (2020) أن المنايلة الحرارية المبكرة قد قللت من وزن الجسم في اليوم 25 من العمر، إلا أن هذا الاختلاف في الوزن قد اختفى بالمقارنة مع مجموعة الشاهد في اليوم 35 بسبب النمو التعويضي.

### 2-3- سرعة النمو النسبية

يوضح الشكل (4) مؤشر متوسط سرعة النمو النسبية لكامل مرحلة النمو (من عمر يوم واحد وحتى 6 أسابيع)، يُلاحظ من المخطط أن برنامج المنايلة الحرارية المبكرة والمتأخرة قد أثر على متوسط سرعة النمو النسبية بشكل معنوي ( $P < 0.05$ ) مقارنة بمجموعة الشاهد، إذ بلغت قيمة المتوسط في كل من طيور مجموعة المنايلة المبكرة والمتأخرة (180.87% - 181.23%) على التوالي. على الرغم من ارتفاع متوسط سرعة النمو النسبية في طيور مجموعة المنايلة المزدوجة (177.58%) عن مثيله في طيور مجموعة الشاهد (174.40%)، إلا أن هذا الارتفاع لم يكن معنوياً.



الشكل (4)؛ سرعة النمو النسبية (%) لإجمالي الطيور (ذكور وإناث) لكامل فترة النمو (6 أسابيع)

كانت النتائج أفضل مما أشار إليه الحاج عمر (2019) بأن متوسط الزيادة الوزنية للفري خلال فترة 6 أسابيع الأولى من العمر قد تراوحت بين (152.7-153.5%)، قد يكون ذلك بسبب اختلاف أسلوب الرعاية والظروف البيئية المحيطة. يمكن تفسير تفوق مجموعتي المنايلة الحرارية المبكرة والمتأخرة على

مجموعة الشاهد بأن سرعة النمو تتعلق بزيادة عدد الخلايا من خلال كمية الحمض النووي (DNA) الموجود في نواة الخلية، إذ أن زيادة كمية DNA يؤدي إلى زيادة عدد خلايا الجسم، وبالتالي فإن المنايلة الحرارية خلال التطور الجنيني قد أدت إلى التعديل ما فوق الوراثة عند الأجنة مما أدى إلى تحسين سرعة النمو بعد الفقس وفق ما أشار إليه Alkan وزملاؤه (2013) بأن المنايلة الحرارية قد حسنت من أداء الطيور بعد الفقس.

### 3- مؤشرات البيض لأفراد الجيل الأول

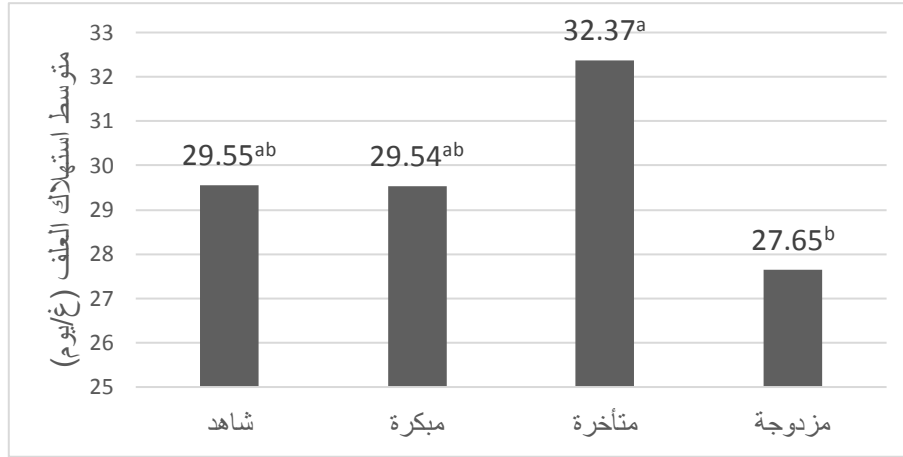
#### 3-1- مؤشرات إنتاج البيض

##### 3-1-1. متوسط استهلاك العلف

يبين الشكل (5) وجود فروقات معنوية ( $P < 0.05$ ) في متوسط استهلاك العلف اليومي للطائر الواحد في مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة بالمقارنة مع مجموعة الشاهد من جهة ومجموعتي المنايلة الحرارية المبكرة والمزدوجة من جهة أخرى، في حين لم يظهر فروقات معنوية ( $P > 0.05$ ) بين كل من مجموعة المنايلة الحرارية المبكرة ومجموعة المنايلة الحرارية المزدوجة مقارنةً مع مجموعة الشاهد. بلغ متوسط استهلاك العلف اليومي لطيور مجموعة الشاهد (29.55 غ) وكان مطابقاً تقريباً للمتوسط في مجموعة المنايلة الحرارية المبكرة (29.54 غ)، في حين ارتفع معنوياً بنسبة 8.71% في طيور مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة، وانخفض ظاهرياً بنسبة 6.43% في طيور مجموعة المنايلة الحرارية المزدوجة.

كان معدل استهلاك العلف أعلى بقليل مما سجله الحاج عمر (2019) إذ تراوح بين 25.04 و 26.85 غرام، أما طالب (2016) فقد ذكر أن متوسط استهلاك العلف في الفترة بين (8-12 أسبوعاً) من العمر قد بلغت 21.4 غرام/يوم، قد يعود السبب في ذلك لاختلاف ظروف الرعاية والظروف البيئية المحيطة. يُلاحظ أن المنايلة الحرارية المبكرة لم تؤثر في متوسط استهلاك العلف، أما المنايلة الحرارية

المزدوجة فقد قللت من العلف المستهلك مما يُعد إيجابياً لهذا البرنامج. يمكن تفسير سبب ارتفاع متوسط استهلاك العلف في طيور مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة إلى ارتفاع معدل إنتاج البيض (الشكل 6).



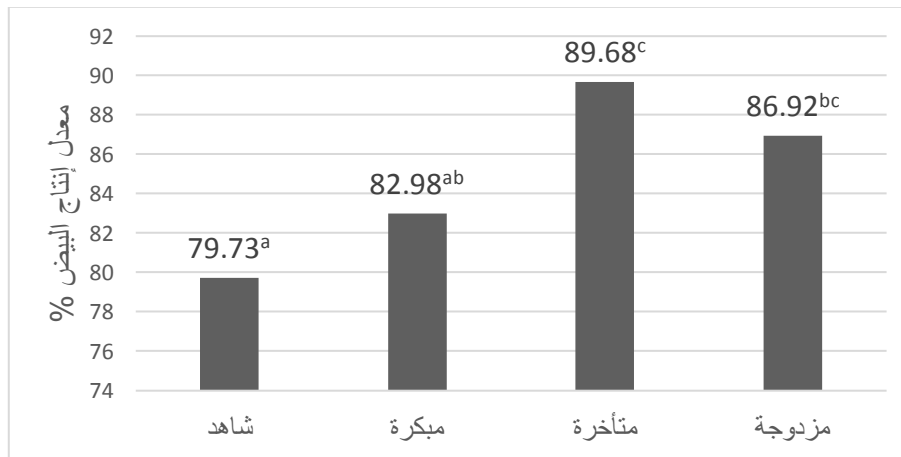
الشكل (5): متوسط استهلاك العلف اليومي (غ) لإجمالي الطيور (ذكور وإناث) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)

### 3-1-2. معدل إنتاج البيض

يُلاحظ من الشكل (6) أن مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة هي الأعلى بمعدل إنتاج البيض، وتفاوتت معنوياً بهذا المؤشر على مجموعة الشاهد ومجموعة المنايلة الحرارية المبكرة ( $P < 0.05$ )، بينما لم يظهر فرق معنوي بين هذه المجموعة (المنايلة المتأخرة) ومجموعة المنايلة الحرارية المزدوجة، كما تفاوتت مجموعة المنايلة الحرارية المزدوجة معنوياً على مجموعة الشاهد ( $P < 0.05$ )، في حين لم تظهر فروقات ذات دلالة إحصائية بين مجموعة المنايلة الحرارية المبكرة ومجموعة الشاهد.

بلغ معدل إنتاج البيض في مجموعة الشاهد (79.73%) وهو قريب مما سجله طالب (2016) بمعدل إنتاج بيض (77.60%)، وعليه فقد أدت المنايلة الحرارية إلى تحسن في معدل إنتاج البيض، وقد كانت أفضل المجموعات هي مجموعة المنايلة المتأخرة والمزدوجة على التوالي. يُلاحظ أن تفوق مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة قد توافقت مع ارتفاع معدل استهلاك العلف في هذه المجموعة، مما أدى إلى ارتفاع في معدل إنتاج البيض.

يُمكن تفسير تفوق مجموعات المناقلة الحرارية في معدل إنتاج البيض إلى أن المناقلة الحرارية أثناء التطور الجنيني تحفّز من زيادة النشاط الجنسي بعد الفقس وبالتالي يحفّز نظام GnRH/FSH-LH من نمو المبيض وتشكيل الجريبات وإنتاج المحفزات المبيضية ووضع البيض، إذ تُصنّف الهرمونات الجنسية LH وFSH الطيرية من البروتينات السكرية، ويتمثل دور LH الرئيسي في إناث الطيور بتحفيز المبيض على تحريض الإباضة (Chaiseha و El Halawani، 2015).



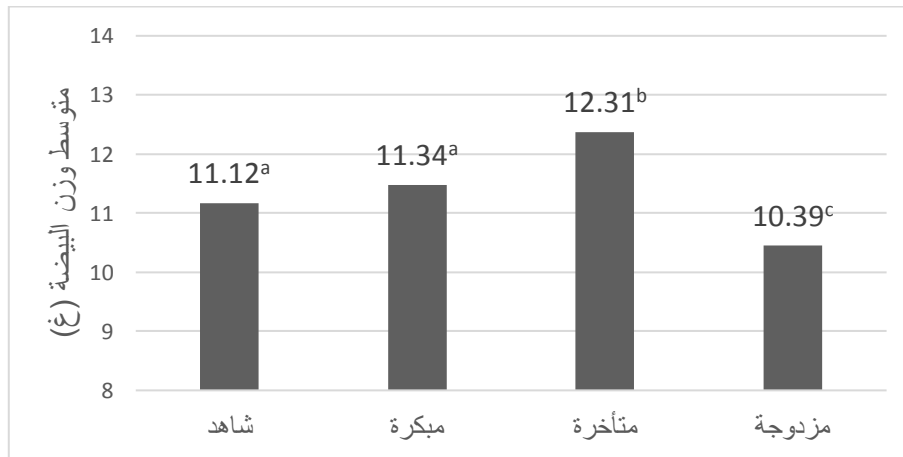
الشكل (6)؛ معدل إنتاج البيض (%) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)

### 3-1-3. متوسط وزن البيضة

يبين الشكل (7) متوسط وزن البيضة خلال مرحلة الإنتاج المدروسة (12 أسبوعاً)، يُلاحظ من المخطط وجود فروقات معنوية ( $p < 0.05$ ) إذ تفوقت مجموعة المناقلة الحرارية المتأخرة مقارنة على مجموعة الشاهد في وزن البيضة، إذ كان وزن البيضة في تلك المجموعة 12.31 غ، أما وزن بيضة الشاهد فقط بلغ 11.12 غ. لم يظهر فرق معنوي ( $p > 0.05$ ) بين مجموعة المناقلة المبكرة والشاهد. انخفض وزن البيضة المأخوذة من طيور مجموعة المناقلة الحرارية المزدوجة بشكل معنوي ( $p < 0.05$ ) بنسبة 6.56% عند مقارنته بمجموعة الشاهد.

توافقت قيمة متوسط وزن البيضة في مجموعة الشاهد والمناقلة الحرارية المبكرة والمناقلة الحرارية المزدوجة مع ما ذكره Nowaczewski وزملاؤه (2010b)، ذكر طالب (2016) أن متوسط وزن بيضة

الفري قد بلغ 11.3 غ بعمر 14 أسبوعاً، وهي قيمة متقاربة مع قيمة الشاهد ومجموعة المنايلة الحرارية المبكرة، أما الحاج عمر (2019) فقد سجل وزن بيضة 10.45 غ وهو وزن مماثل تقريباً لوزن بيضة مجموعة المنايلة الحرارية المزدوجة. يُمكن تفسير ما سبق بأن المنايلة الحرارية لم تؤثر على وزن البيضة رغم عدم وجود فرق معنوي (المنايلة المبكرة) أو انخفاض معنوي (المنايلة المزدوجة) وعليه فإنه لا يوجد تأثير سلبي لهذين البرنامجين، أما بالنسبة للمنايلة الحرارية المتأخرة فإن تفوق متوسط وزن البيضة على وزن بيضة مجموعة الشاهد والمجموعات الأخرى قد يعود سببه لزيادة استهلاك العلف إضافة لتأثير المنايلة الحرارية خلال التطور الجنيني على النظام العصبي الهرموني ونظام إنتاج البيض عند طيور هذه المجموعة.



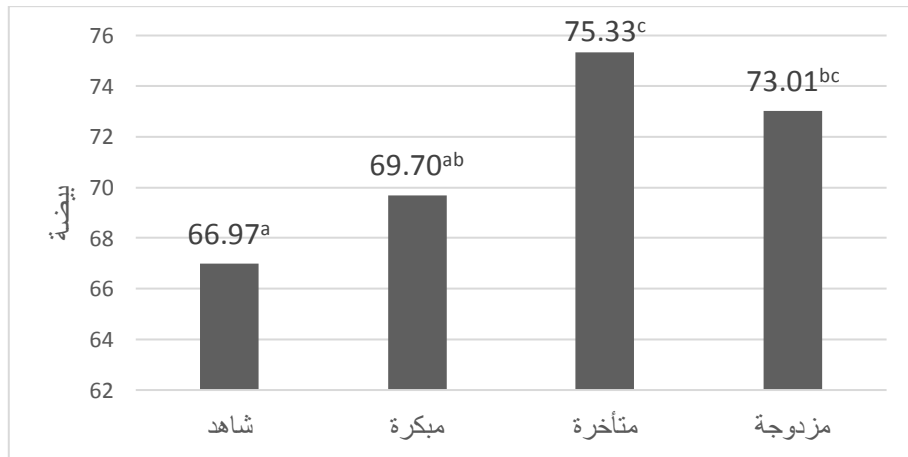
الشكل (7)؛ متوسط وزن البيضة (غ) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)

### 3-1-4. معدل إنتاج الأنثى الواحدة من البيض (H.D) و (H.H)

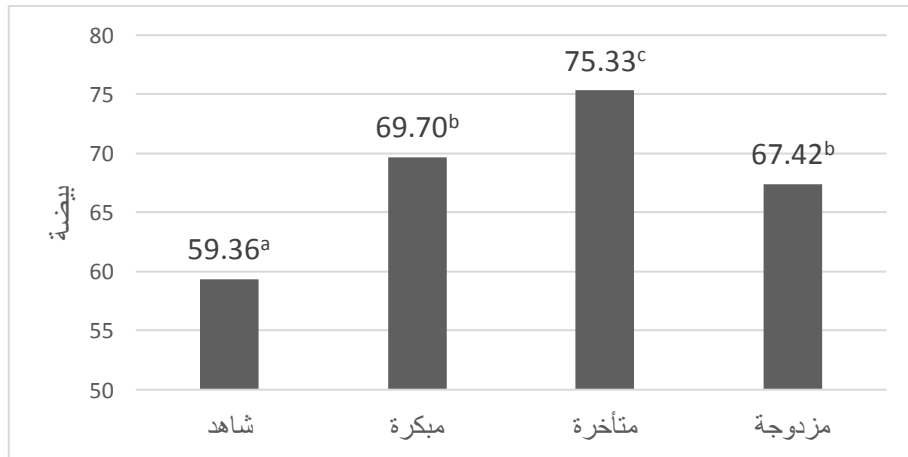
يبين الشكلين (8) و (9) متوسط إنتاج الأنثى الواحدة من البيض تراكمياً (H.D) و (H.H) على التوالي، يُلاحظ من الشكل (8) أن كل من مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة والمزدوجة قد تفوقت معنوياً ( $P < 0.05$ ) على مجموعة الشاهد بمتوسط إنتاج بيض للأنثى الواحدة H.D (75.33 بيضة) لمجموعة المنايلة المتأخرة و (73.01 بيضة) لمجموعة المنايلة المزدوجة، بينما كان متوسط إنتاج الأنثى الواحدة في مجموعة الشاهد (66.97 بيضة). لم يكن هناك فرق معنوي بين مجموعة المنايلة الحرارية المبكرة

(69.70 بيضة/أنثى) مقارنة بالشاهد رغم تفوق هذه المجموعة ظاهرياً. يُمكن أن تُعَلَّل الفروق المعنوية بين المجموعات المختلفة نتيجة الاختلافات بعمر النضج الجنسي وتأثير برنامج المنايلة الحرارية على النظام العصبي الصماوي ومحور إنتاج البيض.

تفوقت مجموعات المنايلة الحرارية الثلاث معنوياً ( $P < 0.05$ ) على مجموعة الشاهد بالنسبة لمؤشر متوسط إنتاج الأنثى الواحدة من البيض H.H (الشكل 9)، وقد سجلت مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة أفضل متوسط بـ 75.33 بيضة للأنثى الواحدة يليها مجموعة المنايلة المبكرة والمزدوجة (69.70 و 67.42 بيضة) على التوالي، بينما كان إنتاج الأنثى الواحدة في مجموعة الشاهد (59.36 بيضة) خلال فترة الإنتاج المدروسة (12 أسبوعاً).



الشكل (8)؛ معدل إنتاج الأنثى الواحدة (H.D) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)



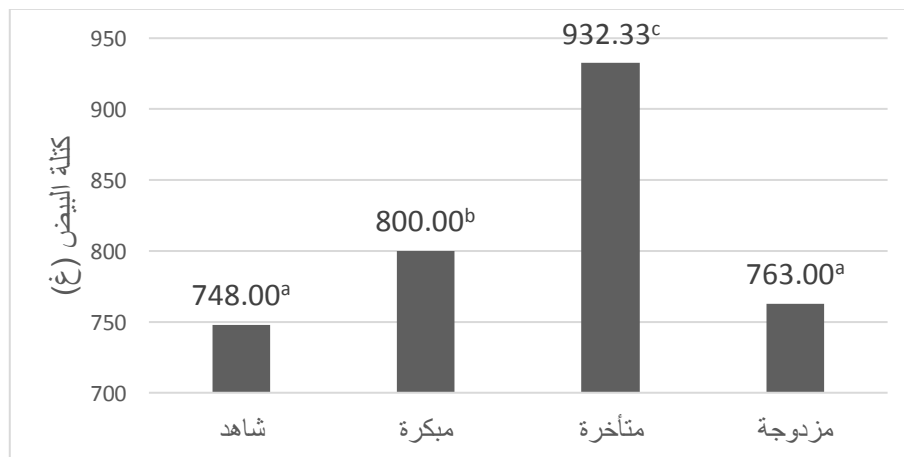
الشكل (9)؛ معدل إنتاج الأنثى الواحدة (H.H) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)

نستنتج مما سبق بأن تطبيق المناقلة الحرارية المبكرة والمزدوجة خلال فترة التطور الجنيني أدى إلى تحسن معنوي بمؤشر (H.H) و (H.D)، أيضاً كان التحسن معنوي في مجموعة المناقلة المبكرة بالنسبة لمؤشر (H.H)، إلا أن التحسن لم يصل إلى حد المعنوية بالنسبة لمؤشر (H.D) وذلك بالمقارنة مع مجموعة الشاهد.

### 3-1-5. كتلة البيض للأنثى الواحدة

عند المقارنة بين مجموعة الشاهد ومجموعات المناقلة الحرارية (المبكرة والمتأخرة والمزدوجة) نجد أن المناقلة الحرارية المتأخرة والمبكرة أدت إلى تحسن معنوي ( $P < 0.05$ ) بمؤشر كتلة البيض المنتجة من الأنثى الواحدة بالمقارنة مع مجموعة الشاهد، بينما نجد أن المناقلة الحرارية المزدوجة لم تؤثر معنوياً بهذا المؤشر مقارنة مع مجموعة الشاهد رغم ارتفاعه ظاهرياً (الشكل 10).

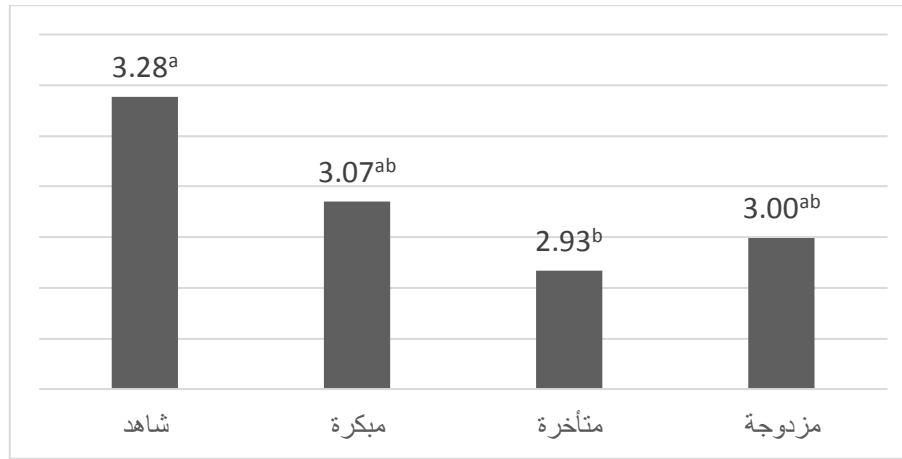
يُعد ارتفاع كتلة البيض المنتجة من الأنثى الواحدة في كل من مجموعة المناقلة الحرارية المتأخرة والمبكرة أمر طبيعي نظراً للنتائج السابقة والتي أظهرت تفوق هاتين المجموعتين في معدل إنتاج البيض ووزن البيضة، أما بالنسبة لمجموعة المناقلة الحرارية المزدوجة فلم تظهر الفروق ذات الدلالة الإحصائية رغم ارتفاع معدل إنتاج البيض مقارنة بالشاهد وذلك بسبب انخفاض وزن البيضة من طيور هذه المجموعة.



الشكل (10)؛ كتلة البيض للأنثى الواحدة (غ) خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)

### 3-1-6. معامل التحويل الغذائي

من الأمور التي تم حساب متوسط استهلاك العلف اليومي من أجلها هو تقدير معامل التحويل الغذائي لطيور كل مجموعة من مجموعات التجربة، كان معامل التحويل الغذائي لمجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة أفضل وبشكل معنوي ( $P < 0.05$ ) مقارنة بمجموعة الشاهد، فقد بلغ (2.93، 3.28) على التوالي، بينما لم تسجل فروق ذات دلالة إحصائية ( $P > 0.05$ ) بين مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة ومجموعتي المنايلة الحرارية المبكرة والمزدوجة من جهة، وبين هاتين المجموعتين ومجموعة الشاهد من جهة أخرى (الشكل 11).



الشكل (11)؛ معامل التحويل الغذائي خلال فترة الإنتاج (12 أسبوعاً)

أشار Tzschentke و Halle وزملاؤه (2009) إلى أن معامل التحويل الغذائي كان أفضل في الطيور التي عُرضت للمنايلة الحرارية خلال فترة التطور الجنيني مقارنة بالشاهد، وهو ما توافق مع نتائج هذه الدراسة. كان معامل التحويل الغذائي أفضل مما سجله طالب (2016) والذي بلغ (3.9)، أما الحاج عمر (2019) فقد ذكر أن معامل التحويل الغذائي تراوح بين (2.38-2.50) خلال فترة الإنتاج المدروسة نفسها والذي كان أفضل مما تم تسجيله في هذه الدراسة. يمكن تفسير تحسن معامل التحويل الغذائي في مجموعات المنايلة الحرارية سواء المبكرة والمزدوجة (ظاهرياً) أو المتأخرة (معنوياً) بأن معدل الاستقلاب كان أقل مما كان عليه في طيور مجموعة الشاهد خلال فترة الإنتاج المدروسة، ما يشير إلى الحد الأدنى لاحتياجات الطاقة للصيانة وتوجيه معظم الطاقة نحو الإنتاج (Piestun وزملاؤه، 2011).

### 3-2- الموصفات النوعية الداخلية والخارجية للبيض

يُلاحظ من الجدول (10) وجود زيادة معنوية بفارق معنوي ( $p < 0.05$ ) لمجموعة المنايلة الحرارية المبكرة والمتأخرة مقارنة مع مجموعة الشاهد في وزن البيضة الطازج، إذ كان وزن البيضة في كلتا المجموعتين متقارباً (12.03، 12.94 غ على التوالي)، في حين لم يظهر فرق معنوي ( $p > 0.05$ ) بين مجموعة المنايلة المزدوجة والشاهد، كما أثر التخزين ( $p < 0.05$ ) في وزن البيضة بعد تخزين البيض لمدة 14 و 21 يوماً مع التخزين لمدة 28 يوماً في مجموعة الشاهد ومجموعة المنايلة المبكرة والمزدوجة. سُجِّل أعلى متوسط وزن للبيضة في مجموعة المنايلة المتأخرة مقارنة بباقي المجموعات بفارق معنوي ( $p < 0.05$ ) في مراحل التخزين كافة. لم تطرأ تغيرات على دليل الشكل بين البيض الطازج في المجموعات المختلفة.

توافقت قيمة متوسط وزن البيضة الطازجة في مجموعة الشاهد والمنايلة المزدوجة مع ما ذكره Panda و Singh (1990) و Nowaczewski وزملاؤه (2010a)، أما قيمة متوسط وزن البيضة في مجموعة المنايلة المبكرة فقد توافقت مع ما وجده Ondrušíková وزملاؤه (2018). تطرأ على البيضة أثناء التخزين عدة تغيرات فيزيائية وكيميائية لعل من أهمها فقدان وانتشار الماء والغازات من محتوياتها، ما يؤدي إلى انخفاض وزنها وزيادة في حجم الغرفة الهوائية، فقد وجد Moraes وزملاؤه (2009) أن تخزين البيض على درجة حرارة 7.5 درجة مئوية لمدة 20 يوماً يؤدي إلى فقدان 3.4% من وزنه، أما Aygun و Sert (2013) فقد لاحظا أن تخزين البيض على درجة حرارة 13 درجة مئوية ورطوبة نسبية 75-80% قد سبب فقداً في وزن البيض بنسبة 1.72% بعد 7 أيام و 2.73% بعد 14 يوماً. ذكر Dudusola (2009) في أثناء استخدامه لتقانات مختلفة لتخزين بيض الفري (في درجة حرارة الغرفة، في البراد، الغمر في زيت الفول السوداني، التخزين في كيس من البولييثين الأسود) أن أعلى انخفاض في وزن البيض سواء أكانت طازجة أم مخزنة لمدة 4 أو 7 أو 14 أو 21 يوماً كانت في درجة حرارة الغرفة، والأقل في البيض المعرض لعدة ثوان من الغمر في الزيت. توجد عدة عوامل أخرى -فضلاً عن التخزين- تؤثر في حدوث فقد في وزن البيضة تتمثل في مكان التخزين ووزن البيضة بحد ذاتها.

الجدول 10؛ وزن البيضة ودليل شكلها بعد التخزين والمنايلات الحرارية المختلفة

| المؤشر         | مدة التخزين | الشاهد                |      | المنايلة المبكرة     |      | المنايلة المتأخرة    |      | المنايلة المزدوجة    |      | قيمة P |
|----------------|-------------|-----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|--------|
|                |             | المتوسط               | SE   | المتوسط              | SE   | المتوسط              | SE   | المتوسط              | SE   |        |
| وزن البيضة [غ] | طازج        | 10.89 <sup>aA</sup>   | 0.28 | 12.03 <sup>bA</sup>  | 0.40 | 12.94 <sup>bA</sup>  | 0.21 | 10.89 <sup>aA</sup>  | 0.20 | 0.00   |
|                | 14 يوماً    | 10.69 <sup>aA</sup>   | 0.21 | 11.73 <sup>bAB</sup> | 0.35 | 12.75 <sup>cA</sup>  | 0.13 | 10.44 <sup>aAB</sup> | 0.19 | 0.00   |
|                | 21 يوماً    | 10.54 <sup>abAB</sup> | 0.28 | 11.19 <sup>bAB</sup> | 0.97 | 12.33 <sup>cA</sup>  | 0.15 | 10.14 <sup>aAB</sup> | 0.19 | 0.00   |
|                | 28 يوماً    | 9.48 <sup>aB</sup>    | 0.41 | 10.47 <sup>abB</sup> | 0.33 | 11.44 <sup>bA</sup>  | 0.28 | 9.80 <sup>aB</sup>   | 0.36 | 0.00   |
| دليل الشكل [%] | طازج        | 79.30 <sup>aA</sup>   | 0.78 | 77.63 <sup>aA</sup>  | 0.70 | 77.26 <sup>aA</sup>  | 0.83 | 82.94 <sup>aA</sup>  | 3.09 | 0.09   |
|                | 14 يوماً    | 77.18 <sup>aAB</sup>  | 0.62 | 77.56 <sup>aA</sup>  | 1.02 | 77.08 <sup>aAB</sup> | 0.73 | 79.70 <sup>aA</sup>  | 1.05 | 0.14   |
|                | 21 يوماً    | 76.58 <sup>abAB</sup> | 1.15 | 76.39 <sup>bA</sup>  | 0.81 | 75.06 <sup>bAB</sup> | 0.54 | 79.60 <sup>aA</sup>  | 0.69 | 0.00   |
|                | 28 يوماً    | 75.99 <sup>aB</sup>   | 0.56 | 76.33 <sup>aA</sup>  | 0.86 | 74.77 <sup>aB</sup>  | 0.42 | 79.47 <sup>bA</sup>  | 0.38 | 0.00   |

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن السطر الواحد والأحرف الكبيرة المختلفة ضمن العمود الواحد (للمؤشر الواحد فقط) إلى وجود فروق معنوية ( $p < 0.05$ ) في هذا الجدول

والجداول اللاحقة

يُلاحظ من الجدول (11) أن قيمة متوسط سماكة القشرة بالنسبة للبيض الطازج كانت متقاربة ما بين المجموعات مع وجود فرق معنوي بسيط ( $p < 0.05$ ) بين مجموعة المنايلة المزدوجة ومجموعتي المنايلة المبكرة والمتأخرة، أما مجموعة الشاهد فقد كانت متوافقة مع المجموعات الثلاث الأخرى، ولم يتأثر متوسط سماكة القشرة ( $p > 0.05$ ) مع التخزين إلا في مجموعة المنايلة المزدوجة ( $p < 0.05$ )، فقد سجلت أقل سماكة للقشرة في مجموعة المنايلة المتأخرة، أما الأكثر سماكة فقد كانت في مجموعة المنايلة المزدوجة تليها مجموعة الشاهد. بالمثل، لم يكن هناك فروق معنوية ما بين مجموعة الشاهد ومجموعات التجربة الثلاث بالنسبة لمؤشر وزن القشرة في البيض الطازج، وقد كانت الأفضلية في وزن القشرة لمجموعة المنايلة المبكرة فقد سجلت (1.82 غ)، وكان هناك فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) بين هذه المجموعة ومجموعة المنايلة المزدوجة، وهذا الأمر يتوافق مع زيادة وزن البيضة في مجموعة المنايلة المبكرة. بالتوافق مع وزن وسماكة القشرة، كان الوزن النسبي للقشرة في البيض الطازج أقل في مجموعة المنايلة المتأخرة (11.67%)، وقد دل على ذلك على وجود فرق معنوي بينها ( $p < 0.05$ ) وبين المجموعات الثلاث المتقاربة فيما بينها من حيث متوسط نسبة القشرة، أي أن زيادة وزن البيضة في هذه المجموعة كان نتيجة زيادة المكونات الداخلية للبيضة. انخفض متوسط وزن القشرة والوزن النسبي لها في المجموعات الأربعة بعد التخزين إذ كان الانخفاض معنوياً ( $p < 0.05$ ) في مجموعة المنايلة المبكرة.

تتأثر سماكة القشرة وتكوينها بشكل إيجابي بمحتوى الخلطة العلفية من العناصر المعدنية ولاسيما الكالسيوم، في حين أن المحتوى العالي من الكلور والرعاية غير الجيدة للطيور وارتفاع درجات الحرارة المحيطة يمكن أن يكون له أثر سلبي على متانة القشرة وسماكتها. تفوقت قيم متوسط سماكة القشرة للبيض الطازج في الدراسة على ما وجدته Ondrušíková وزملاؤه (2018) إذ سجلت أعلى قيمة 0.22 مم، قد يعود سبب ذلك لاختلاف ظروف الرعاية أو لمعدل استهلاك العلف أو لعمر الطيور. تُوفر العناصر المعدنية الموجودة في قشرة البيضة ثباتاً طويلاً الأمد ومقاومة ميكانيكية ضد التشوهات والعوامل الخارجية التي تؤثر في مكونات البيضة الداخلية، فقد أثبت Adamski وزملاؤه (2017) أن التخزين طويل الأمد

في درجات حرارة منخفضة لم يؤثر معنوياً في وزن قشرة البيضة وسماكتها، في حين وجد Nowaczewski وزملاؤه (2010a) أن وزن قشرة بيضة الفري ينخفض بعد التخزين مقارنة بالبيض الطازج، كما وجد (Baylan وزملاؤه، 2011) أن درجة حرارة التخزين تؤثر إلى حد ما في سماكة قشرة البيضة، إذ انخفض وزن القشرة بمقدارة 0.14 غ بعد التخزين لمدة 45 يوماً على درجة حرارة 4° مئوية، بينما كان الانخفاض بمقدار 0.20 غ عند التخزين على 20° مئوية. كان الوزن النسبي للقشرة في البيض الطازج أعلى مما ذكره Akpinar وزملاؤه (2015) إذ تراوح ما بين 8.14-8.40%، وكانت القيم متقاربة لما وجدته Olgun (2015) و Ondrušíková وزملاؤه (2018)، وأعلى في دراسة Baumgartner و Hetényi (2001) و El-Tarabany وزملاؤه (2015) إذ وصلت حتى 9.51%. كانت قيمة متوسط الوزن النسبي للقشرة أقل عند Genchev (2012) و Wilkanowska و Kokoszyński (2012). قد يعود السبب في الاختلاف في قيمة مؤشر متوسط الوزن النسبي للقشرة ما بين هذه الدراسة والدراسات الأخرى سواء أكانت القيم أعلى أم أقل إلى اختلاف السلالة أم نتيجة عوامل الرعاية المختلفة ومكونات الخلطة العلفية، تلك العوامل التي ترتبط أيضاً بسماكة القشرة وبالتالي وزنها النسبي. يُفسّر انخفاض الوزن النسبي للقشرة في مجموعات المناقلة المتأخرة لارتفاع وزن البيضة في هذه المجموعة بالمقارنة مع باقي المجموعات مع بقاء وزن القشرة متقارباً لباقي القيم. يعود السبب في ازدياد النسبة المئوية للقشرة مع التخزين لانخفاض نسبة المحتويات الداخلية للبيضة نتيجة انتشار الغازات. أما بالنسبة لمؤشر متوسط دليل الشكل، فلم يكن هناك فروق معنوية بين المجموعات وتراوحت القيمة بين 77.26% و 82.94% وهو ما توافق مع Ondrušíková وزملاؤه (2018).

الجدول 11؛ المؤشرات الخارجية لقشرة البيضة بعد التخزين والمنايلات الحرارية المختلفة

| المؤشر                  | مدة التخزين | الشاهد               |      | المنايلة المبكرة     |      | المنايلة المتأخرة   |      | المنايلة المزدوجة   |      | قيمة P |
|-------------------------|-------------|----------------------|------|----------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|--------|
|                         |             | المتوسط              | SE   | المتوسط              | SE   | المتوسط             | SE   | المتوسط             | SE   |        |
| سماكة القشرة [مم]       | طازج        | 0.26 <sup>abA</sup>  | 0.01 | 0.24 <sup>bA</sup>   | 0.01 | 0.23 <sup>bA</sup>  | 0.01 | 0.27 <sup>aA</sup>  | 0.01 | 0.04   |
|                         | 14 يوماً    | 0.25 <sup>aA</sup>   | 0.00 | 0.24 <sup>bA</sup>   | 0.00 | 0.23 <sup>bA</sup>  | 0.00 | 0.26 <sup>aAB</sup> | 0.00 | 0.00   |
|                         | 21 يوماً    | 0.25 <sup>abA</sup>  | 0.00 | 0.23 <sup>bcA</sup>  | 0.01 | 0.22 <sup>cA</sup>  | 0.00 | 0.25 <sup>aAB</sup> | 0.00 | 0.00   |
|                         | 28 يوماً    | 0.24 <sup>aA</sup>   | 0.01 | 0.23 <sup>abA</sup>  | 0.00 | 0.21 <sup>bA</sup>  | 0.00 | 0.24 <sup>aB</sup>  | 0.01 | 0.01   |
| وزن القشرة [غ]          | طازج        | 1.66 <sup>abAB</sup> | 0.07 | 1.82 <sup>aA</sup>   | 0.12 | 1.51 <sup>abA</sup> | 0.07 | 1.48 <sup>bA</sup>  | 0.06 | 0.02   |
|                         | 14 يوماً    | 1.42 <sup>aB</sup>   | 0.03 | 1.51 <sup>aB</sup>   | 0.06 | 1.45 <sup>aA</sup>  | 0.04 | 1.46 <sup>aA</sup>  | 0.03 | 0.53   |
|                         | 21 يوماً    | 1.42 <sup>aB</sup>   | 0.07 | 1.50 <sup>aB</sup>   | 0.05 | 1.45 <sup>aA</sup>  | 0.04 | 1.42 <sup>aA</sup>  | 0.03 | 0.65   |
|                         | 28 يوماً    | 1.42 <sup>aB</sup>   | 0.05 | 1.50 <sup>aB</sup>   | 0.07 | 1.39 <sup>aA</sup>  | 0.04 | 1.41 <sup>aA</sup>  | 0.02 | 0.43   |
| الوزن النسبي للقشرة [%] | طازج        | 15.26 <sup>aA</sup>  | 0.66 | 15.15 <sup>aA</sup>  | 0.55 | 11.67 <sup>bA</sup> | 0.41 | 13.80 <sup>aA</sup> | 0.35 | 0.00   |
|                         | 14 يوماً    | 13.32 <sup>aA</sup>  | 0.42 | 12.89 <sup>aB</sup>  | 0.55 | 11.40 <sup>bA</sup> | 0.20 | 13.94 <sup>aA</sup> | 0.21 | 0.00   |
|                         | 21 يوماً    | 13.48 <sup>aA</sup>  | 0.56 | 13.44 <sup>aAB</sup> | 0.48 | 11.74 <sup>bA</sup> | 0.28 | 14.03 <sup>aA</sup> | 0.26 | 0.00   |
|                         | 28 يوماً    | 14.95 <sup>aA</sup>  | 0.64 | 14.30 <sup>aAB</sup> | 0.58 | 12.14 <sup>bA</sup> | 0.23 | 14.43 <sup>aA</sup> | 0.62 | 0.00   |

تراوحت قيمة متوسط دليل البياض الكثيف من 11.25% في مجموعة المناقلة المزدوجة حتى 12.62% في مجموعة الشاهد ولم تسجل فروقات معنوية بين المجموعات وذلك بالنسبة للبيض الطازج. انخفضت قيمة دليل البياض بشكل واضح وبدلالة إحصائية معنوية ( $p < 0.05$ ) في كل من مجموعة الشاهد ومجموعات المناقلة بعد 14 يوماً من التخزين (الجدول 12).

لم تسجل فروقات معنوية بين المجموعات بعد 14 و 21 يوماً من التخزين، وظهرت الفروق بعد 28 يوماً من التخزين بين مجموعة الشاهد (6.17%) والمناقلة المبكرة (5.46%). لم تسجل قيمة متوسط الوزن النسبي للبيض فروقات معنوية بين مجموعة الشاهد ومجموعات المناقلة لبيض الفري الطازج ما عدا مجموعة المناقلة المزدوجة التي انخفضت ( $p < 0.05$ ) فيها الوزن النسبي للبيض إلى 45.76%، وقد تفوقت قيمة هذا المؤشر ( $p < 0.05$ ) في مجموعة المناقلة المتأخرة على مجموعة الشاهد بعد التخزين لـ (14-21-28) يوماً. انخفض الوزن النسبي للبيض بعد التخزين لـ 28 يوماً بشكل معنوي في مجموعة الشاهد، وبعد 21 يوماً في مجموعة المناقلة المبكرة.

تبدأ التغيرات بمواصفات البيضة بحدوث فقدان الماء من خلال التبخر عبر المسام الموجودة في قشرتها والأغشية المبطنة لها، إذ يطرأ تغير في هيكلية البياض الكثيف نتيجة فقدان الماء وثاني أكسيد الكربون، وهو ما يميز عملية التحلل الداخلي وبداية فساد البيضة. توافقت قيمة متوسط وزن البياض لبيضة الفري الطازجة مع ما ذكره Ondrušíková وزملاؤه (2018). لم يسجل Adamski وزملاؤه (2017) فروقاً ذات دلالة إحصائية لانخفاض وزن بياض بيضة الفري مع زيادة وقت التخزين لمدة 21 يوماً، وهذا ما يتطابق مع نتائج هذه الدراسة لكل المجموعات عدا مجموعة المناقلة المبكرة، وقد ظهرت الفروق الإحصائية بعد 28 يوماً من التخزين لكل المجموعات عدا مجموعة المناقلة المزدوجة، أي أن وزن بياض البيض لم يتأثر مع التخزين لـ 28 يوماً بالنسبة لمجموعة المناقلة المزدوجة. سُجِّلَت أعلى قيمة لمتوسط وزن بياض البيض في مجموعة المناقلة المتأخرة (6.71) والمناقلة المبكرة (6.47) وقد حافظت على أفضليتها بالنسبة لارتفاع الوزن مع زيادة فترة التخزين لـ 28 يوماً، وهذا يتطابق مع ارتفاع وزن البيضة

للمجموعتين مقارنة بمجموعة الشاهد والمنايلة المزدوجة. وجد Nowaczewski وزملاؤه (2010a) اختلافات إحصائية ( $p < 0.05$ ) في وزن البياض بعد 3 أيام من تخزين بيض الفري، أما Scott و Silversides (2000) فقد وجدوا فروقاً ذات دلالة إحصائية بعد يوم التخزين الخامس والعاشر عند بيض الدجاج. قد يعود السبب في القيم المختلفة لنسبة البياض في بيض الفري على درجات الحرارة المختلفة والرطوبة النسبية للتخزين، فضلاً عن عمر الطيور عند وضع البيض. تتأثر قيمة متوسط دليل البياض بكل من عمر الأثنى وطول فترة التخزين ودرجة حرارة التخزين. توافقت قيمة مؤشر دليل البياض في هذه الدراسة مع ما ذكره Baumgartner و Hetényi (2001) لبيض الفري المخزن على درجة حرارة  $4^{\circ}\text{C}$ . في المقابل، وجد Baylan وزملاؤه (2011) أن متوسط دليل البياض للعينات المخزنة على درجة حرارة 20 درجة مئوية قد تأثر بشكل سلبي مع درجة الحرارة إذ انخفضت هذه القيمة في البيض المخزن في درجات حرارة منخفضة بنسبة 4.74%. كانت قيمة متوسط الوزن النسبي للبياض الطازج في مجموعة المنايلة المبكرة (45.76%) وهي قريبة مما ذكره El-Tarabany وزملاؤه (2015) و Zewail وزملاؤه (2016)، أما في مجموعات الشاهد والمنايلة المبكرة والمنايلة المتأخرة فقد توافقت مع القيم في دراسة Nowaczewski وزملاؤه (2010a) إذ تراوحت قيمة هذا المؤشر وفقاً للباحثين ما بين (50-60%)، وقد كانت أعلى قيمة مسجلة لمتوسط الوزن النسبي للبياض في دراسة أجراها Baylan وزملاؤه (2011) إذ وصلت حتى 61.68%. يعود السبب لانخفاض قيمة الوزن النسبي للبياض لانخفاض قيمة وزن البياض ووزن البيضة كلياً مقارنة بباقي المجموعات. يمكن أن يفسر سبب تفوق مجموعة المنايلة الحرارية المتأخرة على الشاهد بالنسبة لمؤشر الوزن النسبي للبياض بعد التخزين لـ (14-21-28) يوماً إلى ارتفاع وزن البيضة والبياض بين المجموعتين.

الجدول 12؛ مؤشرات البياض بعد التخزين والمنايلات الحرارية المختلفة

| المؤشر                  | مدة التخزين | الشاهد               |      | المنايلة المبكرة      |      | المنايلة المتأخرة   |      | المنايلة المزدوجة    |      | قيمة P |
|-------------------------|-------------|----------------------|------|-----------------------|------|---------------------|------|----------------------|------|--------|
|                         |             | المتوسط              | SE   | المتوسط               | SE   | المتوسط             | SE   | المتوسط              | SE   |        |
| وزن البياض [غ]          | طازج        | 5.74 <sup>aA</sup>   | 0.22 | 6.47 <sup>bA</sup>    | 0.22 | 6.71 <sup>bA</sup>  | 0.12 | 4.91 <sup>cA</sup>   | 0.07 | 0.00   |
|                         | 14 يوماً    | 5.00 <sup>aAB</sup>  | 0.18 | 5.95 <sup>bAB</sup>   | 0.21 | 6.64 <sup>bAB</sup> | 0.34 | 4.80 <sup>aA</sup>   | 0.10 | 0.00   |
|                         | 21 يوماً    | 4.84 <sup>aAB</sup>  | 0.27 | 5.24 <sup>aBC</sup>   | 0.17 | 6.39 <sup>bAB</sup> | 0.16 | 4.73 <sup>aA</sup>   | 0.10 | 0.00   |
|                         | 28 يوماً    | 3.98 <sup>aB</sup>   | 0.45 | 4.90 <sup>abC</sup>   | 0.19 | 5.88 <sup>bB</sup>  | 0.18 | 4.58 <sup>aA</sup>   | 0.33 | 0.00   |
| دليل البياض [%]         | طازج        | 12.62 <sup>aA</sup>  | 0.62 | 11.63 <sup>aA</sup>   | 0.99 | 11.77 <sup>aA</sup> | 0.57 | 11.25 <sup>aA</sup>  | 0.72 | 0.61   |
|                         | 14 يوماً    | 6.85 <sup>aB</sup>   | 0.42 | 7.67 <sup>aB</sup>    | 0.56 | 7.81 <sup>aB</sup>  | 0.86 | 8.15 <sup>aB</sup>   | 0.37 | 0.46   |
|                         | 21 يوماً    | 6.48 <sup>aB</sup>   | 0.57 | 6.85 <sup>aB</sup>    | 0.67 | 7.54 <sup>aB</sup>  | 0.84 | 6.79 <sup>aBC</sup>  | 0.49 | 0.71   |
|                         | 28 يوماً    | 6.17 <sup>aB</sup>   | 0.61 | 5.46 <sup>bB</sup>    | 0.45 | 5.97 <sup>abB</sup> | 0.22 | 5.82 <sup>abC</sup>  | 0.38 | 0.05   |
| الوزن النسبي للبياض [%] | طازج        | 52.64 <sup>aA</sup>  | 1.18 | 53.74 <sup>aA</sup>   | 0.65 | 51.87 <sup>aA</sup> | 0.43 | 45.76 <sup>bA</sup>  | 0.49 | 0.00   |
|                         | 14 يوماً    | 46.83 <sup>aAB</sup> | 1.39 | 50.71 <sup>abAB</sup> | 0.89 | 52.06 <sup>bA</sup> | 1.74 | 45.98 <sup>aA</sup>  | 1.13 | 0.00   |
|                         | 21 يوماً    | 45.87 <sup>aAB</sup> | 2.00 | 46.88 <sup>abB</sup>  | 1.18 | 51.83 <sup>bA</sup> | 1.15 | 46.66 <sup>abA</sup> | 0.87 | 0.01   |
|                         | 28 يوماً    | 42.01 <sup>aB</sup>  | 3.33 | 46.77 <sup>abB</sup>  | 1.83 | 51.39 <sup>bA</sup> | 1.51 | 46.79 <sup>abA</sup> | 2.40 | 0.07   |

يوضح الجدول (13) قيم متوسطات مؤشرات المواصفات النوعية الخاصة بالصفار بعد تخزين بيض الفري المنايل حرارياً لفترات مختلفة. ارتفع ( $p<0.05$ ) وزن الصفار بعد 14 و 21 يوماً من التخزين في مجموعة الشاهد ثم سجل انخفاضاً طفيفاً بعد 28 يوماً من التخزين. سُجل انخفاضاً معنوياً ( $p<0.05$ ) في وزن صفار البيض المخزن لـ 28 يوماً في مجموعتي المنايلة المتأخرة والمزدوجة. لم تسجل فروقات معنوية في دليل الصفار للبيض الطازج بين المجموعات، كذلك لم تظهر الفروقات المعنوية مع تخزين البيض على الرغم من انخفاض قيمة المؤشر بعد 28 يوماً من التخزين لمجموعة الشاهد، في حين سُجل فرق معنوي ( $p<0.05$ ) بين البيض الطازج والمخزن لمدة 28 يوماً في كل المجموعات الأخرى. أثر التخزين معنوياً ( $p<0.05$ ) في الوزن النسبي للصفار عند مجموعتي المنايلة المتأخرة والمزدوجة، بينما ارتفع الوزن النسبي للصفار بشكل معنوي بعد 14 يوماً من التخزين ضمن كل من مجموعة الشاهد ومجموعة المنايلة المبكرة.

يعد غشاء الصفار الحاجز الوقائي الأخير في بنية البيضة، فهو يعطي الشكل العام للصفار ويحافظ على منع الانتشار بين الصفار والبياض. سجلت مجموعتي المنايلة المتأخرة والمزدوجة قيماً أعلى مما ذكره Ondrušíková وزملاؤه (2018) بمتوسط وزن صفار طازج وقدره (3.68-3.91 غ)، الذي كان قريباً من وزن مجموعة الشاهد والمنايلة المبكرة. ينتشر الماء في أثناء التخزين من البياض إلى الصفار عبر غشاء الصفار مما يزيد من حجمه، وهذا ما تبين في نتائج الدراسة الحالية بالنسبة لبيض مجموعة الشاهد ومجموعة المنايلة المبكرة. توافقت قيم مجموعة المنايلة المبكرة مع ما وجدته Adamski وزملاؤه (2017) و Nowaczewski وزملاؤه (2010a) إذ لم تظهر فروق ذات دلالة إحصائية بالنسبة لمتوسط وزن الصفار مع زيادة فترة التخزين. وجد Nowaczewski وزملاؤه (2010b) في دراسة أخرى أنه بصرف النظر عن فترة التخزين فإن وزن البيضة له تأثير في الوزن النسبي للصفار، أما Adamski وزملاؤه (2017) فقد لاحظ أنه في حال تخزين البيض لمدة 3 و 5 أيام فإن بيض الفري ذا الوزن الأعلى يتميز بوزن نسبي أعلى من الصفار. مع ذلك، وفقاً لـ Moraes وزملاؤه (2009) فإن مدة التخزين لا

تؤثر بشكل كبير في الوزن النسبي للصفار من البيضة ككل، وقد توافقت هذه النتيجة مع مجموعتي المنافسة المتأخرة والمزدوجة. تراوحت قيمة دليل الصفار بالنسبة للبيض الطازج في المجموعات بين 47.37% و 48.48% من دون وجود فروقات معنوية، وهذا ما توافق مع Ondrušíková وزملاؤه (2018) و El-Tarabany، (2016) و Inci وزملاؤه (2015) و Wilkanowska و Kokoszyński (2012) و Nowaczewski وزملاؤه (a2010)، أما في الأسبوع الثاني فقد تفوقت مجموعة المنافسة المبكرة على باقي المجموعات وسجلت ارتفاعاً في دليل الصفار بقيمة 52.25% التي كانت قريبة مما سجله Nowaczewski وزملاؤه (a2010)، وكانت هذه القيمة في مجموعة الشاهد 48.31% التي توافقت مع ما ذكره Ondrušíková وزملاؤه (2018)، ويُفسّر ارتفاع النسبة المئوية للصفار في مجموعتي الشاهد والمنافسة المتأخرة إلى انتشار الماء من البياض إلى الصفار وانخفاض النسبة المئوية للبياض مع التخزين بالنسبة لوزن البيضة ككل.

الجدول 13؛ مؤشرات الصفار بعد التخزين والمنايلات الحرارية المختلفة

| المؤشر                  | مدة التخزين | الشاهد               |      | المنايلة المبكرة     |      | المنايلة المتأخرة    |      | المنايلة المزدوجة    |      | قيمة P |
|-------------------------|-------------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|--------|
|                         |             | المتوسط              | SE   | المتوسط              | SE   | المتوسط              | SE   | المتوسط              | SE   |        |
| وزن الصفار [غ]          | طازج        | 3.46 <sup>aA</sup>   | 0.14 | 3.70 <sup>aA</sup>   | 0.13 | 4.64 <sup>bA</sup>   | 0.07 | 4.27 <sup>bA</sup>   | 0.12 | 0.00   |
|                         | 14 يوماً    | 4.21 <sup>aB</sup>   | 0.16 | 4.22 <sup>aA</sup>   | 0.19 | 4.55 <sup>aA</sup>   | 0.12 | 4.10 <sup>aAB</sup>  | 0.18 | 0.27   |
|                         | 21 يوماً    | 4.23 <sup>aB</sup>   | 0.16 | 4.35 <sup>aA</sup>   | 0.24 | 4.39 <sup>aAB</sup>  | 0.12 | 3.86 <sup>aAB</sup>  | 0.10 | 0.10   |
|                         | 28 يوماً    | 3.92 <sup>aAB</sup>  | 0.13 | 3.97 <sup>aA</sup>   | 0.19 | 4.10 <sup>aB</sup>   | 0.13 | 3.69 <sup>aB</sup>   | 0.15 | 0.29   |
| دليل الصفار [%]         | طازج        | 48.23 <sup>aA</sup>  | 1.14 | 47.82 <sup>aA</sup>  | 0.89 | 47.37 <sup>aA</sup>  | 1.50 | 48.48 <sup>aA</sup>  | 1.09 | 0.91   |
|                         | 14 يوماً    | 48.31 <sup>abA</sup> | 0.72 | 52.25 <sup>aC</sup>  | 1.20 | 47.32 <sup>bA</sup>  | 1.16 | 48.41 <sup>abA</sup> | 1.08 | 0.01   |
|                         | 21 يوماً    | 44.53 <sup>aA</sup>  | 1.77 | 45.07 <sup>aAB</sup> | 1.27 | 43.14 <sup>aAB</sup> | 2.24 | 48.01 <sup>aA</sup>  | 0.76 | 0.20   |
|                         | 28 يوماً    | 44.47 <sup>aA</sup>  | 1.67 | 41.55 <sup>abB</sup> | 1.16 | 38.89 <sup>bB</sup>  | 1.29 | 43.83 <sup>abB</sup> | 1.10 | 0.02   |
| الوزن النسبي للصفار [%] | طازج        | 31.72 <sup>aA</sup>  | 0.99 | 30.74 <sup>aA</sup>  | 0.82 | 35.86 <sup>bA</sup>  | 0.56 | 39.72 <sup>cA</sup>  | 0.64 | 0.00   |
|                         | 14 يوماً    | 39.43 <sup>aB</sup>  | 1.19 | 35.97 <sup>aA</sup>  | 0.85 | 35.65 <sup>aA</sup>  | 1.66 | 39.27 <sup>aA</sup>  | 1.22 | 0.06   |
|                         | 21 يوماً    | 40.11 <sup>aB</sup>  | 1.85 | 38.91 <sup>aB</sup>  | 1.13 | 35.62 <sup>aA</sup>  | 0.90 | 38.04 <sup>aA</sup>  | 0.70 | 0.08   |
|                         | 28 يوماً    | 41.32 <sup>aB</sup>  | 1.62 | 37.93 <sup>abB</sup> | 0.77 | 35.83 <sup>bA</sup>  | 1.10 | 37.67 <sup>abA</sup> | 1.53 | 0.04   |

تراوحت قيمة وحدات هوف التي تعبر عن طزاجة البيض بين 92.75 و 89.62 في البيض الطازج، وانخفضت لتتراوح بين 72.65 و 78.56 في اليوم 28 من التخزين. كانت الفروق معنوية ( $p < 0.05$ ) بين البيض الطازج والمخزن في المجموعات الأربعة. لم تُسجل فروق معنوية في قيمة وحدات هوف بين المجموعات بالنسبة للبيض الطازج، وقد تفوقت مجموعتي المنايلة المبكرة والمتأخرة على مجموعة الشاهد في قيمة هذا المؤشر بعد 28 يوماً من التخزين (الجدول 14). لم يسجل لون الصفار فروقات معنوية مع زيادة فترة التخزين ضمن كل مجموعة، أما بين المجموعات فقد تفوقت مجموعة المنايلة المتأخرة على باقي المجموعات بالنسبة لمؤشر لون الصفار للبيض الطازج وبعد 28 يوماً من التخزين.

ترتبط قيمة وحدات هوف بوزن البيضة الطازجة وارتفاع البياض الكثيف. كانت قيم هذه الدراسة قريبة مما ذكره Nowaczewski وزملاؤه (b2010) و Adamski وزملاؤه (2017)، في حين سُجلت أعلى قيمة لوحدات هوف من قبل Baumgartner و Hetényi (2001). تنخفض قيمة وحدات هوف مع زيادة فترة التخزين وفق دراسات Ondrušíková وزملاؤه (2018) و Nowaczewski وزملاؤه (b2010) و Dudusola (2009) على بيض الفري ودراسة Samli وزملاؤه (2005) على بيض الدجاج، إذ لوحظ تدهور كبير في جودة البياض مع زيادة درجة الحرارة وفترة تخزين البيض. سجل Dudusola (2009) انخفاض في قيمة وحدات هوف من 91.4 وحتى 76.3 بعد 10 أيام من التخزين على درجة حرارة 5 درجة مئوية. كانت الفروق معنوية ( $p < 0.05$ ) بين البيض الطازج والمخزن في المجموعات الأربعة لهذه الدراسة.

يعد مؤشر لون الصفار من المؤشرات المهمة التي تعبر عن جودة البيض لتلبي رغبة المستهلك، ويمكن التحكم بهذا المؤشر من خلال تركيب الخلطة العلفية المقدمة للطيور، سواء بإضافة مسحوق العلف الأخضر بنسب محددة أم بإضافة الكاروتين إلى العلف المركز. ذكر Ondrušíková وزملاؤه (2018) و Kara وزملاؤه (2016) أن لون الصفار الأكثر شيوعاً لبيض الفري هو 3، وارتفعت قيمة لون الصفار وفق مروحة روش إلى 4 في الأسبوع الثامن من التخزين، كما أوضح Pereira وزملاؤه (2016) أن

قيمة لون الصفار كانت 4 لبيضة الفري، وقد توافقت هذه النتائج مع نتائج هذه الدراسة. بشكل عام، لا يوجد دراسات حديثة بخصوص العلاقة بين لون الصفار ودرجة حرارة ووقت التخزين (Jin وزملاؤه، 2011).

الجدول 14؛ لون الصفار ونسبة البياض إلى الصفار ووحدات هوف بعد التخزين والمنايلات الحرارية المختلفة

| المؤشر            | مدة التخزين | الشاهد              |      | المنايلة المبكرة     |      | المنايلة المتأخرة    |      | المنايلة المزدوجة    |      | قيمة P |
|-------------------|-------------|---------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|--------|
|                   |             | المتوسط             | SE   | المتوسط              | SE   | المتوسط              | SE   | المتوسط              | SE   |        |
| البياض إلى الصفار | طازج        | 1.66 <sup>aA</sup>  | 0.08 | 1.76 <sup>aA</sup>   | 0.06 | 1.45 <sup>bA</sup>   | 0.03 | 1.15 <sup>cA</sup>   | 0.03 | 0.00   |
|                   | 14 يوماً    | 1.19 <sup>bB</sup>  | 0.08 | 1.41 <sup>aB</sup>   | 0.05 | 1.46 <sup>aA</sup>   | 0.11 | 1.17 <sup>bA</sup>   | 0.07 | 0.03   |
|                   | 21 يوماً    | 1.14 <sup>aB</sup>  | 0.09 | 1.20 <sup>abB</sup>  | 0.07 | 1.45 <sup>bA</sup>   | 0.07 | 1.23 <sup>abA</sup>  | 0.04 | 0.02   |
|                   | 28 يوماً    | 1.02 <sup>aB</sup>  | 0.11 | 1.23 <sup>abB</sup>  | 0.06 | 1.43 <sup>bA</sup>   | 0.09 | 1.24 <sup>abA</sup>  | 0.12 | 0.04   |
| وحدات هوف         | طازج        | 92.16 <sup>aA</sup> | 1.01 | 90.75 <sup>aA</sup>  | 2.08 | 92.75 <sup>aA</sup>  | 1.31 | 89.62 <sup>aA</sup>  | 1.52 | 0.48   |
|                   | 14 يوماً    | 78.64 <sup>aB</sup> | 0.96 | 85.56 <sup>bAB</sup> | 1.47 | 82.64 <sup>abB</sup> | 2.04 | 82.83 <sup>abB</sup> | 0.95 | 0.01   |
|                   | 21 يوماً    | 77.16 <sup>aB</sup> | 1.48 | 81.23 <sup>aBC</sup> | 2.05 | 80.58 <sup>aB</sup>  | 2.20 | 78.86 <sup>aBC</sup> | 1.29 | 0.39   |
|                   | 28 يوماً    | 72.65 <sup>aC</sup> | 1.15 | 77.59 <sup>bC</sup>  | 1.27 | 78.56 <sup>bB</sup>  | 0.89 | 76.41 <sup>abC</sup> | 1.33 | 0.01   |
| لون الصفار        | طازج        | 2.90 <sup>aA</sup>  | 0.18 | 3.30 <sup>aA</sup>   | 0.21 | 4.00 <sup>bA</sup>   | 0.15 | 2.80 <sup>aA</sup>   | 0.13 | 0.00   |
|                   | 14 يوماً    | 3.25 <sup>aA</sup>  | 0.13 | 3.40 <sup>aA</sup>   | 0.16 | 4.00 <sup>aA</sup>   | 0.37 | 3.20 <sup>aA</sup>   | 0.13 | 0.06   |
|                   | 21 يوماً    | 3.30 <sup>aA</sup>  | 0.15 | 3.40 <sup>abA</sup>  | 0.16 | 4.20 <sup>bA</sup>   | 0.25 | 3.30 <sup>aA</sup>   | 0.26 | 0.01   |
|                   | 28 يوماً    | 3.50 <sup>aA</sup>  | 0.34 | 3.50 <sup>aA</sup>   | 0.26 | 4.60 <sup>bA</sup>   | 0.34 | 3.35 <sup>aA</sup>   | 0.13 | 0.01   |

#### 4- المؤشرات الفيزيولوجية

بههدف اختبار استجابة طيور الفري للتعرض للإجهاد الحراري وكفاءة برامج المنابلة الحرارية خلال التطور الجنيني، تم تعريض الطيور لإجهاد حراري على درجة 41° س لمدة 3 ساعات بعمر 49 يوماً، لوحظ خلال برنامج الإجهاد الحراري ظهور بعض العلامات السلوكية استجابة للإجهاد مثل اللهاث ورفع الأجنحة والرفرفة لإبعادها عن الجسم والإستلقاء وخفض استهلاك العلف، إضافة لتسجيل نفوق عدد من طيور أفراد الجيل الأول (2 طير أنثى من مجموعة المنابلة المبكرة وذكر من مجموعة المنابلة المزدوجة) وفي طيور أفراد الجيل الثاني (3 طيور إناث من مجموعة المنابلة المبكرة)، كما تأثرت العديد من المؤشرات الفيزيولوجية بارتفاع درجة الحرارة.

#### 4-1- تركيز هرمون الكورتيكوستيرون

يبين الجدول (15) متوسط تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في بلازما دم طيور الجيلين الأول والثاني المعرضين للإجهاد الحراري بعمر النضج الجنسي. لم تظهر فروق معنوية ( $p > 0.05$ ) بين المجموعات في الأوقات الثلاثة التي سحب منها الدم في أثناء فترة الإجهاد الحراري التي عُرِضت لها الطيور (بداية الإجهاد وبعد 90 و 180 دقيقة من بداية الإجهاد) وذلك لكل من طيور الجيلين الأول والثاني، وقد تراوحت قيمة متوسط تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في طيور الجيل الأول في بداية الإجهاد بين 3.61 نغ/مل في مجموعة المنابلة المتأخرة و 6.21 في مجموعة المنابلة المزدوجة لترتفع بعد 90 دقيقة من بداية الإجهاد وتتراوح بين 4.96 في مجموعة المنابلة المتأخرة و 12.33 في مجموعة المنابلة المزدوجة، لتتخفض بعدها القيم قليلاً بعد 180 دقيقة من الإجهاد وتصبح بين 4.50 في مجموعة المنابلة المتأخرة و 9.97 في مجموعة المنابلة المزدوجة، نهج مسار تركيز الهرمون أيضاً في طيور الجيل الثاني المسار نفسه في طيور الجيل الأول إذ ارتفع التركيز في منتصف الإجهاد ليعود بالإنخفاض في نهاية الإجهاد، فقد بلغت أعلى قيمة لمتوسط تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في بداية الإجهاد

41.73 في مجموعة المنابلة المتأخرة لتصبح 90.05 في منتصف الإجهاد و 67.00 في نهاية الإجهاد وذلك في مجموعة المنابلة المزدوجة.

يُلاحظ من الجدول وجود فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) عند بداية الإجهاد في مجموعتي المنابلة المبكرة والمتأخرة وذلك عند مقارنة طيور الجيل الأول بالثاني في كل مجموعة، بينما لم يظهر فرق معنوي بين طيور الجيلين لكل من مجموعة الشاهد ومجموعة المنابلة المزدوجة، أما في منتصف الإجهاد ونهايته فقد كان هناك فروقات معنوية ( $p < 0.05$ ) لطيور الجيل الأول مقارنة بالثاني لكل مجموعة من مجموعات الدراسة الأربعة.

عند مقارنة قيمة متوسط تركيز هرمون الكورتيكوستيرون بغياب الإجهاد (الشاهد في الجيل الأول) مع قيمة متوسط تركيز الهرمون لكل مجموعة ولطيور كل من الجيل الأول والثاني في كل من بداية الإجهاد ومنتصفه وصولاً إلى نهايته، يُلاحظ أن هناك فروقات معنوية ( $p < 0.05$ ) لقيمة الشاهد في الجيل الأول مع متوسط التركيز للمجموعات كافة في منتصف الإجهاد ونهايته لكل من طيور الجيلين الأول والثاني، مع غياب الفروقات المعنوية ( $p < 0.05$ ) مع القيم في بداية الإجهاد لطيور مجموعات الشاهد والمنابلة المبكرة والمزدوجة.

يُستخدم مؤشر تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في بلازما الدم بشكل شائع كمؤشر عن الاستجابة للإجهاد الحاد في الدواجن (Zulkifli وزملاؤه، 2009؛ Hao و Gu، 2014؛ Perini وزملاؤه، 2021). يتم إدراك إشارات الإجهاد في الدماغ ليتم التوجيه لبدء الاستجابة للإجهاد (Dohms و Metz، 1991؛ Siegel، 1995؛ Dhabhar، 2009)، التي تتضمن إنتاج وتحرير القشرانيات السكرية وبشكل خاص الكورتيكوستيرون (De Kloet، 2003؛ Mumma وزملاؤه، 2006). ينتج عن الإجهاد وتنشيط HPA أثناء التطور الجنيني تأثيرات مهمة وأحياناً تكون دائمة على فيزيولوجيا الجسم وسلوكه. تتوسط هذه التأثيرات من خلال التغيرات في وظيفة محور HPA، إذ أن التعرض

للإجهاد أثناء التطور الجنيني يمكن أن يُبرمج حساسية هذا المحور للمحفزات المُجهدة إضافة إلى التأثير الدائم على آليات الإستجابة داخل المحور (Maccari وزملاؤه، 2003 ; Spencer وزملاؤه، 2009 ; Kriengwatana وزملاؤه، 2014 ; Walker وزملاؤه، 2019). في هذه الدراسة، أدى الإجهاد الحراري إلى ارتفاع تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في بلازما دم الطيور المعرضة للإجهاد بشكل كبير في منتصف برنامج الإجهاد الحراري (بعد 90 دقيقة من بداية الإجهاد) في كل مجموعات التجربة ولكل من طيور الجيلين الأول والثاني، لتعود للانخفاض في نهاية برنامج الإجهاد الحراري لكن بمستويات أعلى من بداية البرنامج، ومن الواضح أنه تم تنشيط محور الوطاء-الغدة النخامية-الغدة الكظرية (HPA) بشكل مستمر حتى منتصف الإجهاد وهذا ما توافق مع ما وجدته Nazar وزملاؤه (2018) عدا أن الباحث وزملاؤه قد سجلوا استمرار الارتفاع حتى نهاية البرنامج. قد يعود الإنخفاض في مستوى هرمون الكورتيكوستيرون في نهاية الإجهاد لما أفاد به Edens و Siegel (1975، 1976) أن الزيادة الأولية السريعة في تركيز هرمون الكورتيكوستيرون نتيجة التعرض للإجهاد الحراري استمرت لمدة 70 دقيقة (Sakhatsky وزملاؤه، 2020)، كما أظهرت نتائج De Souza و Van Loon (1982) أن تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في البلازما قد بلغ ذروته في حوالي 15-30 دقيقة بعد بداية الإجهاد وعاد إلى نطاق التحكم بعد حوالي 60-90 دقيقة. تتفق هذه النتائج مع نتائج هذه الدراسة إذ انخفض تركيز هرمون الكورتيكوستيرون بعد 90 دقيقة من الإجهاد في كافة مجموعات الدراسة (Gunnewiek وزملاؤه، 2018). توافقت النتائج مع الدراسات السابقة التي ذكرت بأن الإجهاد الحراري أدى إلى ارتفاع تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في البلازما (Zulkifli وزملاؤه، 2003 ; Mahmoud وزملاؤه، 2004 ; Gu وزملاؤه، 2012)، كما وجد Soleimani وزملاؤه، 2012 بأن عزل طيور الفري وتقييدها لمدة ساعتين أدى إلى ارتفاع تركيز هرمون الكورتيكوستيرون، مما يؤكد أن ارتفاع تركيز هرمون الكورتيكوستيرون يكون نتيجة عوامل الإجهاد بمختلف أشكالها وليس فقط الإجهاد الحراري.

نلاحظ من نتائج الجيل الثاني بأن تركيز هرمون الكورتيكوستيرون قد ارتفع عند طيور كافة المجموعات بشكل ملحوظ وأعلى من مستوياته في طيور الجيل الأول، يمكن تفسير ذلك بأن انتقال صفة التكيف مع الإجهاد تنتقل من الأمات إلى النسل من خلال أحد مسارين غير حصريين للانتقال الوراثي أو كلاهما، المسار الأول: قد تكون الأمات المجهدة قد غيرت من بيئة الحضانة لنسلها عن طريق زيادة كمية هرمون الكورتيكوستيرون المفرزة في البيضة، مما يعرض الأجنة بشكل مباشر لزيادة مستوى هرمون الكورتيكوستيرون أثناء التطور الجنيني والتي ربما تكون قد برمجت النمط الظاهري لها بنفس الطريقة التي لوحظت في جيل الأمات (Aiken و Ozanne، 2014)، المسار الثاني: الانتقال عبر التغيير ما فوق الوراثة epigenome (Burton و Metcalfe، 2014، Aiken و Ozanne، 2014)، الأمر الذي يؤدي إلى تعديل في التعبير المورثي في محور HPA ما يتسبب في استجابة الإجهاد الملحوظة والتعديل السلوكي الذي يظهر في النسل بهدف اختبار البيئة الجديدة (Zimmer و زملاؤه، 2013، Spencer و Zimmer، 2014، Zimmer و زملاؤه، 2017).

أظهرت الدراسات السابقة أن المنايلة الحرارية تحسّن من تحمل الطيور لدرجات الحرارة المرتفعة (Loyau و زملاؤه، 2013، Piestun و زملاؤه، 2008، Vitorino Carvalho و زملاؤه، 2020)، وهذا ما توافق مع نتائج هذه الدراسة والتي أثبتت قدرة الطيور على تحمل الإجهاد الحراري وبشكل خاص برنامج المنايلة الحرارية المتأخرة، كما تُعطي نتائج تركيز هرمون الكورتيكوستيرون في طيور الجيل الثاني فكرة عن انتقال صفة تحمل الإجهاد الحراري من طيور الجيل الأول (التي عُرِضت للإجهاد خلال التطور الجنيني) إليها. على الرغم من تفوق طيور مجموعة المنايلة الحرارية المبكرة على طيور مجموعة الشاهد بالنسبة لمؤشر هرمون الكورتيكوستيرون في الجيل الثاني، إلا أن نسبة النفوق في طيور الجيل الأول والثاني لهذه المجموعة لا يمكن إنكارها كمؤشر لعدم قدرة هذه الطيور على تحمل الإجهاد الحراري، ويجب دراسة المؤشرات المناعية لتحديد السبب وراء النفوق في هذه المجموعة خلافاً لباقي المجموعات.

الجدول 15؛ متوسط تركيز هرمون الكورتيكوستيرون (ng/mL) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 90 دقيقة و 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني بعمر 49/ يوماً والنتيجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة

| الجيل الثاني |       |                       | الجيل الأول |      |                      | المنايلة الحرارية | دقيقة بالنسبة للإجهاد |
|--------------|-------|-----------------------|-------------|------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| المدى        | SE    | المتوسط               | المدى       | SE   | المتوسط              |                   |                       |
| 24.5-11.9    | 3.98  | 16.55 <sup>CA</sup>   | 4.1-3.6     | 0.15 | 3.84 <sup>CA</sup>   | شاهد              | 0                     |
| 54.4-21.4    | 9.84  | 40.45 <sup>abA</sup>  | 7.1-4.5     | 0.77 | 5.85 <sup>CA</sup>   | مبكرة             |                       |
| 22.3-16.3    | 2.99  | 19.28 <sup>bcA</sup>  | 7.8-5.0     | 0.84 | 6.21 <sup>CA</sup>   | مزدوجة            |                       |
| 49.3-35.6    | 4.01  | 41.73 <sup>aA*</sup>  | 3.9-3.4     | 0.14 | 3.61 <sup>CA</sup>   | متأخرة            |                       |
| 76.3-42.8    | 11.16 | 54.03 <sup>ba*</sup>  | 8.6-4.5     | 0.96 | 7.14 <sup>CA*</sup>  | شاهد              | 90                    |
| 84.9-76.6    | 4.19  | 80.79 <sup>aA*</sup>  | 14.6-7.2    | 1.72 | 10.53 <sup>CA*</sup> | مبكرة             |                       |
| 93.9-86.2    | 3.91  | 90.05 <sup>aB*</sup>  | 16.9-7.8    | 1.89 | 12.33 <sup>CA*</sup> | مزدوجة            |                       |
| 94.9-82.9    | 5.99  | 88.97 <sup>aA*</sup>  | 6.7-3.7     | 0.72 | 4.96 <sup>CA</sup>   | متأخرة            |                       |
| 57.4-28.8    | 8.32  | 41.96 <sup>abA*</sup> | 8.4-4.6     | 0.78 | 6.46 <sup>CA*</sup>  | شاهد              | 180                   |
| 60.6-50.6    | 2.24  | 56.39 <sup>aA*</sup>  | 15.5-4.5    | 2.42 | 8.65 <sup>CA</sup>   | مبكرة             |                       |
| 88.5-28.0    | 19.52 | 67.00 <sup>aB*</sup>  | 24.2-4.2    | 4.78 | 9.97 <sup>bcA</sup>  | مزدوجة            |                       |
| 48.2-36.3    | 5.91  | 42.25 <sup>abA*</sup> | 6.0-3.3     | 0.65 | 4.50 <sup>CA</sup>   | متأخرة            |                       |

- تشير الأحرف العلوية الصغيرة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد ( $p < 0.05$ )، والأحرف العلوية الكبيرة إلى وجود فروق معنوية ضمن العمود الواحد ( $p < 0.05$ )
- يشير رمز (\*) إلى وجود فروق معنوية مع القيمة بغياب الإجهاد (الشاهد في الجيل الأول)

## 4-2- المؤشرات البيوكيميائية

### 4-2-1. الغلوكوز

يبين الجدول (16) متوسط تركيز الغلوكوز في بلازما دم طيور الفري الناضجة (الجيلان الأول والثاني) بعد تطبيق برنامج الإجهاد الحراري عليها وسحب عينات الدم منها عند ابتداء الإجهاد وفي منتصفه (بعد 90 دقيقة) وفي نهاية الإجهاد (بعد 180 دقيقة). يُلاحظ من الجدول عدم وجود فروقات معنوية بين طيور كل مجموعة في الجيل الأول عند بداية الإجهاد ومنتصف الإجهاد عدا مجموعة المناقلة المزدوجة، وظهور الفروق المعنوية ( $p < 0.05$ ) مع نهاية الإجهاد في المجموعات الأربعة. غابت الفروق المعنوية بالنسبة لطيور الجيل الثاني بين عينات الدم المأخوذة في بداية الإجهاد ومنتصفه وصولاً إلى نهايته في مجموعة المناقلة المبكرة والمزدوجة، وكان هناك فرق معنوي في مجموعة الشاهد ومجموعة المناقلة المتأخرة ( $p < 0.05$ ) بين منتصف الإجهاد ونهايته.

كان هناك فروقات معنوية ( $p < 0.05$ ) بين طيور الجيلين الأول والثاني في كل المجموعات في بداية الإجهاد ومنتصفه (عدا مجموعة المناقلة المزدوجة في منتصف الإجهاد)، عند مقارنة طيور الجيلين الأول والثاني في كل مجموعة، وغابت الفروقات المعنوية في نهاية الإجهاد (بعد 180 دقيقة) عدا في مجموعة المناقلة المزدوجة بالمقارنة بين طيور الجيلين الأول والثاني. أيضاً، كان هناك فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) بين قيمة متوسط تركيز الغلوكوز في كل مجموعة وفي منتصف الإجهاد ونهايته (لطيور الجيل الأول) وفي بداية الإجهاد ومنتصفه وصولاً إلى نهايته (عند طيور الجيل الثاني) مع قيمة الشاهد في الجيل الأول (غياب الإجهاد).

يُلاحظ من الجدول أن قيمة متوسط تركيز الغلوكوز في طيور الجيل الأول قد ارتفعت بعد بداية الإجهاد بساعة ونصف واستمرت بالارتفاع حتى نهاية الإجهاد في كل المجموعات، أما في طيور الجيل الثاني فقد انخفضت القيم في المجموعات بعد 90 دقيقة من الإجهاد من دون تسجيل فروقات معنوية لتعود إلى الارتفاع في نهاية الإجهاد.

الغلوكوز هو السكر الرئيس من السكريات الموجودة في الدم، يؤدي أكسدها في الخلايا إلى توفير مصدر الطاقة للجسم. يزداد مستوى الغلوكوز في الدم عند الإصابة بداء السكري وفرط نشاط الغدة الدرقية والتهاب البنكرياس والفشل الكلوي، بينما ينخفض عند الإصابة بقصور الغدة الدرقية وأمراض الكبد (Burtis وزملاؤه، 2007). يلعب مستوى الغلوكوز في الدم دوراً مهماً جداً في تنظيم مستوى الغلوكوز في الأنسجة وإنتاج الطاقة لاستخدامها في عمليات الاستقلاب الغذائي (Kiani وزملاؤه، 2011 ; Vatsalya و Arora، 2011). توافقت قيمة الغلوكوز في بداية الإجهاد مع القيم التي سُجلت في دراسات كل من (Vatsalya و Arora، 2011 ; Kabir، 2013 ; Patra وزملاؤه، 2019)، في حين كانت النتائج خلال فترة الإجهاد متوافقة مع ما سجله (Abdulmajeed وزملاؤه، 2012) التي تجاوزت 300 ميلي غرام/دل، قد يكون ذلك لأن الدراسة قد تمت تحت الظروف البيئية في العراق التي تمتاز بدرجات الحرارة العالية، وهو ما يعني أن الطيور قد ارتفع لديها تركيز الغلوكوز استجابة للإجهاد الحراري للحد من التأثيرات السلبية الناجمة عنه.

إن ارتفاع مستوى الغلوكوز في بلازما دم الطيور تحت الإجهاد الحراري يؤكد أن ارتفاع تركيز هرمون الكورتيكوستيرون أدى بدوره إلى ارتفاع مستوى الغلوكوز نتيجة التأثير المتعاكس ما بين هرمون الكورتيكوستيرون والأنسولين، إضافة لتأثير الكورتيكوستيرون في رفع مستوى الغلوكوز نتيجة تقويض البروتين (Remage-healey و Romero، 2001 ; Hess، 2002)، ما يعطي فكرة عن استجابة الطيور للحد من تأثير الإجهاد الحراري. الجدير بالذكر أن عدم وجود فرق معنوي في مستوى الغلوكوز بين بداية ونهاية الإجهاد في مجموعتي المنابلة الحرارية المبكرة والمتأخرة لطيور الجيل الثاني رغم وجود الفروق المعنوية بين بداية ونهاية الإجهاد في هاتين المجموعتين لطيور الجيل الأول، يؤكد على استقرار مستوى الغلوكوز في بلازما الدم خلال فترة برنامج الإجهاد الحراري ما يعني قدرة الطيور على تحمل الإجهاد بكفاءة جيدة.

الجدول 16؛ متوسط تركيز الجلوكوز (mg/dL) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 90 دقيقة و180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة

| الجيل الثاني |       |                              | الجيل الأول |       |                             | المنايلة الحرارية | دقيقة بالنسبة للإجهاد |
|--------------|-------|------------------------------|-------------|-------|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| المدى        | SE    | المتوسط                      | المدى       | SE    | المتوسط                     |                   |                       |
| 321.0-195.9  | 18.95 | <b>258.70<sup>aAB*</sup></b> | 169.6-118.1 | 7.93  | <b>137.10<sup>bA</sup></b>  | شاهد              | 0                     |
| 285.2-230.3  | 8.32  | <b>260.75<sup>aA*</sup></b>  | 180.9-129.8 | 8.88  | <b>156.37<sup>bA</sup></b>  | مبكرة             |                       |
| 237.9-216.1  | 6.77  | <b>229.51<sup>aA*</sup></b>  | 186.0-120.8 | 8.64  | <b>148.61<sup>bA</sup></b>  | مزدوجة            |                       |
| 248.6-211.2  | 6.32  | <b>230.98<sup>aAB*</sup></b> | 194.6-143.7 | 12.26 | <b>157.96<sup>bA</sup></b>  | متأخرة            |                       |
| 268.0-183.6  | 13.03 | <b>224.09<sup>aB*</sup></b>  | 189.6-138.1 | 7.29  | <b>158.33<sup>bA*</sup></b> | شاهد              | 90                    |
| 276.2-220.2  | 8.41  | <b>238.11<sup>aA*</sup></b>  | 185.4-137.8 | 7.17  | <b>157.69<sup>bA*</sup></b> | مبكرة             |                       |
| 249.2-189.6  | 13.17 | <b>227.19<sup>aa*</sup></b>  | 301.2-155.1 | 24.87 | <b>221.63<sup>aB*</sup></b> | مزدوجة            |                       |
| 254.4-195.3  | 8.60  | <b>225.23<sup>aA*</sup></b>  | 179.5-140.8 | 8.59  | <b>154.54<sup>bA</sup></b>  | متأخرة            |                       |
| 297.8-274.9  | 3.40  | <b>288.25<sup>aA*</sup></b>  | 337.8-266.1 | 11.14 | <b>301.93<sup>aB*</sup></b> | شاهد              | 180                   |
| 293.2-241.3  | 9.28  | <b>274.26<sup>bA*</sup></b>  | 384.8-272.8 | 16.37 | <b>310.71<sup>bb*</sup></b> | مبكرة             |                       |
| 256.3-211.7  | 10.75 | <b>238.05<sup>ca*</sup></b>  | 349.4-310.7 | 6.19  | <b>331.73<sup>ac*</sup></b> | مزدوجة            |                       |
| 328.9-237.2  | 15.70 | <b>284.70<sup>aB*</sup></b>  | 323.5-264.0 | 13.16 | <b>291.00<sup>aB*</sup></b> | متأخرة            |                       |

- تشير الأحرف العلوية الصغيرة المختلفة ضمن السطر الواحد والأحرف العلوية الكبيرة المختلفة ضمن العمود الواحد (للمؤشر الواحد فقط) إلى وجود فروق معنوية ( $p < 0.05$ )

ويشير رمز (\*) إلى وجود فروق معنوية مع القيمة بغياب الإجهاد (الشاهد في الجيل الأول) في هذا الجدول والجدول اللاحقة

#### 4-2-2. الكوليسترول

يبين الجدول (17) متوسط تركيز الكوليسترول في بلازما دم طيور الفري الناضجة (الجيل الأول والثاني) بعد تطبيق برنامج الإجهاد الحراري عليها وسحب عينات الدم منها عند ابتداء الإجهاد وفي نهاية الإجهاد (بعد 180 دقيقة). يُلاحظ وجود فروق معنوية ( $p < 0.05$ ) في تركيز الكوليسترول بين بداية الإجهاد ونهايته في كل مجموعة ما عدا مجموعة المناقلة المتأخرة وذلك لطيور الجيل الأول، أما في طيور الجيل الثاني فقد غابت الفروقات المعنوية في تركيز الكوليسترول بين بداية الإجهاد ونهايته.

كانت الفروقات المعنوية عند مقارنة طيور الجيلين الأول والثاني لكل مجموعة في كل من مجموعة الشاهد والمناقلة المزدوجة في بداية الإجهاد، أما في نهاية الإجهاد فقد ظهرت الفروقات المعنوية بين طيور مجموعتي المناقلة المزدوجة والمناقلة المتأخرة، ولم يكن هناك فرق معنوي بين طيور الجيلين الأول والثاني لمجموعتي الشاهد والمناقلة المبكرة. كما ظهر فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) بين قيمة متوسط تركيز الكوليسترول في طيور كل مجموعة بين نهاية الإجهاد (الجيل الأول) وبداية الإجهاد ونهايته (في الجيل الثاني) بالمقارنة مع قيمة الشاهد في الجيل الأول عند بداية الإجهاد (غياب الإجهاد). يُلاحظ أيضاً من الجدول أن قيمة متوسط تركيز الكوليسترول قد ارتفعت عند طيور كل مجموعة بين بداية الإجهاد ونهايته وذلك لطيور الجيلين الأول والثاني.

يُعد الكوليسترول المركب الدهني الرئيس الموجود في الدم وأنسجة الدماغ والصفراء، ويرتبط بأمراض الأوعية الدموية المؤدية لتصلب الشرايين، وهو ضروري لتشكيل الستيرويدات والأغشية الخلوية. يتم استقلاب الكوليسترول في الكبد وينتقل في مجرى الدم عن طريق البروتينات الدهنية. يزداد مستوى الكوليسترول في الدم نتيجة فرط كوليسترول الدم hypercholesterolemia وفرط شحوم الدم hyperlipidemia وقصور الغدة الدرقية hypothyroidism ومرض السكري غير المنضبط uncontrolled diabetes ومتلازمة التهاب الكلى nephritic syndrome وتليف الكبد cirrhosis،

في حين ينخفض مستوى الكوليسترول في الدم نتيجة سوء التغذية malnutrition وفرط نشاط الغدة الدرقية hyperthyroidism وفقر الدم وأمراض الكبد (Patra وزملاؤه، 2019).

يُعد ارتفاع مستوى الكوليسترول في بلازما الدم تحت ظروف الإجهاد الحراري مؤشراً مهماً عن الاستجابة للإجهاد، إذ يُعزز ACTH من تحويل الكوليسترول المخزن إلى هرمون الكورتيكوستيرون بهدف زيادة تركيزه في البلازما عبر المسار التالي (كوليسترول ← بريغنينولون ← بروجيسترول ← 11-ديوكسي كورتيكوستيرون ← كورتيكوستيرون) (de Matos، 2008؛ Quinteiro-Filho وزملاؤه، 2012b). كانت قيم الكوليسترول أقل بكثير مما سجلته الدراسات السابقة (Abdulmajeed وزملاؤه، 2012؛ Kabir، 2013؛ Agina وزملاؤها، 2017؛ Abdul-Majeed و Abdul-Rahman، 2021)، قد يعود السبب لاختلاف الظروف المناخية والسلالة وطريقة الرعاية. إن ارتفاع قيمة الكوليسترول في نهاية الإجهاد (بعد 180 دقيقة من تطبيق برنامج الإجهاد الحراري) يمكن أن يكون بسبب ارتفاع مستوى القشرانيات السكرية في الدم التي تُفرز استجابة للإجهاد، كما أن قيم الكوليسترول في طيور الجيل الثاني كانت أعلى مما كانت عليه في طيور الجيل الأول سواء في بداية الإجهاد أو نهايته، مما يعني أن طيور الجيل الثاني كانت أفضل في مقاومة الإجهاد وبالتالي اكتساب صفة المقاومة.

الجدول 17؛ متوسط تركيز الكوليسترول (mmol/L) عند ابتداء الإجهاد ويعدده بـ 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة

| الجيل الثاني |      |                           | الجيل الأول |         |                            | المنايلة الحرارية | دقيقة بالنسبة للإجهاد |
|--------------|------|---------------------------|-------------|---------|----------------------------|-------------------|-----------------------|
| المدى        | SE   | المتوسط                   | المدى       | SE      | المتوسط                    |                   |                       |
| 8.4-3.4      | 0.80 | <b>6.36<sup>aA*</sup></b> | 2.2-1.5     | 0.12    | <b>1.83<sup>bA</sup></b>   | شاهد              | 0                     |
| 4.7-2.5      | 0.48 | <b>3.47<sup>bA*</sup></b> | 2.9-1.3     | 0.26    | <b>1.92<sup>bA</sup></b>   | مبكرة             |                       |
| 10.0-4.2     | 1.33 | <b>6.52<sup>aA*</sup></b> | 2.3-1.0     | 0.21    | <b>1.70<sup>bA</sup></b>   | مزدوجة            |                       |
| 6.3-2.3      | 0.57 | <b>4.26<sup>bB*</sup></b> | 2.1-1.5     | 0.13    | <b>1.75<sup>bC</sup></b>   | متأخرة            |                       |
| 10.2-6.2     | 0.71 | <b>8.20<sup>aA*</sup></b> | 4.8-3.0     | 0.27    | <b>3.58<sup>bB*</sup></b>  | شاهد              | 180                   |
| 8.5-4.0      | 0.96 | <b>5.75<sup>aA*</sup></b> | 6.1-3.1     | 0.44    | <b>4.27<sup>bB*</sup></b>  | مبكرة             |                       |
| 10.9-4.4     | 1.41 | <b>7.78<sup>aA*</sup></b> | 3.9-2.4     | 0.27hdm | <b>3.47<sup>cB*</sup></b>  | مزدوجة            |                       |
| 6.9-5.3      | 0.26 | <b>6.27<sup>aA*</sup></b> | 3.2-2.4     | 0.18    | <b>2.81<sup>dBC*</sup></b> | متأخرة            |                       |

#### 3-2-4. الغليسيريدات الثلاثية

يُلاحظ من الجدول (18) الذي يوضح متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية في بلازما دم طيور الفري الناضجة (الجيلين الأول والثاني) بعد تطبيق برنامج الإجهاد الحراري عليها وسحب عينات الدم منها عند ابتداء الإجهاد ونهايته (بعد 180 دقيقة) غياب الفروقات المعنوية لطيور كل مجموعة بين بداية الإجهاد ونهايته وذلك لكل من طيور الجيلين الأول والثاني. يُلاحظ عند مقارنة طيور كل مجموعة بين الجيلين الأول والثاني في بداية الإجهاد ظهور فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) بين طيور مجموعة المنافسة المبكرة والمزدوجة وغيابه في مجموعة الشاهد والمنافسة المتأخرة، أما في نهاية الإجهاد فلم يظهر فرق معنوي بين طيور كل جيل لكل مجموعة. لم يظهر فرق معنوي بين قيمة متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية لطيور الجيل الأول لكل مجموعة في نهاية الإجهاد عند مقارنتها مع قيمة الشاهد في بداية الإجهاد (غياب الإجهاد) ما عدا مجموعة المنافسة المزدوجة ( $p < 0.05$ )، أما القيم المأخوذة من طيور مجموعات الجيل الثاني سواء في بداية الإجهاد أو نهايته فقد أظهرت فرقاً معنوياً ( $p < 0.05$ ) عند مقارنتها مع قيمة الشاهد في الجيل الأول بغياب الإجهاد.

انخفضت قيمة متوسط التركيز في طيور الشاهد للجيل الأول مع نهاية الإجهاد في حين ارتفعت في الجيل الثاني من دون تسجيل فروقات معنوية، أما في مجموعتي المنافسة المبكرة والمتأخرة فقد انخفضت القيم في نهاية الإجهاد مقارنة ببدايته في طيور الجيلين الأول والثاني من دون تسجيل فروقات معنوية، وفي مجموعة المنافسة المزدوجة فقد ارتفعت في نهاية الإجهاد في كل من الجيلين الأول والثاني من دون فروقات معنوية.

يُمكن تفسير انخفاض مستوى تركيز الغليسيريدات الثلاثية في بلازما دم طيور مجموعتي المنافسة الحرارية المبكرة والمتأخرة في نهاية الإجهاد إلى أن القشرانيات السكرية المفرزة في ظروف الإجهاد الحراري تؤثر في استقلاب الدهون لتكون مصدراً بديلاً للطاقة عن الغلوكوز، ما يؤدي إلى تحلل جزئي للأنسجة الدهنية (Scanes، 2009؛ الصالح، 2017)، كما يؤدي إلى ارتفاع مستوى الأحماض الدهنية

اللامؤسرة في بلازما الطيور نتيجة زيادة اصطناع هرمون الكورتيكوستيرون (Bray, 1993)، وبالتالي انخفاض مستوى الغليسيريدات الثلاثية في بلازما دم الطيور (Remage-healey و Romero, 2001)، ما يعني استجابة هذه الطيور بكفاءة أعلى للإجهاد الحراري. إن تفوق طيور الجيل الثاني على طيور الجيل الأول في تركيز الغليسيريدات الثلاثية يعطي فكرة عن احتمال انتقال صفة مقاومة درجات الحرارة المرتفعة من الطيور التي عُرضت للمناوبة الحرارية في أثناء فترة التطور الجنيني إلى النسل الناتج عنها، وبالتالي يمكن القول: إن برامج المناوبة الحرارية قد حسنت من الاستجابة للإجهاد الحراري.

الجدول 18؛ متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية (mmol/L) عند ابتداء الإجهاد ويعدده بـ 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة

| الجيل الثاني |      |                           | الجيل الأول |      |                           | المنايلة الحرارية | دقيقة بالنسبة للإجهاد |
|--------------|------|---------------------------|-------------|------|---------------------------|-------------------|-----------------------|
| المدى        | SE   | المتوسط                   | المدى       | SE   | المتوسط                   |                   |                       |
| 4.6-1.6      | 0.50 | <b>2.75<sup>aA*</sup></b> | 1.3-0.6     | 0.10 | <b>0.84<sup>aA</sup></b>  | شاهد              | 0                     |
| 6.4-1.4      | 0.89 | <b>3.64<sup>aA*</sup></b> | 2.1-0.5     | 0.24 | <b>1.28<sup>bA</sup></b>  | مبكرة             |                       |
| 3.6-2.9      | 0.17 | <b>3.20<sup>aA*</sup></b> | 1.2-0.5     | 0.11 | <b>0.85<sup>bA</sup></b>  | مزدوجة            |                       |
| 4.9-1.3      | 0.54 | <b>2.55<sup>cA*</sup></b> | 1.7-0.8     | 0.19 | <b>1.14<sup>cA</sup></b>  | متأخرة            |                       |
| 7.8-1.5      | 0.96 | <b>3.57<sup>bA*</sup></b> | 1.4-0.8     | 0.09 | <b>0.99<sup>bA</sup></b>  | شاهد              | 180                   |
| 6.8-1.6      | 0.95 | <b>3.50<sup>cA*</sup></b> | 1.2-0.6     | 0.11 | <b>0.94<sup>cA</sup></b>  | مبكرة             |                       |
| 5.3-2.9      | 0.54 | <b>3.67<sup>aA*</sup></b> | 1.8-1.0     | 0.12 | <b>1.37<sup>aA*</sup></b> | مزدوجة            |                       |
| 4.9-1.4      | 0.59 | <b>2.46<sup>aA*</sup></b> | 1.2-0.9     | 0.07 | <b>1.05<sup>aA</sup></b>  | متأخرة            |                       |

#### 4-2-4. البولة

يبين الجدول (19) متوسط تركيز البولة في بلازما دم طيور الفري الناضجة (الجيلين الأول والثاني) بعد تطبيق برنامج الإجهاد الحراري عليها وسحب عينات الدم منها عند ابتداء الإجهاد الإجهاد وفي نهايته (بعد 180 دقيقة). يُلاحظ من الجدول انخفاض قيمة متوسط تركيز البولة بشكل بسيط في مجموعة الشاهد ومجموعتي المناقلة المبكرة والمتأخرة لطيور الجيل الأول بين بداية الإجهاد ونهايته من دون تسجيل فروق معنوية، في حين ارتفعت قيمة متوسط التركيز مع نهاية الإجهاد في المناقلة المزدوجة لكن أيضاً من دون تسجيل فروق معنوية. بالنسبة للجيل الثاني، فقد ارتفعت قيمة متوسط تركيز البولة بشكل معنوي ( $p < 0.05$ ) في مجموعة الشاهد والمناقلة المبكرة في نهاية الإجهاد مقارنة ببدايته، بينما انخفضت قيمة متوسط التركيز في مجموعة المناقلة المزدوجة بشكل معنوي ( $p < 0.05$ ) وانخفضت في مجموعة المناقلة المتأخرة لكن بشكل غير معنوي.

لم تظهر فروقات معنوية بين طيور الجيلين الأول والثاني في بداية الإجهاد بالنسبة لمجموعة الشاهد والمناقلة المبكرة والمتأخرة، في حين ارتفعت قيمة متوسط تركيز البولة في طيور الجيل الثاني بشكل معنوي ( $p < 0.05$ ) مقارنة بالتركيز في بلازما دم طيور الجيل الأول لنفس المجموعة، أما في نهاية الإجهاد فقد ظهر الفرق المعنوي ( $p < 0.05$ ) بين طيور مجموعة المناقلة المبكرة إذ ارتفعت قيمة متوسط التركيز في الجيل الثاني بشكل معنوي، في حين لم يكن الارتفاع في باقي المجموعات معنوياً.

كان هناك فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) بين قيمة متوسط تركيز البولة لطيور الجيل الثاني في مجموعة الشاهد والمناقلة المزدوجة عند بداية الإجهاد، وطيور الجيل الثاني في مجموعة المناقلة المبكرة في نهاية الإجهاد عند مقارنتها مع قيمة متوسط التركيز لطيور الشاهد في بداية (غياب) الإجهاد.

يُعد فحص تركيز البولة في بلازما الدم من الفحوصات الهامة والتي تعطي مؤشراً عن بعض الأمراض بشكل عام وأمراض الكلية بشكل خاص (Berger، 2005 ; Falbo وزملاؤه، 2012 ;

Erdogan وزملاؤه، 2021)، وبالتالي تمكن أهمية دراسة هذا المؤشر لتحديد تأثير الإجهاد الحراري على الحالية الصحية للطيور. إن غياب الفروق المعنوية بين بداية ونهاية الإجهاد عند طيور الجيل الأول عند مقارنة كل مجموعة على حدى قد يعني أن مستوى البولة كان مستقر في الجسم عند نهاية برنامج الإجهاد الحراري ما قد يعني استجابة الطيور بشكل أفضل للإجهاد. يُمكن أن يُفسّر انخفاض مستوى البولة في بلازما دم طيور مجموعة المنابلة الحرارية المتأخرة لطيور الجيل الثاني نتيجة ارتفاع تركيز ACTH المنبه لتحرير هرمون الكورتيكوستيرون استجابة للإجهاد الحراري، وهذا ما توافق مع الدراسات السابقة (Sahin وزملاؤه، 2002 ; Ferit Gursu وزملاؤه، 2003). قد يعود سبب نفوق بعض الطيور إلى ارتفاع مستوى البولة في بلازما دم طيور الجيل الثاني لمجموعة المنابلة الحرارية المبكرة خلال برنامج الإجهاد الحراري ما يعني عدم قدرة الجسم على الاستجابة للإجهاد بشكل جيد وبالتالي ارتفاع تركيز البولة كمؤشر لذلك.

الجدول 19؛ متوسط تركيز البولة (mmol/L) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر /49/ يوماً والنتيجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة

| دقيقة<br>بالنسبة للإجهاد | المنايلة الحرارية | الجيل الأول        |      |         | الجيل الثاني        |      |         |
|--------------------------|-------------------|--------------------|------|---------|---------------------|------|---------|
|                          |                   | المتوسط            | SE   | المدى   | المتوسط             | SE   | المدى   |
| 0                        | شاهد              | 1.18 <sup>ba</sup> | 0.46 | 2.7-0.2 | 0.65 <sup>ba*</sup> | 0.17 | 1.0-0.2 |
|                          | مبكرة             | 0.83 <sup>aa</sup> | 0.32 | 2.2-0.2 | 1.49 <sup>aa</sup>  | 0.34 | 2.8-0.8 |
|                          | مزدوجة            | 0.67 <sup>ba</sup> | 0.17 | 1.2-0.2 | 2.78 <sup>aa*</sup> | 0.84 | 4.4-1.7 |
|                          | متأخرة            | 1.82 <sup>aa</sup> | 0.30 | 3.4-0.7 | 1.84 <sup>aa</sup>  | 0.48 | 3.8-0.9 |
| 180                      | شاهد              | 1.15 <sup>aa</sup> | 0.23 | 2.3-0.4 | 1.81 <sup>ab</sup>  | 0.45 | 3.3-0.4 |
|                          | مبكرة             | 0.76 <sup>ba</sup> | 0.23 | 1.7-0.1 | 2.32 <sup>ab*</sup> | 0.39 | 3.8-1.7 |
|                          | مزدوجة            | 1.78 <sup>aa</sup> | 0.29 | 2.7-0.6 | 1.87 <sup>ab</sup>  | 0.96 | 3.3-0.1 |
|                          | متأخرة            | 1.16 <sup>aa</sup> | 0.41 | 1.9-0.2 | 1.82 <sup>aa</sup>  | 0.39 | 3.0-0.8 |

#### 4-2-5. حمض البول

يبين الجدول (20) متوسط تركيز حمض البول في بلازما دم طيور الفري الناضجة (الجيلين الأول والثاني) بعد تطبيق برنامج الإجهاد الحراري عليها وسحب عينات الدم منها عند ابتداء الإجهاد الإجهاد وفي نهايته (بعد 180 دقيقة)، نلاحظ ارتفاع قيمة متوسط تركيز حمض البول في نهاية الإجهاد في طيور الجيل الأول لمجموعة الشاهد مقارنة ببداية الإجهاد من دون فروق معنوية، أما مجموعات المناقلة (المبكرة والمتأخرة والمزدوجة) فقد ارتفعت قيمة متوسط التركيز في نهاية الإجهاد لكن أيضاً من دون فروقات معنوية. أما في الجيل الثاني فقد انخفضت قيمة متوسط تركيز حمض البول لطيور مجموعة الشاهد ومجموعة المناقلة المتأخرة من دون فروق معنوية، بينما كان الانخفاض معنوياً ( $p < 0.05$ ) في طيور مجموعة المناقلة المزدوجة، في حين ارتفعت قيمة التركيز في نهاية الإجهاد عند طيور مجموعة المناقلة المبكرة من دون فروق معنوية.

كانت قيمة متوسط تركيز حمض البول في طيور الجيل الثاني أقل منها في طيور الجيل الأول لكل مجموعة في بداية الإجهاد من دون وجود فروقات معنوية بين طيور كل مجموعة، كانت القيم أقل في نهاية الإجهاد أيضاً لكن كان هناك فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) بين طيور مجموعة المناقلة المزدوجة ومجموعة المناقلة المتأخرة في الجيل الثاني مقارنة بالأول. عند مقارنة قيم متوسط تركيز حمض البول مع قيمة الشاهد في الجيل الأول (بغياض الإجهاد) كان هناك فروقات معنوية ( $p < 0.05$ ) بين قيمة الشاهد وقيم المجموعات كافة في بداية الإجهاد ونهايته، كما كان هناك فروقات معنوية بين مجموعة المناقلة المبكرة في بداية الإجهاد ونهايته ومجموعة الشاهد في نهاية الإجهاد مع مجموعة الشاهد بغياض الإجهاد.

يُعد حمض البول المنتج النهائي الرئيس لاستقلاب البروتين في الطيور (Sharifi وزملاؤه، 2015)، كما أنه ناتج استقلاب البيورين وهو أحد مضادات الأكسدة الهامة في بلازما دم الطيور (Settle و Klandorf، 2014؛ Khondowe وزملاؤه، 2021). يساهم حمض البول في التخلص من أنواع الأكسجين التفاعلي من الأنسجة وبالتالي التقليل من الإجهاد التأكسدي (Sharifi وزملاؤه، 2016). كانت

نتائج الدراسات السابقة المجراة على الدواجن تحت ظروف الإجهاد الحراري متغايرة، إذ أظهرت زيادة (Ozbey وزملاؤه، 2004) أو انخفاض (Bogin وزملاؤه، 1996) أو لم يظهر أي اختلافات (Lin وزملاؤه، 2000 ; Xie وزملاؤه، 2014)، يعكس ذلك الاختلافات الوراثية بين الطيور المستخدمة في هذه الدراسة والدراسات السابقة. قد يدل ارتفاع تركيز حمض البول على تفكك البروتينات في الجسم التي قد تكون نتيجة أسباب مرضية أو استقلابية كأحد الآثار السلبية للإجهاد الحراري. توافقت القيم في الدراسة مع ما سجله (Patra وزملاؤه، 2019 ; Abdul-Majeed و Abdul-Rahman، 2021). يمكن تفسير انخفاض تركيز حمض البول في طيور الجيل الثاني على أن الطيور قد حسنت من قدرة الجسم على حماية تكس وتجميع البروتينات وبالتالي قدرتها على مقاومة الإجهاد الحراري بشكل أفضل.

الجدول 20؛ متوسط تركيز حمض البول ( $\mu\text{mol/L}$ ) عند ابتداء الإجهاد وبعده بـ 180 دقيقة في بلازما دم طيور الفري بين الجيلين الأول والثاني في عمر 49/ يوماً والناتجة عن بيض منابل حرارياً خلال فترة الحضانة

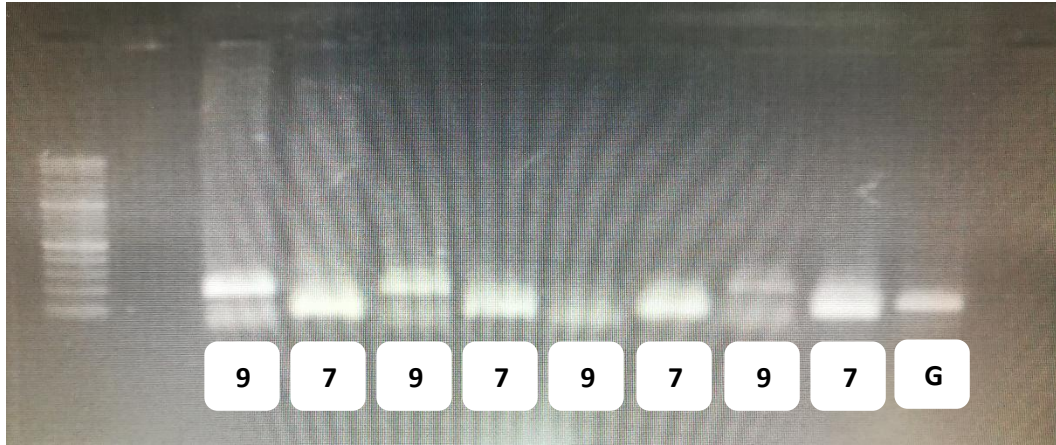
| الجيل الثاني |      |                           | الجيل الأول |      |                           | المنايلة الحرارية | دقيقة بالنسبة للإجهاد |
|--------------|------|---------------------------|-------------|------|---------------------------|-------------------|-----------------------|
| المدى        | SE   | المتوسط                   | المدى       | SE   | المتوسط                   |                   |                       |
| 8.18-3.02    | 0.84 | <b>5.47<sup>aA*</sup></b> | 9.85-6.80   | 0.35 | <b>7.85<sup>aA</sup></b>  | شاهد              | 0                     |
| 3.18-1.97    | 0.33 | <b>2.55<sup>cA*</sup></b> | 5.39-1.89   | 0.61 | <b>4.08<sup>cB*</sup></b> | مبكرة             |                       |
| 4.78-3.63    | 0.34 | <b>4.12<sup>bA*</sup></b> | 5.84-2.18   | 0.81 | <b>4.52<sup>bB*</sup></b> | مزدوجة            |                       |
| 4.97-2.15    | 0.61 | <b>3.41<sup>bA*</sup></b> | 9.05-4.07   | 1.30 | <b>6.80<sup>bA</sup></b>  | متأخرة            |                       |
| 4.64-1.91    | 0.49 | <b>3.19<sup>aA*</sup></b> | 5.52-3.80   | 0.26 | <b>4.81<sup>aA*</sup></b> | شاهد              | 180                   |
| 3.55-2.64    | 0.21 | <b>2.94<sup>aA*</sup></b> | 5.61-3.18   | 0.44 | <b>4.10<sup>aB*</sup></b> | مبكرة             |                       |
| 2.44-2.02    | 0.12 | <b>2.25<sup>bB*</sup></b> | 7.99-3.05   | 1.02 | <b>5.30<sup>aB</sup></b>  | مزدوجة            |                       |
| 2.71-1.97    | 0.18 | <b>2.35<sup>bA*</sup></b> | 9.53-5.94   | 0.81 | <b>7.15<sup>aA</sup></b>  | متأخرة            |                       |

## 5- نتائج المؤشرات الجزيئية

تتميز الطيور بامتلاكها تدابير وقائية ضد التحديات البيئية، منها بروتينات HSPs التي يتم تصنيعها استجابة للإجهادات الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية بما في ذلك الإجهاد الحراري (Ganter وزملاؤه، 2006 ; Staib وزملاؤه، 2007). عند التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة ينخفض تصنيع معظم البروتينات، لكن تبدأ الخلايا بزيادة نسخ مورثات بروتينات HSPs بسرعة عند التعرض للإجهادات المختلفة مثل الحرارة والأكسدة والعوامل الأخرى، مما يُنتج عدداً كبيراً من بروتينات الإجهاد الحراري بهدف تعزيز القدرة على تحمل الضرر والحفاظ على الوظائف الطبيعية للخلايا والاستقلاب الغذائي وزيادة القدرة على البقاء على قيد الحياة. أظهرت الدراسة الحالية أن الإجهاد الحراري يزيد من انتساخ المورثتين HSP90 و HSP70 المُرمزتين لبروتينين رئيسين يؤديان دوراً وقائياً رئيساً في الحفاظ على السلامة الاستقلابية والبنوية للعضو تجاه إصابة الأنسجة الناتجة عن الإجهاد الحراري، وهذا ما توافق مع العديد من الدراسات السابقة (Yu وزملاؤه، 2008 ; Kim وزملاؤه، 2009 ; Nilapwar وزملاؤه، 2009 ; Gaughan وزملاؤه، 2012 ; Gu وزملاؤه، 2012 ; Hao و Gu، 2014).

أظهرت نتائج تحليل PCR التقليدي لعينات اختيرت عشوائياً كفاءة استخلاص الحمض النووي RNA وظهور منتج وحيد بعد إجراء الرحلان الكهربائي لنواتج تضخيم كل من المورثة الشاهد GAPDH والمورثتين المدروستين HSP90 و HSP70 وذلك بعد اصطناع DNA المتم للحمض النووي الريبي RNA المستخلص من أنسجة الطيور بعد إنهاء برنامج الإجهاد الحراري (الشكل 12).

تمت دراسة التعبير المورثي لكل من المورثتين HSP90 و HSP70 لطيور الجيلين الأول والثاني لمجموعتي المناقلة الحرارية المبكرة والمزدوجة، في حين لم تتم دراسة التعبير المورثي لكلتا المورثتين لطيور مجموعة المناقلة الحرارية المتأخرة لعدم إمكانية الحصول على عينات الدراسة من طيور الجيل الأول والحصول فقط على العينات من طيور الجيل الثاني.



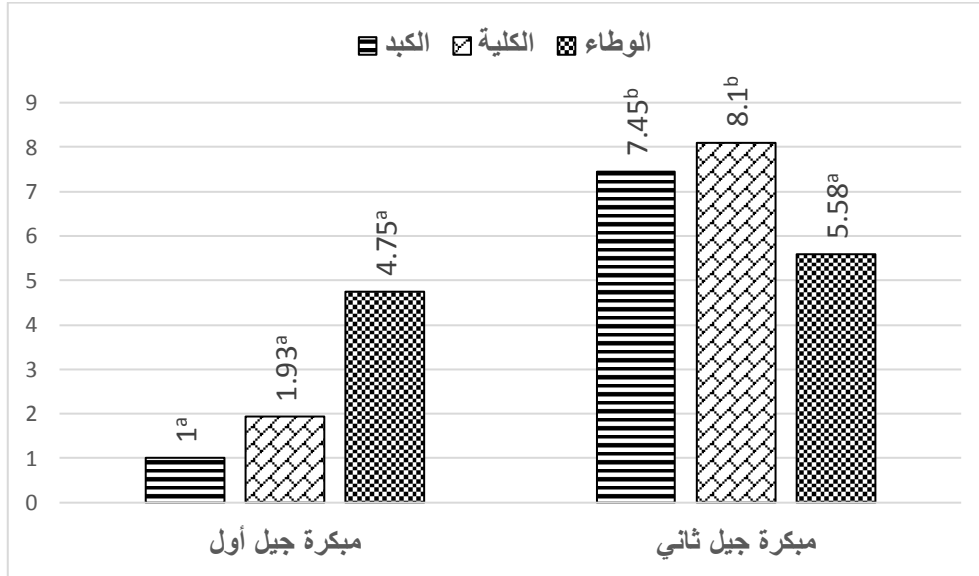
الشكل (12)؛ صورة لهلام الرحلان الكهربائي تظهر نواتج تضخيم المورثة الشاهد GAPDH (الحرف G)، والمورثة HSP70 (الرقم 7)، والمورثة HSP90 (الرقم 9)

### 5-1- التعبير المورثي لمورثة HSP70

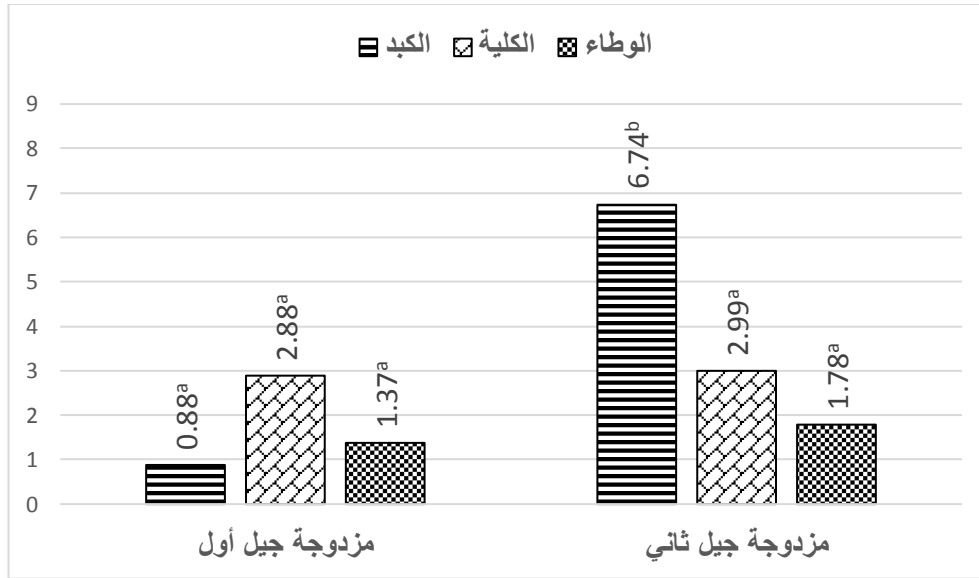
يُعد بروتين HSP70 بروتين الإجهاد الحراري الرئيس وأحد أهم البروتينات التابعة لعائلة بروتينات الإجهاد الحراري، أحد وظائفه الأساسية هي حماية الكائنات الحية من الآثار السلبية للإجهاد الحراري من خلال فرز والتحكم بجودة البروتين (Li و Srivastava، 2004، Mayer و Baukau، 2005، Al-Aqil و Zulkifli، 2009، Zulkifli و زملاؤه، 2009، Gu و زملاؤه، 2012).

يبين الشكل (13) مقارنة التعبير المورثي لمورثة HSP70 لطيور الجيل الأول ولطيور الجيل الثاني من مجموعة المناقلة الحرارية المبكرة في كل من نسيج الكلية والكبد والوطاء، واحتسبت فروق التعبير مقدرة بالضعف Fold change كما ذكر في الطرائق. يُظهر الشكل ازدياد في التعبير المورثي عن هذه المورثة HSP70 بعد المناقلة الحرارية في جميع الأنسجة المدروسة سواءً كان في الجيل الأول أو في الجيل الثاني. وكانت قيمة الزيادة بحدود مرة لنسيج الكبد في الجيل الأول وأصبحت هذه الزيادة في التعبير بحدود 7 مرات في الجيل الثاني، بينما كانت الزيادة بمقدار مرتين في نسيج الكلية في الجيل الأول وقد زاد التعبير بحدود 8 مرات في الجيل الثاني. وقد أظهرت النتائج أن زيادة التعبير المورثي في الوطاء كانت الأكبر بين أنماط النسيج الثلاث المدروسة في الجيل الأول وقد بقيت هذه زيادة تقريباً ثابتة (بحدود

5 مرات) في الجيل الثاني. وبدراسة هذه الاختلافات احصائياً نلاحظ وجود فرق معنوي ( $p < 0.05$ ) بالنسبة لزيادة التعبير عن المورثة HSP70 في نسيجي الكبد والكلية، في طيور الجيل الثاني بالنسبة لطيور الجيل الأول. بينما لم تسجل زيادة معنوية في التعبير عن هذه المورثة في نسيج الوطاء بين الجيلين الأول والثاني.



الشكل (13)؛ مخطط بياني لقيم التعبير المورثي لمورثة HSP70 في كل من الكبد والكلية والوطاء لطيور الجيلين الأول والثاني في مجموعة المناقلة الحرارية المبكرة، عُبّر عن القيم بشكل متوسطات لأفراد نفس المجموعة فيما يتعلق بالمناقلة الحرارية المزدوجة فقد أدت، كما هي حال المناقلة المبكرة، إلى زيادة التعبير المورثي عن المورثة HSP70 في جميع الأنسجة المدروسة وإن كانت هذه الزيادة بقيم مختلفة، فقد كانت الزيادة بمقدار مرة في نسيج الكبد في الجيل الأول، وقد زادت هذه القيم بشكل كبير إلى 6.7 ضعفاً تقريباً في طيور الجيل الثاني ( $p < 0.05$ ). بينما كانت زيادة التعبير عن المورثة HSP70 في نسيج الكلية بحدود 3 مرات في طيور الجيل الأول وبقيت هذه القيمة تقريباً ثابتة في طيور الجيل الثاني. وكانت زيادة التعبير عن المورثة HSP70 في الوطاء بحدود مرة واحدة في الجيل الأول ولم تتغير هذه القيمة في الجيل الثاني (الشكل 14).



الشكل (14)؛ مخطط بياني لقيم التعبير المورثي لمورثة HSP70 في كل من الكبد والكلية والوطاء لطيور

#### الجيلين الأول والثاني في مجموعة المنايلة الحرارية المزدوجة

تُبين النتائج أن التعبير المورثي لمورثة HSP70 يعتمد على نوع النسيج، فقد اختلفت قيمة التعبير المورثي وفقاً لنوع النسيج المدروس الكبد والكلية والوطاء وهذا ما اتفق مع العديد من الدراسات السابقة (Givisiez وزملاؤه، 2001؛ Zulkifli وزملاؤه، 2002؛ Zhen وزملاؤه، 2006؛ Yu و Bao، 2008؛ Gan وزملاؤه، 2013؛ Galal وزملاؤه، 2018). استخدم Liu وزملاؤه (2014) تقانات مختلفة لتحسين قدرة الطيور على تحمل درجات الحرارة ووجد أنها تتحمل الإجهاد الحراري بشكل أفضل عندما تُنتج كميات أكبر من بروتينات HSP70، كما وجد Dridi وزملاؤه (2013) زيادة في التعبير المورثي عن HSP70 في أنسجة مختلفة مثل القلب والكبد والكلية بعد تعريض الطيور للإجهاد الحراري، ما يعني أن التحمل الحراري المكتسب والذي عُبّر عنه بارتفاع التعبير المورثي لمورثة HSP70 للطيور المجعدة حرارياً يرتبط ارتباطاً إيجابياً بالإجهاد وهو ما اتفق مع نتائج (Liu وزملاؤه، 2014؛ Lin وزملاؤه، 2018؛ SeifEldin وزملاؤه، 2021).

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن التعبير المورثي لمورثة HSP70 كان أعلى تحت ظروف الإجهاد الحراري ما يعني أن الطيور اكتسبت قدرة التحمل الحراري، وهذا ما توافق مع الدراسات السابقة (Gu

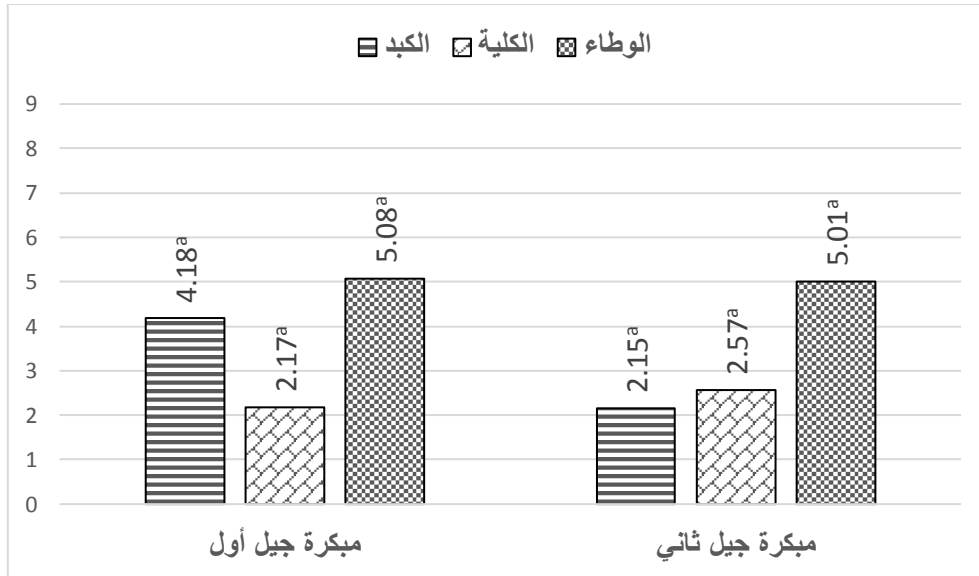
وزملاؤه، 2012؛ Gan وزملاؤه، 2013؛ Amrutkar وزملاؤه، 2014؛ Liu وزملاؤه، 2014؛ Lin وزملاؤه، 2018؛ SeifEldin وزملاؤه، 2021).

أفادت الدراسات بأن مورثة HSP70 لها تعبير تأسيسي منخفض ولكن يتم تحريضه بشكل كبير بعد الإجهاد (Liberek وزملاؤه، 2008؛ Hao و Gu، 2014). أشار Felver-Gant وزملاؤه (2012) أن عدد نسخ mRNA لمورثة HSP70 قد ازدادت بشكل ملحوظ في الكبد بعد أسبوع من الإجهاد الحراري، أي أن التعبير المورثي لهذه المورثة يزداد مع استمرار الإجهاد الحراري للحد من تأثيراته السلبية ومحاولة التكيف مع الظروف المجهدة.

إن ارتفاع قيمة التعبير المورثي لمورثة HAP70 في كبد وكلية طيور الجيل الثاني إثر المناقلة الحرارية المبكرة، وفي كبد طيور الجيل الثاني إثر المناقلة الحرارية المزدوجة تعكس ارتفاع مستوى انتساخ هذه المورثة وتركيبها لمستويات أعلى من mRNA بشكل أكبر استجابة للإجهاد الحراري، ما قد يدل على انتقال صفة تحمل الإجهاد الحراري من طيور الجيل الأول التي عُرضت للمناقلة الحرارية إلى نسلها من طيور الجيل الثاني.

## 5-2- التعبير المورثي لمورثة HSP90

يوضح الشكل (15) تغير قيم التعبير المورثي لمورثة HSP90 في أنسجة الكبد والكلية والوطاء لطيور الجيلين الأول والثاني إثر المناقلة الحرارية المبكرة. يُظهر المخطط البياني ارتفاع قيم التعبير عن هذه المورثة في جميع الأنسجة المدروسة سواءً كان ذلك في عينات الجيل الأول أو في عينات الجيل الثاني. إذ كانت زيادة قيمة التعبير المورثي عن هذه المورثة في وطاء طيور الجيل الأول بحدود 5 مرات وفي الكبد بحدود 4 مرات والكلية بحدود مرتين. كما يُبين المخطط البياني عدم وجود فروق إحصائية عند مقارنة قيم التعبير المورثي لمورثة HSP90 بين طيور الجيلين الأول والثاني للأنسجة المدروسة الثلاث إذ كانت القيم قريبة إلى حد بعيد.



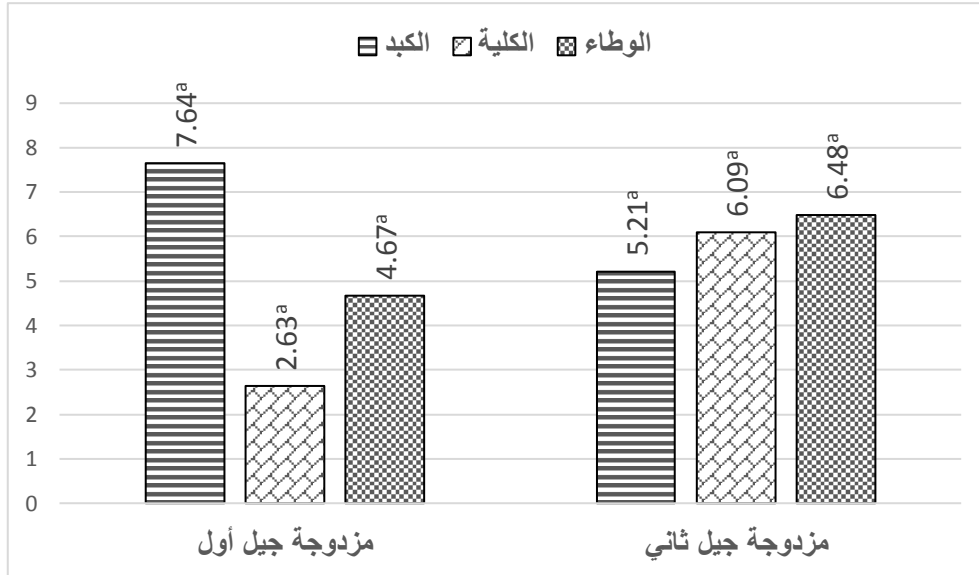
الشكل (15)؛ مخطط يوضح قيمة التعبير المورثي لمورثة HSP90 في كل من (الكبد - الكلية - الوطاء)

#### لطيور الجيلين الأول والثاني في مجموعة المنايلة الحرارية المبكرة

يبين الشكل (16) تغير قيمة التعبير المورثي لمورثة HSP90 في كل من طيور الجيلين الأول والثاني إثر المنايلة الحرارية المتأخرة في كل من نسيج الكبد والكلية والوطاء. كانت النتائج مشابهة لما كانت عليه في مجموعة المنايلة الحرارية المبكرة، إذ ازداد التعبير عن هذه المورثة في جميع الأنسجة المدروسة وكانت الزيادة في الجيل الأول بمقدار 7.6 مرة في الكبد و 2.6 مرة في الكلية و 4.6 مرة في الوطاء. وبمقارنة تغير التعبير بين الجيل الأول والثاني لم تكن هناك فروق إحصائية فيما يتعلق بتغير قيم التعبير عن هذه المورثة في النسيج المختلفة المدروسة.

يُعد بروتين HSP90 من البروتينات الضرورية لحيوية حقيقيات النوى، فقد ثبت أن بروتين HSP90 يحافظ على طي وسلامة هيكلية البروتينات وتنظيمها بشكل مناسب لمجموعة فرعية من بروتينات العصارة الخلوية (Carver وزملاؤه، 1994؛ Matsumiya وزملاؤه، 2009؛ Nguyen وزملاؤه، 2009؛ Te وزملاؤه، 2007؛ Al-Zghoul وزملاؤه، 2015). تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن المنايلة الحرارية أثناء التطور الجنيني أدت إلى تحسن كبير في اكتساب القدرة على تحمل الإجهاد الحراري خلال فترة ما بعد الفقس. يمكن تفسير هذا التحسن من خلال اكتساب آليات طبيعية تتميز بزيادة

التعبير المورثي لـ HSP90 وتحسن أداء الصيصان ونموها الناتجة عن بيض منابل حرارياً بشكل ملحوظ مقارنة بالشاهد (Al-Zghoul وزملاؤه، 2015).



الشكل (16)؛ مخطط يوضح قيمة التعبير المورثي لمورثة HSP90 في كل من (الكبد - الكلية - الوطاء)

#### لطيور الجيلين الأول والثاني في مجموعة المناقلة الحرارية المزدوجة

إن استقرار التعبير المورثي لمورثة HSP90 بين طيور الجيل الأول والثاني لمجموعتي المناقلة الحرارية المبكرة والمتأخرة وعدم ظهور الفروقات المعنوية بين قيم التعبير المورثي للأنسجة المدروسة الثلاث قد يعود إلى احتمالية أن يكون لمورثة HSP90 (الذي يلعب دوراً في الحفاظ على هيكل الخلية) تعبيراً تأسيسياً وفعالاً لكن يتم تنظيمه بشكل معتدل بعد الإجهاد (Stolte وزملاؤه، 2009). تتوافق هذه النتيجة مع ما ذكره Alani وزملاؤه (2014) بأن انخفاض التعبير المورثي لمورثة HSP90 بعد الإجهاد الحاد أو المزمّن يرتبط مع انخفاض موت الخلايا المبرمج الناجم عن الإجهاد، إذ يرتبط بروتين HSP90 في الظروف العادية بعامل الصدمة الحرارية غير النشط HSF-1 الذي ينفصل عن البروتين HSP90 وينتقل إلى النواة استجابة للإجهاد للحد من نسخ هذه المورثة وتنشيط نسخ مورثة HSP70 التي تمنع موت الخلايا المبرمج وتسمح للخلايا بالبقاء نتيجة التكيف الخلوي.

## الفصل الرابع

### الاستنتاجات والتوصيات

## Conclusions and suggestions

## الاستنتاجات Conclusions

أثرت المنايلة الحرارية في مرحلة التطور الجنيني المبكر ومرحلة التطور الجنيني المتأخر بشكل سلبي في مؤشرات التفريخ لدى البيض المكون لأفراد الجيل الأول، لكنها تحسنت ولم تسجل فروقات بالمقارنة مع مجموعة الشاهد في البيض المكون لأفراد الجيل الثاني، ولم تؤثر المنايلة الحرارية المزدوجة (مرحلة التطور الجنيني المبكر والمتأخر) في مؤشرات التفريخ.

حسنت المنايلة الحرارية في مرحلة التطور الجنيني المتأخر من وزن الصوص في عمر يوم واحد في البيض المكون لأفراد الجيل الثاني المأخوذ من طيور الجيل الأول الفاقسة تحت تأثير المنايلة الحرارية. إن المنايلة الحرارية المبكرة والمتأخرة قد حسنت من نتائج التفريخ للبيض المكون لأفراد الجيل الثاني على الرغم من بعض النتائج السلبية لمؤشرات تفريخ البيض المكون لأفراد الجيل الأول.

أثرت المنايلة الحرارية في مرحلة التطور الجنيني المبكر ومرحلة التطور الجنيني المتأخر والمرحلة المزدوجة بشكل إيجابي في مؤشرات النمو (متوسط الوزن الحي، سرعة النمو النسبية)، كما أنها حسنت من نسبة النفوق في مجموعة الطيور الناتجة عن بيض معرض للمنايلة الحرارية في مرحلة التطور الجنيني المتأخر. حسنت المنايلة الحرارية في المراحل المختلفة بشكل عام ومرحلة التطور الجنيني المتأخر بشكل خاص من مؤشرات إنتاج البيض.

حسنت المنايلة الحرارية في أثناء مرحلة التطور الجنيني المتأخر وبشكل أقل في أثناء مرحلة التطور الجنيني المبكر من مواصفات بيضة الفري الداخلية والخارجية مقارنة بالبيض غير المنايل حرارياً.

حسنت المنايلة الحرارية أثناء مرحلة التطور الجنيني المبكر ومرحلة التطور الجنيني المتأخر من مواصفات البيضة بعد التخزين لمدة 28 يوماً وبالتالي زادت من قابليتها للتخزين مقارنة بالبيض غير المنايل حرارياً.

حسّنت المناقلة الحرارية من تحمل الطيور للإجهاد الحراري وانتقال صفة المقاومة إلى الجيل الثاني وذلك من خلال ارتفاع تركيز هرمون الكورتيكوستيرون مقارنة بطيور الجيل الأول.

أعطت قيم المؤشرات البيوكيميائية فكرة عن تحسين قدرة الطيور للتحمل الحراري، إضافة لقدرة طيور الجيل الثاني على اكتساب صفة المقاومة من طيور الجيل الأول.

ارتفاع التعبير المورثي لمورثة HSP70 ومورثة HSP90 وبشكل خاص في الجيل الثاني يعزز من فكرة قدرة الطيور على التحمل الحراري بعد تعريضها للمناقلة الحرارية.

## التوصيات Suggestions

- متابعة العمل لربطه مع مثيلة الحمض النووي DNA للتأكد من دور التكيف ما فوق الوراثة في عملية تحمل درجات الحرارة المرتفعة ونقل الصفة عبر الأجيال.
- متابعة الدراسة على كامل المرحلة الإنتاجية لتقييم تأثير المنابلة الحرارية بشكل تام والحكم على كفاءة برامج المنابلة الحرارية بشكل عام وبرنامج المنابلة الحرارية المتأخرة بشكل خاص على الأداء الإنتاجي.
- ربط نتائج الدراسة مع دراسة المؤشرات المناعية لتقييم الحالة الصحية للطيور تحت ظروف الإجهاد.
- متابعة الدراسة على بيض مكون لأفراد الجيلين الثالث والرابع لإمكانية الحكم والتأكيد على كفاءة برامج المنابلة الحرارية بشكل عام وبرنامج المنابلة الحرارية المبكرة والمتأخرة بشكل خاص.

## المراجع References

### المراجع العربية

الصالح، محمد (2017). فيزيولوجيا الحيوان. دمشق: الجمهورية العربية السورية. منشورات جامعة دمشق.

الحاج عمر، عمر. (2019). تأثير استخدام مسحوق البيض والبروبيوتيك في بعض المؤشرات الإنتاجية والتناسلية للفري. دكتوراه. قسم الإنتاج الحيواني. كلية الهندسة الزراعية. جامعة دمشق. دمشق: الجمهورية العربية السورية. ص: 102.

طالب، حسن. (2016). دراسة تأثير مستوى البروتين الخام والمثبوتين والكولين في الأداء الإنتاجي للفري الياباني (السمان) تحت الظروف المحلية. دكتوراه. قسم الإنتاج الحيواني. كلية الهندسة الزراعية. جامعة دمشق. دمشق: الجمهورية العربية السورية. ص: 142.

خليل، فاديا. (2019). التنوع الوراثي والتعبير المورثي لبعض المورثات المرتبطة بالإجهاد الحراري عند الدجاج المحلي. دكتوراه. قسم الإنتاج الحيواني. كلية الهندسة الزراعية. جامعة دمشق. دمشق: الجمهورية العربية السورية.

هاشم، ياسين، والسعدي، محمد أيمن. (2000). الدواجن (إنتاج اللحم) (الجزء النظري). دمشق: الجمهورية العربية السورية. منشورات جامعة دمشق.

## المراجع الأجنبية

- Abd El-Hack, M. E., Mahrose, K., Askar, A. A., Alagawany, M., Arif, M., Saeed, M., ... & Chaudhry, M. T. (2017). **Single and combined impacts of vitamin A and selenium in diet on productive performance, egg quality, and some blood parameters of laying hens during hot season.** Biological trace element research, 177(1), 169–179.
- Abdelqader, A. M., Abuajamieh, M., Hammad, H. M., & Al-Fataftah, A. R. (2017). **Effects of dietary butyrate supplementation on intestinal integrity of heat-stressed cockerels.** Journal of animal physiology and animal nutrition, 101(6), 1115–1121.
- Abdul-Majeed, A. F., & Abdul-Rahman, S. Y. (2021). **Impact of breed, sex and age on hematological and biochemical parameters of local quail.** Iraqi Journal of Veterinary Sciences. Vol. 35, No. 3, (459–464).
- Abdulmajeed, A. F., Alkarad, H. A., & Abdul-Rahman, S. Y. (2012). **Effect of vitamin C on blood picture and some biochemical parameters of quail stressed by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.** Iraqi Journal of Veterinary Sciences, 26(2), 77–82.
- Adamski, M., Kuźniacka, J., Kowalska, E., Kucharska-Gaca, J., Banaszak, M., & Biegniewska, M. (2017). **Effect of storage time on the quality of Japanese quail eggs (*coturnix coturnix japonica*).** Polish Journal of Natural Sciences, 32(1).
- Agarwal, A., & Prabakaran, S. A. (2005). **Mechanism, measurement, and prevention of oxidative stress in male reproductive physiology.** Indian Journal of Experiment Biology 43: 963–974.
- Agina, O. A., Ezema, W. S., & Iwuoha, E. M. (2017). **The haematology and serum biochemistry profile of adult Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*).** Notulae Scientia Biologicae, 9(1), 67–72.
- Ahmed, A. A., Ma, W., Ni, Y., Wang, S., & Zhao, R. (2014). **Corticosterone in ovo modifies aggressive behaviors and reproductive performances through alterations of the hypothalamic–pituitary–gonadal axis in the chicken.** Animal reproduction science, 146(3–4), 193–201.
- Aiken, C. E., & Ozanne, S. E. (2014). **Transgenerational developmental programming.** Human reproduction update, 20(1), 63–75.
- Ait-Boulahsen, A., Garlich, J. D., & Edens, F. W. (1989). **Effect of fasting and acute heat stress on body temperature, blood acid–base and electrolyte status in chickens.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 94(4), 683–687.
- Akbarian, A., Michiels, J., Degroote, J., Majdeddin, M., Golian, A., & De Smet, S. (2016). **Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals.** Journal of Animal Science and Biotechnology, 7(1), 1–14.

- Akhavan-Salamat, H., & Ghasemi, H. A. (2016). Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status. Tropical animal health and production, 48(1), 181–188.
- Akpinar, G.C., Canogullari, S., Baylan, M.İ.K.A.İ.L., Alasahan, S., & Aygun, A. (2015). The use of propolis extract for the storage of quail eggs. Journal of Applied Poultry Research, 24(4), 427–435.
- Alani, B., Salehi, R., Sadeghi, P., Zare, M., Khodagholi, F., Arefian, E., ... & Digaleh, H. (2014). Silencing of Hsp90 chaperone expression protects against 6-hydroxydopamine toxicity in PC12 cells. Journal of Molecular Neuroscience, 52(3), 392–402.
- Alhenaky, A., Abdelqader, A., Abuajamieh, M., & Al-Fataftah, A. R. (2017). The effect of heat stress on intestinal integrity and Salmonella invasion in broiler birds. Journal of Thermal Biology, 70, 9–14.
- Alkan, S., Karsli, T., Karabag, K., Galic, A., & Balcioglu, M. S. (2013). The effects of thermal manipulation during early and late embryogenesis on hatchability, hatching weight and body weight in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). Archives Animal Breeding, 56(1), 789–796.
- Altan, Ö. Z. G. E., Pabuçcuoğlu, A., Altan, A., Konyalıoğlu, S., & Bayraktar, H. (2003). Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. British poultry science, 44(4), 545–550.
- Al-Zghoul, M. B., & El-Bahr, S. M. (2019). Thermal manipulation of the broilers embryos: Expression of muscle markers genes and weights of body and internal organs during embryonic and post-hatch days. BMC veterinary research, 15(1), 1–10.
- Al-Zghoul, M. B., Ismail, Z. B., Abd Elhafeed, S. D., Al-Ramadan, A., Althnaian, T. A., Al-Ramadan, S. Y., ... & Hannon, K. M. (2015). Hsp90, Hsp60 and HSF-1 genes expression in muscle, heart and brain of thermally manipulated broiler chicken. Research in veterinary science, 99, 105–111.
- Amrutkar, S. A., Saxena, V. K., & Tomar, S. (2014). m-RNA profiling of HSP-70 under different tropical stress conditions in various broilers. Veterinary World, 7(2), 100.
- Attia, Y. A., Abd El, A. E. H. E., Abedalla, A. A., Berika, M. A., Al-Harhi, M. A., Kucuk, O., ... & Abou-Shehema, B. M. (2016). Laying performance, digestibility and plasma hormones in laying hens exposed to chronic heat stress as affected by betaine, vitamin C, and/or vitamin E supplementation. Springer Plus, 5(1), 1–12.
- Attia, Y. A., Hassan, R. A., & Qota, E. M. A. (2009). Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics 1: Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. Tropical animal health and production, 41(5), 807–818.

- Austin, S. H., Harris, R. M., Booth, A. M., Lang, A. S., Farrar, V. S., Krause, J. S., ... & Calisi, R. M. (2021). Isolating the role of corticosterone in the hypothalamic–pituitary–gonadal transcriptomic stress response. *Frontiers in endocrinology*, 12, 120.
- Aygun, A., & Sert, D. (2013). Effects of prestorage application of propolis and storage time on eggshell microbial activity, hatchability, and chick performance in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. *Poultry Science*, 92(12), 3330–3337.
- Azad, M. A. K., Kikusato, M., Maekawa, T., Shirakawa, H., & Toyomizu, M. (2010). Metabolic characteristics and oxidative damage to skeletal muscle in broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 155(3), 401–406.
- Barri, A., Honaker, C. F., Sottosanti, J. R., Hulet, R. M., & McElroy, A. P. (2011). Effect of incubation temperature on nutrient transporters and small intestine morphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 90(1), 118–125.
- Bartlett, J. R., & Smith, M. O. (2003). Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Poultry science*, 82(10), 1580–1588.
- Baumgartner, J. and Hetényi, L. (2001). Japanese Quail (*Prepelica japonská*). 1st ed., Nitra, Slovakia: SPU, 73 p. ISBN 80–88872–16–2.
- Baylan, M., Canogullari, S., Ayasan, T., & Copur, G. (2011). Effects of dietary selenium source, storage time, and temperature on the quality of quail eggs. *Biological trace element research*, 143(2), 957–964.
- Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A., & Abdrabba, M. (2016). Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 100(3), 401–412.
- Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A., Dabbebi, H., Ben Mrad, M., & Abdrabbah, M. (2014). Reactive oxygen species, heat stress and oxidative–induced mitochondrial damage. A review. *International journal of hyperthermia*, 30(7), 513–523.
- Berger, R. E. (2005). The urine dipstick test useful to rule out infections. A meta–analysis of the accuracy. *The Journal of urology*, 174(3), 941–942.
- Blas, J. (2015). Stress in birds. In *Sturkie's avian physiology*. (pp. 769–810). Academic Press.
- Bobkova, N. V., Garbuz, D. G., Nesterova, I., Medvinskaya, N., Samokhin, A., Alexandrova, I., ... & Evgen'ev, M. (2014). Therapeutic effect of exogenous hsp70 in mouse models of Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 38(2), 425–435.

- Bogin, E., Avidar, Y., Pech-Waffenschmidt, V., Doron, Y., Israeli, B. A., & Kevkhayev, E. (1996). The relationship between heat stress, survivability and blood composition of the domestic chicken.
- Bourdon, V.D.D., Souza, R.G., do Nascimento Oliveira, E.J., Vieira, D.V.G., Moron, S.E., Vaz, R.M.G.V., ... & Costa, F.G.P. (2021). Productive performance, thermal and blood parameters of Japanese laying quails at different cage stocking densities. Research, Society and Development, 10(3), e54410313686–e54410313686.
- Bray, M. M. (1993). Effect of ACTH and glucocorticoids on lipid metabolism in the Japanese quail, *Coturnix coturnix japonica*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 105(4), 689–696.
- Burtis, C. A., Ashwood, E. R., & Bruns, D. E. (2007). Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry. 6th Edition, Saunders Elsevier, St. Louis, MO.
- Burton, T., & Metcalfe, N. B. (2014). Can environmental conditions experienced in early life influence future generations?. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 281(1785), 20140311.
- Calefi, A. S., de Siqueira, A., Namazu, L. B., Costola-de-Souza, C., Honda, B. B. T., Ferreira, A. J. P., ... & Palermo-Neto, J. (2016). Effects of heat stress on the formation of splenic germinal centres and immunoglobulins in broilers infected by *Clostridium perfringens* type A. Veterinary immunology and immunopathology, 171, 38–46.
- Campbell, J., Donald, J., & Simpson, G. (2006). Keys to top evaporative cooling performance. Poultry Engineering, Economics, and Management Newsletter, (41), 1–4.
- Cao, Y., Li, Y. S., Li, Z. J., Wang, F., & Li, C. M. (2015). Dietary zinc may attenuate heat-induced testicular oxidative stress in mice via up-regulation of Cu–Zn SOD. Genetics and Molecular Research, 14(4), 16616–16626.
- Carsia, R. V. (2015). Adrenals. In Sturkie's avian physiology. (pp. 577–611). Academic press.
- Carsia, R.V. and Harvey, S. (2000). Adrenals. In: Whittow, G.C.; editor. Sturkie's avian physiology. 5th edition. San Diego (CA): Academic; p. 489–537.
- Carver, L. A., Jackiw, V., & Bradfield, C. A. (1994). The 90-kDa heat shock protein is essential for Ah receptor signaling in a yeast expression system. Journal of Biological Chemistry, 269(48), 30109–30112.
- Chaiseha, Y., & El Halawani, M. E. (2015). Brooding. In Sturkie's avian physiology. (pp. 717–738). Academic Press.
- Chand, N., Naz, S., Khan, A., Khan, S., & Khan, R. U. (2014). Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid

- supplementation during cyclic heat stress.** International Journal of Biometeorology, 58(10), 2153–2157.
- Charles, D. R., & Walker, A. W. (2002). **Poultry environment problems: a guide to solutions.** The Veterinary Journal 166: 284.
- Clarke, A. R. (1996). **Molecular chaperones in protein folding and translocation.** Current opinion in structural biology, 6(1), 43–50.
- Collin, A., Berri, C., Tessaoud, S., Rodon, F. R., Skiba–Cassy, S., Crochet, S., ... & Yahav, S. (2007). **Effects of thermal manipulation during early and late embryogenesis on thermotolerance and breast muscle characteristics in broiler chickens.** Poultry science, 86(5), 795–800.
- Collin, A., Picard, M., & Yahav, S. (2005). **The effect of duration of thermal manipulation during broiler chick embryogenesis on body weight and body temperature of post-hatched chicks.** Animal Research, 54(2), 105–111.
- Cottrell, E. C., & Seckl, J. (2009). **Prenatal stress, glucocorticoids and the programming of adult disease.** Frontiers in behavioral neuroscience, 3, 19.
- Craig, E. A., & Gross, C. A. (1991). **Is hsp70 the cellular thermometer?** Trends in biochemical sciences, 16, 135–140.
- Curley, J. P., Mashoodh, R., & Champagne, F. A. (2011). **Epigenetics and the origins of paternal effects.** Hormones and behavior, 59(3), 306–314.
- Dallman, M. F., Strack, A. M., Akana, S. F., Bradbury, M. J., Hanson, E. S., Scribner, K. A., & Smith, M. (1993). **Feast and famine: critical role of glucocorticoids with insulin in daily energy flow.** Frontiers in neuroendocrinology, 14(4), 303–347.
- de Kloet, E. R. (2003). **Hormones, brain and stress.** Endocrine regulations, 37(2), 51–68.
- de Matos, R. (2008). **Adrenal steroid metabolism in birds: anatomy, physiology, and clinical considerations.** Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice, 11(1), 35–57.
- De Smit, L., Bruggeman, V., Tona, J. K., Debonne, M., Onagbesan, O., Arckens, L., ... & Decuypere, E. (2006). **Embryonic developmental plasticity of the chick: Increased CO<sub>2</sub> during early stages of incubation changes the developmental trajectories during prenatal and postnatal growth.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 145(2), 166–175.
- De Souza, E. B., & Van Loon, G. R. (1982). **Stress-induced inhibition of the plasma corticosterone response to a subsequent stress in rats: a nonadrenocorticotropin-mediated mechanism.** Endocrinology, 110(1), 23–33.
- Delezie, E., Swennen, Q., Buyse, J., & Decuypere, E. (2007). **The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of broilers at slaughter weight.** Poultry science, 86(7), 1414–1423.

- Denbow, D. M., & Cline, M. A. (2015). **Food intake regulation**. In **Sturkie's avian physiology**. (pp. 469–485). Academic Press.
- Deshaies, R.J., Koch, B.D., Werner–Washburne, M., Craig, E.A., & Schekman, R. (1988). **A subfamily of stress proteins facilitates translocation of secretory and mitochondrial precursor polypeptides**. *Nature*, 332(6167), 800–805.
- Dhabhar, F. S. (2009). **Enhancing versus suppressive effects of stress on immune function: implications for immunoprotection and immunopathology**. *Neuroimmunomodulation*, 16(5), 300–317.
- Dohms, J. E., & Metz, A. (1991). **Stress—mechanisms of immunosuppression**. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 30(1), 89–109.
- Donald, J. (2000). **Getting the most from evaporative cooling systems in tunnel ventilated broiler houses**. *World Poultry*, 16(3), 34–39.
- Donald, J., Eckman, M., & Simpson, G. (2000). **Keys to getting good performance from your evaporative cooling system**. *Alabama Poultry Engineering and Economics Newsletter*, (5), 4.
- Dozier 3rd, W. A., Lott, B. D., & Branton, S. L. (2005). **Growth responses of male broilers subjected to increasing air velocities at high ambient temperatures and a high dew point**. *Poultry science*, 84(6), 962–966.
- Dridi, S., Decuypere, E., & Buyse, J. (2013). **Cerulenin upregulates heat shock protein–70 gene expression in chicken muscle**. *Poultry science*, 92(10), 2745–2753.
- Droge, W. (2002). **Free radicals in the physiological control of cell function**. *Physiological reviews*, 82(1), 47–95.
- Dudusola, I. O. (2009). **Effects of storage methods and length of storage on some quality parameters of Japanese quail eggs**. *Tropicultura*, 27(1), 45–48.
- Ebeid, T. A. (2012). **Vitamin E and organic selenium enhances the antioxidative status and quality of chicken semen under high ambient temperature**. *British Poultry Science*, 53(5), 708–714.
- Ebeid, T. A., Suzuki, T., & Sugiyama, T. (2012). **High ambient temperature influences eggshell quality and calbindin–D28k localization of eggshell gland and all intestinal segments of laying hens**. *Poultry Science*, 91(9), 2282–2287.
- Edens, F. W., & Siegel, H. S. (1976). **Modification of corticosterone and glucose responses by sympatholytic agents in young chickens during acute heat exposure**. *Poultry Science*, 55(5), 1704–1712.
- Edens, F. W., & Siegel, H. T. (1975). **Adrenal responses in high and low ACTH response lines of chickens during acute heat stress**. *General and Comparative Endocrinology*, 25(1), 64–73.
- Elnagar, S. A., Scheideler, S. E., & Beck, M. M. (2010). **Reproductive hormones, hepatic deiodinase messenger ribonucleic acid, and vasoactive intestinal polypeptide–**

- immunoreactive cells in hypothalamus in the heat stress-induced or chemically induced hypothyroid laying hen.** Poultry Science, 89(9), 2001–2009.
- El-Tarabany, M. S. (2016). **Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails.** International journal of biometeorology, 60(7), 957–964.
- El-Tarabany, M. S., Abdel-Hamid, T. M., & Mohammed, H. H. (2015). **Effects of cage stocking density on egg quality traits in Japanese quails.** Kafkas niversitesi Veteriner Fak ltesi Dergisi, 21(1), 13–18.
- Erdogan, O., Ok, F., Carkci, S., & Durmus, E. (2021). **Is there an association between urine biochemical parameters on admission and the severity OF COVID-19?** International Journal of Clinical Practice, 75(11), e14809.
- Estevez, I. (2007). **Density allowances for broilers: where to set the limits?** Poultry Science, 86(6), 1265–1272.
- Falbo, R., Sala, M. R., Signorelli, S., Venturi, N., Signorini, S., & Brambilla, P. (2012). **Bacteriuria screening by automated whole-field-image-based microscopy reduces the number of necessary urine cultures.** Journal of clinical microbiology, 50(4), 1427–1429.
- Fedde, M. R. (1998). **Relationship of structure and function of the avian respiratory system to disease susceptibility.** Poultry science, 77(8), 1130–1138.
- Feder, M. E., & Hofmann, G. E. (1999). **Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology.** Annual review of physiology, 61(1), 243–282.
- Feil, R., & Fraga, M. F. (2012). **Epigenetics and the environment: emerging patterns and implications.** Nature reviews genetics, 13(2), 97–109.
- Felver-Gant, J. N., Mack, L. A., Dennis, R. L., Eicher, S. D., & Cheng, H. W. (2012). **Genetic variations alter physiological responses following heat stress in 2 strains of laying hens.** Poultry Science, 91(7), 1542–1551.
- Ferit Gursu, M., Sahin, N., & Kucuk, O. (2003). **Effects of vitamin E and selenium on thyroid status, adrenocorticotropin hormone, and blood serum metabolite and mineral concentrations of Japanese quails reared under heat stress (34 C).** The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine: The Official Publication of the International Society for Trace Element Research in Humans, 16(2-3), 95–104.
- Finka, A., & Goloubinoff, P. (2013). **Proteomic data from human cell cultures refine mechanisms of chaperone-mediated protein homeostasis.** Cell Stress and Chaperones, 18(5), 591–605.
- Finley, D., Ciechanover, A., & Varshavsky, A. (1984). **Thermolability of ubiquitin-activating enzyme from the mammalian cell cycle mutant ts85.** Cell, 37(1), 43–55.

- Flaherty, K. M., DeLuca-Flaherty, C., & McKay, D. B. (1990). **Three-dimensional structure of the ATPase fragment of a 70K heat-shock cognate protein.** Nature, 346(6285), 623-628.
- Flores, K. B., Wolschin, F., & Amdam, G. V. (2013). **The role of methylation of DNA in environmental adaptation.**
- Flynn, G. C., Pohl, J., Flocco, M. T., & Rothman, J. E. (1991). **Peptide-binding specificity of the molecular chaperone BiP.** Nature, 353(6346), 726-730.
- Fried, S. K., Bunkin, D. A., & Greenberg, A. S. (1998). **Omental and subcutaneous adipose tissues of obese subjects release interleukin-6: depot difference and regulation by glucocorticoid.** The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 83(3), 847-850.
- Furay, A. R., Murphy, E. K., Mattson, M. P., Guo, Z., & Herman, J. P. (2006). **Region-specific regulation of glucocorticoid receptor/HSP90 expression and interaction in brain.** Journal of neurochemistry, 98(4), 1176-1184.
- Galal, A., Radwan, L. M., Rezik, H. H., & Ayoub, H. (2019). **Expression levels of HSP70 and CPT-1 in three local breeds of chickens reared under normal or heat stress conditions after the introduction of the naked neck gene.** Journal of thermal biology, 80, 113-118.
- Gan, J. K., Zhang, D. X., He, D. L., Zhang, X. Q., Chen, Z. Y., & Luo, Q. B. (2013). **Promoter methylation negatively correlated with mRNA expression but not tissue differential expression after heat stress.** Genet. Mol. Res, 12, 809-819.
- Ganter, M. T., Ware, L. B., Howard, M., Roux, J., Gartland, B., Matthay, M. A., ... & Pittet, J. F. (2006). **Extracellular heat shock protein 72 is a marker of the stress protein response in acute lung injury.** American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology, 291(3), L354-L361.
- Gaughan, J. B., Bonner, S. L., Loxton, I., & Mader, T. L. (2013). **Effects of chronic heat stress on plasma concentration of secreted heat shock protein 70 in growing feedlot cattle.** Journal of animal science, 91(1), 120-129.
- Genç, L., & Portier, K. M. (2005). **Sensible and latent heat productions from broilers in laboratory conditions.** Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29(3), 635-643.
- Genchev, A. (2012). **Quality and composition of Japanese quail eggs (*Coturnix japonica*).** Trakia Journal of Sciences, 10(2), 91-101.
- Geraert, P. A., Padilha, J. C. F., & Guillaumin, S. (1996). **Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention.** British Journal of Nutrition, 75(2), 195-204.
- Gething, M. J., & Sambrook, J. (1992). **Protein folding in the cell.** Nature, 355(6355), 33-45.

- Ghazi, S. H., Habibian, M., Moeini, M. M., & Abdolmohammadi, A. R. (2012). **Effects of different levels of organic and inorganic chromium on growth performance and immunocompetence of broilers under heat stress.** Biological trace element research, 146(3), 309–317.
- Gitoe, A., Sadeghi, G., & Karimi, A. (2018). **Combination effects of organic and inorganic chromium on production performance, reproductive response, immune status, and maternal antibody transmission in breeder quails under heat stress.** Biological trace element research, 184(2), 508–516.
- Givisiez, P. E. N., Da Silva, M. M., Mazzi, C. M., Ferro, M. I. T., Ferro, J. A., Gonzales, E., & Macari, M. (2001). **Heat or cold chronic stress affects organ weights and Hsp70 levels in chicken embryos.** Canadian Journal of Animal Science, 81(1), 83–87.
- Goel, A. (2021). **Heat stress management in poultry.** Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.
- Gous, R. M., & Morris, T. R. (2005). **Nutritional interventions in alleviating the effects of high temperatures in broiler production.** World's Poultry Science Journal, 61(3), 463–475.
- Green, D. R., & Kroemer, G. (2004). **The pathophysiology of mitochondrial cell death.** Science, 305(5684), 626–629.
- Griffiths, H.R. (2000). **Antioxidants and protein oxidation.** Free Radical Research 33 Supplement: 47–58.
- Groothuis, T. G., & Schwabl, H. (2008). **Hormone-mediated maternal effects in birds: mechanisms matter but what do we know of them?.** Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1497), 1647–1661.
- Groothuis, T. G., Hsu, B. Y., Kumar, N., & Tschirren, B. (2019). **Revisiting mechanisms and functions of prenatal hormone-mediated maternal effects using avian species as a model.** Philosophical Transactions of the Royal Society B, 374(1770), 20180115.
- Gu, X. H., Hao, Y., & Wang, X. L. (2012). **Overexpression of heat shock protein 70 and its relationship to intestine under acute heat stress in broilers: 2.** Intestinal oxidative stress. Poultry science, 91(4), 790–799.
- Guibert, F., Richard-Yris, M. A., Lumineau, S., Kotrschal, K., Bertin, A., Petton, C., ... & Houdelier, C. (2011). **Unpredictable mild stressors on laying females influence the composition of Japanese quail eggs and offspring's phenotype.** Applied Animal Behaviour Science, 132(1–2), 51–60.
- Gunnewiek, T. K., Homberg, J. R., & Kozicz, T. (2018). **Modulation of glucocorticoids by the serotonin transporter polymorphism: A narrative review.** Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 92, 338–349.

- Guzhova, I., & Margulis, B. (2006). Hsp70 chaperone as a survival factor in cell pathology. International review of cytology, 254, 101–149.
- Habibian, M., Ghazi, S., & Moeini, M. M. (2013). Lack of effect of dietary chromium supplementation on growth performance and serum insulin, glucose, and lipoprotein levels in broilers reared under heat stress condition. Biological trace element research, 153(1), 205–211.
- Habibian, M., Ghazi, S., Moeini, M. M., & Abdolmohammadi, A. (2014). Effects of dietary selenium and vitamin E on immune response and biological blood parameters of broilers reared under thermoneutral or heat stress conditions. International journal of biometeorology, 58(5), 741–752.
- Habibian, M., Sadeghi, G., Ghazi, S., & Moeini, M. M. (2015). Selenium as a feed supplement for heat-stressed poultry: a review. Biological Trace Element Research, 165(2), 183–193.
- Halliwell, B., & Whiteman, M. (2004). Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean?. British journal of pharmacology, 142(2), 231–255.
- Hao, Y., & Gu, X. H. (2014). Effects of heat shock protein 90 expression on pectoralis major oxidation in broilers exposed to acute heat stress. Poultry science, 93(11), 2709–2717.
- Hartl, F. U., & Hayer-Hartl, M. (2002). Molecular chaperones in the cytosol: from nascent chain to folded protein. Science, 295(5561), 1852–1858.
- Hashizawa, Y., Kubota, M., Kadowaki, M., & Fujimura, S. (2013). Effect of dietary vitamin E on broiler meat qualities, color, water-holding capacity and shear force value, under heat stress conditions. Animal Science Journal, 84(11), 732–736.
- Hausmann, M. F., Longenecker, A. S., Marchetto, N. M., Juliano, S. A., & Bowden, R. M. (2012). Embryonic exposure to corticosterone modifies the juvenile stress response, oxidative stress and telomere length. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 279(1732), 1447–1456.
- Heiblum, R., Arnon, E., Chazan, G., Robinzon, B., Gvoryahu, G., & Snapir, N. (2001). Glucocorticoid administration during incubation: embryo mortality and posthatch growth in chickens. Poultry Science, 80(9), 1357–1363.
- Heled, Y., Fleischmann, C., & Epstein, Y. (2013). Cytokines and their role in hyperthermia and heat stroke. Journal of basic and clinical physiology and pharmacology, 24(2), 85–96.
- Henriksen, R., Rettenbacher, S., & Groothuis, T. G. (2011). Prenatal stress in birds: pathways, effects, function and perspectives. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 35(7), 1484–1501.

- Hess, L. (2002). **Corticosteroid synthesis and metabolism in birds.** In Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine (Vol. 11, No. 2, pp. 65–70). WB Saunders.
- Hillman, P. E., Scott, N. V., & Tienhoven, A. V. (1985). **Physiological responses and adaptations to hot and cold environments.** Stress physiology in livestock. Volume III. Poultry., 1–71.
- Hosseini-Vashan, S. J., Golian, A., & Yaghobfar, A. (2016). **Growth, immune, antioxidant, and bone responses of heat stress-exposed broilers fed diets supplemented with tomato pomace.** International Journal of Biometeorology, 60(8), 1183–1192.
- Hudelson, K. S., & Hudelson, P. M. (2009). **Endocrine considerations.** Clinical avian medicine, 2, 541–557.
- Hung, S. W., Tu, C. Y., & Wang, W. S. (2007). **In vivo effects of adding singular or combined anti-oxidative vitamins and/or minerals to diets on the immune system of tilapia (Oreochromis hybrids) peripheral blood monocyte-derived, anterior kidney-derived, and spleen-derived macrophages.** Veterinary immunology and immunopathology, 115(1–2), 87–99.
- Ikeda, M., Rhee, M., & Chin, W.W. (1994). **Thyroid hormone receptor monomer, homodimer, and heterodimer (with retinoid-X receptor) contact different nucleotide sequences in thyroid hormone response elements.** Endocrinology, 135(4), 1628–1638.
- Imik, H., Atasever, M. A., Urcar, S., Ozlu, H., Gumus, R., & Atasever, M. (2012). **Meat quality of heat stress exposed broilers and effect of protein and vitamin E.** British poultry science, 53(5), 689–698.
- Imik, H., Ozlu, H., Gumus, R. E. C. E. P., Atasever, M. A., Urcar, S., & Atasever, M. (2012). **Effects of ascorbic acid and  $\alpha$ -lipoic acid on performance and meat quality of broilers subjected to heat stress.** British poultry science, 53(6), 800–808.
- Inci, H., Sogut, B., Sengul, T., Sengul, A. Y., & Taysi, M. R. (2015). **Comparison of fattening performance, carcass characteristics, and egg quality characteristics of Japanese quails with different feather colors.** Revista Brasileira de Zootecnia, 44, 390–396.
- IRIVBOJE, Y., FAFIOLU, A., IRIVBOJE, O., & IKEOBI, C. (2021). **Characterization of intron 7 to exon 8 of heat shock protein 90-aa1 (hsp90aa1) gene in dominant brown layer chicken using some bioinformatic tools.**
- Jahanian, R., & Rasouli, E. (2015). **Dietary chromium methionine supplementation could alleviate immunosuppressive effects of heat stress in broiler chicks.** Journal of Animal Science, 93(7), 3355–3363.
- Janczak, A. M., Haug, A., & Bakken, M. (2007). **Evaluation of experimental methods for manipulating chicken egg hormone content using injections.** Journal of Animal and Veterinary Advances.

- Janke, O., Tzschentke, B., Höchel, J., & Nichelmann, M. (2002). Metabolic responses of chicken and muscovy duck embryos to high incubation temperatures. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 131(4), 741–750.
- Jin, Y. H., Lee, K. T., Lee, W. I., & Han, Y. K. (2011). Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. Asian–Australasian Journal of Animal Sciences, 24(2), 279–284.
- Kabir, A. (2013). Blood chemistry analyses of Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*). Journal of Agricultural Science, 3(4), 132–136.
- Kamel, N. N., Ahmed, A. M., Mehaisen, G. M., Mashaly, M. M., & Abass, A. O. (2017). Depression of leukocyte protein synthesis, immune function and growth performance induced by high environmental temperature in broiler chickens. International Journal of Biometeorology, 61(9), 1637–1645.
- Kampinga, H. H., Hageman, J., Vos, M. J., Kubota, H., Tanguay, R. M., Bruford, E. A., ... & Hightower, L. E. (2009). Guidelines for the nomenclature of the human heat shock proteins. Cell Stress and Chaperones, 14(1), 105–111.
- Kang, S., Kim, D. H., Lee, S., Lee, T., Lee, K. W., Chang, H. H., ... & Choi, Y. H. (2020). An acute, rather than progressive, increase in temperature–humidity index has severe effects on mortality in laying hens. Frontiers in Veterinary Science, 7, 853.
- Kapetanov, M., Pajić, M., Ljubojević, D., & Pelić, M. (2015). Heat stress in poultry industry. Archives of Veterinary Medicine, 8(2), 87–101.
- Kara, K., Kocaoğlu Güçlü, B., Şentürk, M., & Konca, Y. (2016). Influence of catechin (flavan–3–ol) addition to breeder quail (*Coturnix coturnix japonica*) diets on productivity, reproductive performance, egg quality and yolk oxidative stability. Journal of Applied Animal Research, 44(1), 436–441.
- Kaul, G., & Thippeswamy, H. (2011). Role of heat shock proteins in diseases and their therapeutic potential. Indian journal of microbiology, 51(2), 124–131.
- Kaur, H., & Halliwell, B. (1994). Evidence for nitric oxide-mediated oxidative damage in chronic inflammation Nitrotyrosine in serum and synovial fluid from rheumatoid patients. FEBS letters, 350(1), 9–12.
- Kawahara–Miki, R., Sano, S., Nunome, M., Shimmura, T., Kuwayama, T., Takahashi, S., ... & Kono, T. (2013). Next–generation sequencing reveals genomic features in the Japanese quail. Genomics, 101(6), 345–353.
- Kawai, T., & Akira, S. (2009). The roles of TLRs, RLRs and NLRs in pathogen recognition. International immunology, 21(4), 317–337.
- Khan, R. U., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2012). Semen traits and seminal plasma biochemical parameters in white leghorn layer breeders. Reproduction in Domestic Animals, 47(2), 190–195.

- Khan, R. U., Naz, S., Nikousefat, Z., Tufarelli, V., Javdani, M., Rana, N., & Laudadio, V. (2011). **Effect of vitamin E in heat-stressed poultry**. World's poultry science journal, 67(3), 469–478.
- Khondowe, P., Mutayoba, B., Muhairwa, A., & Phiri, E. (2021). **Effects of heat stress and a low energy diet on blood parameters and liver hsp70 and iNOS gene expressions in local chickens**. Veterinary and Animal Science, 100221.
- Kiani, A., Nielsen, M. O., Tauson, A. H., Tygesen, M. P., Husted, S. M., & Chwalibog, A. (2011). **Long-term effects of foetal undernutrition on intermediary metabolism in growing lambs**. Archives of animal nutrition, 65(1), 46–54.
- Kiecolt-Glaser, J. K., Loving, T. J., Stowell, J. R., Malarkey, W. B., Lemeshow, S., Dickinson, S. L., & Glaser, R. (2005). **Hostile marital interactions, proinflammatory cytokine production, and wound healing**. Archives of general psychiatry, 62(12), 1377–1384.
- Kikusato, M., & Toyomizu, M. (2013). **Crucial role of membrane potential in heat stress-induced overproduction of reactive oxygen species in avian skeletal muscle mitochondria**. PloS one, 8(5), e64412.
- Kikusato, M., Yoshida, H., Furukawa, K., & Toyomizu, M. (2015). **Effect of heat stress-induced production of mitochondrial reactive oxygen species on NADPH oxidase and heme oxygenase-1 mRNA levels in avian muscle cells**. Journal of thermal biology, 52, 8–13.
- Kim, M., Ahn, I. Y., Kim, H., Cheon, J., & Park, H. (2009). **Molecular characterization and induction of heat shock protein 90 in the Antarctic bivalve Laternula elliptica**. Cell Stress and Chaperones, 14(4), 363–370.
- Klasing, K. C. (1998). **Metabolism and storage of triglycerides**. Comparative avian nutrition. New York: CAB Intl, 182–194.
- Krause, E. T., & Naguib, M. (2014). **Effects of parental and own early developmental conditions on the phenotype in zebra finches (*Taeniopygia guttata*)**. Evolutionary Ecology, 28(2), 263–275.
- Kriengwatana, B., Wada, H., Schmidt, K. L., Taves, M. D., Soma, K. K., & MacDougall-Shackleton, S. A. (2014). **Effects of nutritional stress during different developmental periods on song and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in zebra finches**. Hormones and Behavior, 65(3), 285–293.
- Kustanova, G.A.; Murashev, A.N.; Karpov, V.L.; Margulis, B.A.; Guzhova, I.V. (2006). **Exogenous heat shock protein 70 mediates sepsis manifestations and decreases the mortality rate in rats**. Cell Stress Chaperones. 11:276–286.
- Lara, L. J., & Rostagno, M. H. (2013). **Impact of heat stress on poultry production**. Animals, 3(2), 356–369.

- Leandro, N. S. M., Gonzales, E., Ferro, J. A., Ferro, M. I. T., Givisiez, P. E. N., & Macari, M. (2004). **Expression of heat shock protein in broiler embryo tissues after acute cold or heat stress.** Molecular Reproduction and Development: Incorporating Gamete Research, 67(2), 172–177.
- Lee, Y. J., Cho, H. N., Jeoung, D. I., Soh, J. W., Cho, C. K., Bae, S., ... & Lee, Y. S. (2004). **HSP25 overexpression attenuates oxidative stress-induced apoptosis: roles of ERK1/2 signaling and manganese superoxide dismutase.** Free Radical Biology and Medicine, 36(4), 429–444.
- Lei, L., Yu, J., & Bao, E. (2009). **Expression of heat shock protein 90 (Hsp90) and transcription of its corresponding mRNA in broilers exposed to high temperature.** British poultry science, 50(4), 504–511.
- Leksrisompong, N., Romero-Sanchez, H., Plumstead, P. W., Brannan, K. E., & Brake, J. (2007). **Broiler incubation. 1. Effect of elevated temperature during late incubation on body weight and organs of chicks.** Poultry Science, 86(12), 2685–2691.
- Lewis, M., Helmsing, P. J., & Ashburner, M. (1975). **Parallel changes in puffing activity and patterns of protein synthesis in salivary glands of Drosophila.** Proceedings of the National Academy of Sciences, 72(9), 3604–3608.
- Li, Z., & Srivastava, P. (2003). **Heat-shock proteins.** Current protocols in immunology, 58(1), A–1T.
- Liberek, K., Lewandowska, A., & Ziętkiewicz, S. (2008). **Chaperones in control of protein disaggregation.** The EMBO journal, 27(2), 328–335.
- Lin, H., Decuypere, E., & Buyse, J. (2006a). **Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 144(1), 11–17.
- Lin, H., Du, R., Gu, X. H., Li, F. C., & Zhang, Z. Y. (2000). **A study on the plasma biochemical indices of heat-stressed broilers.** Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 13(9), 1210–1218.
- Lin, H., Jiao, H. C., Buyse, J., & Decuypere, E. (2006b). **Strategies for preventing heat stress in poultry.** World's Poultry Science Journal, 62(1), 71–86.
- Lin, H., Wang, L. F., Song, J. L., Xie, Y. M., & Yang, Q. M. (2002). **Effect of dietary supplemental levels of vitamin A on the egg production and immune responses of heat-stressed laying hens.** Poultry Science, 81(4), 458–465.
- Lin, X., Wu, X., & Liu, X. (2018). **Temperature stress response of heat shock protein 90 (Hsp90) in the clam Paphia undulata.** Aquaculture and fisheries, 3(3), 106–114.
- Liu, L. L., He, J. H., Xie, H. B., Yang, Y. S., Li, J. C., & Zou, Y. (2014). **Resveratrol induces antioxidant and heat shock protein mRNA expression in response to heat stress in black-boned chickens.** Poultry Science, 93(1), 54–62.

- Liu, L., Fu, C., Yan, M., Xie, H., Li, S., Yu, Q., ... & He, J. (2016). **Resveratrol modulates intestinal morphology and HSP70/90, NF- $\kappa$ B and EGF expression in the jejunal mucosa of black-boned chickens on exposure to circular heat stress.** Food & function, 7(3), 1329–1338.
- Loyau, T., Bedrani, L., Berri, C., Metayer-Coustard, S., Praud, C., Coustham, V., ... & Collin, A. (2015). **Cyclic variations in incubation conditions induce adaptive responses to later heat exposure in chickens: a review.** animal, 9(1), 76–85.
- Loyau, T., Berri, C., Bedrani, L., Metayer-Coustard, S., Praud, C., Duclos, M. J., ... & Collin, A. (2013). **Thermal manipulation of the embryo modifies the physiology and body composition of broiler chickens reared in floor pens without affecting breast meat processing quality.** Journal of Animal Science, 91(8), 3674–3685.
- Loyau, T., Hennequet-Antier, C., Coustham, V., Berri, C., Leduc, M., Crochet, S., ... & Collin, A. (2016). **Thermal manipulation of the chicken embryo triggers differential gene expression in response to a later heat challenge.** BMC genomics, 17(1), 1–15.
- Lu, Q., Wen, J., & Zhang, H. (2007). **Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken.** Poultry science, 86(6), 1059–1064.
- Lyashko, V. N., Vikulova, V. K., Chemicov, V. G., Ivanov, V. I., Ulmasov, K. A., Zatsepina, O. G., & Evgen'ev, M. B. (1994). **Comparison of the heat shock response in ethnically and ecologically different human populations.** Proceedings of the National Academy of Sciences, 91(26), 12492–12495.
- Maccari, S., Damaudery, M., Morley-Fletcher, S., Zuena, A. R., Cinque, C., & Van Reeth, O. (2003). **Prenatal stress and long-term consequences: implications of glucocorticoid hormones.** Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 27(1–2), 119–127.
- Mack, L. A., Felver-Gant, J. N., Dennis, R. L., & Cheng, H. W. (2013). **Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens.** Poultry science, 92(2), 285–294.
- Mahmoud, K. Z., & Edens, F. W. (2005). **Influence of organic selenium on hsp70 response of heat-stressed and enteropathogenic Escherichia coli-challenged broiler chickens (*Gallus gallus*).** Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 141(1), 69–75.
- Mahmoud, K. Z., Edens, F. W., Eisen, E. J., & Havenstein, G. B. (2004). **Ascorbic acid decreases heat shock protein 70 and plasma corticosterone response in broilers (*Gallus gallus domesticus*) subjected to cyclic heat stress.** Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 137(1), 35–42.

- Mahmoud, U. T., Abdel-Rahman, M. A. M., Darwish, M. H. A., Applegate, T. J., & Cheng, H. W. (2015). **Behavioral changes and feathering score in heat stressed broiler chickens fed diets containing different levels of propolis.** Applied Animal Behaviour Science, 166, 98–105.
- Margulis, B. A., & Guzhova, I. V. (2000). **Stress proteins in eukaryotic cells.** Tsitologiia, 42(4), 323–342.
- Marsden, A., & Morris, T. R. (1987). **Quantitative review of the effects of environmental temperature on food intake, egg output and energy balance in laying pullets.** British Poultry Science, 28(4), 693–704.
- Matsumiya, T., Imaizumi, T., Yoshida, H., Satoh, K., Topham, M. K., & Stafforini, D. M. (2009). **The levels of retinoic acid-inducible gene I are regulated by heat shock protein 90- $\alpha$ .** The Journal of Immunology, 182(5), 2717–2725.
- Matty, H. N., & Hassan, A. A. (2020). **Effect of supplementation of encapsulated organic acid and essential oil Gallant+® on some physiological parameters of Japanese quails.** Iraqi Journal of Veterinary Sciences, 34(1), 181–188.
- Mayer, M. P. (2010). **Gymnastics of molecular chaperones.** Molecular cell, 39(3), 321–331.
- Mayer, M. P., & Bukau, B. (2005). **Hsp70 chaperones: cellular functions and molecular mechanism.** Cellular and molecular life sciences, 62(6), 670–684.
- Mignon-Grasteau, S., Moreri, U., Narcy, A., Rousseau, X., Rodenburg, T. B., Tixier-Boichard, M., & Zerjal, T. (2015). **Robustness to chronic heat stress in laying hens: a meta-analysis.** Poultry science, 94(4), 586–600.
- Miova, B., Dimitrovska, M., Dinevska-Kjovkarovska, S., V Esplugues, J., & Apostolova, N. (2016). **The heat stress response and diabetes: More room for mitochondrial implication.** Current pharmaceutical design, 22(18), 2619–2639.
- Mohammad, H. K. (2016). **Influence of season, sex and age on haematological characteristics, body weight and rectal temperature in black local quail.** Basrah Journal of Veterinary Research, 15(1), 340–348.
- Moraes, T.G.V.; Romao, J.M. and Cardoso, W.M. (2009). **Incubation parameters and compounds of meat type japanese quail (*Coturnix japonica*) eggs stored at low temperatures (7.5  $\pm$  1 °C).** Ciências Agrárias Rias Londrina, 30:233–242.
- Moraes, V. M. B., Malheiros, R. D., Bruggeman, V., Collin, A., Tona, K., Van As, P., ... & Macari, M. (2004). **The effect of timing of thermal conditioning during incubation on embryo physiological parameters and its relationship to thermotolerance in adult broiler chickens.** Journal of Thermal Biology, 29(1), 55–61.
- Morgan, H. D., Santos, F., Green, K., Dean, W., & Reik, W. (2005). **Epigenetic reprogramming in mammals.** Human molecular genetics, 14(suppl\_1), R47–R58.

- Mujahid, A., Sato, K., Akiba, Y., & Toyomizu, M. (2006). **Acute heat stress stimulates mitochondrial superoxide production in broiler skeletal muscle, possibly via downregulation of uncoupling protein content.** Poultry science, 85(7), 1259–1265.
- Mujahid, A., Yoshiki, Y., Akiba, Y., & Toyomizu, M. (2005). **Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress.** Poultry Science, 84(2), 307–314.
- Mumma, J. O., Thaxton, J. P., Vizzier–Thaxton, Y., & Dodson, W. L. (2006). **Physiological stress in laying hens.** Poultry science, 85(4), 761–769.
- Muralidharan, S., & Mandrekar, P. (2013). **Cellular stress response and innate immune signaling: integrating pathways in host defense and inflammation.** Journal of leukocyte biology, 94(6), 1167–1184.
- Narınç, D., Erdoğan, S., Tahtabiçen, E., & Aksoy, T. (2016). **Effects of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chickens on developmental stability, hatchability and chick quality.** Animal, 10(8), 1328–1335.
- Nawab, A., Ibtisham, F., Li, G., Kieser, B., Wu, J., Liu, W., ... & An, L. (2018). **Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry.** Journal of Thermal Biology, 78, 131–139.
- Nazar, F. N., Videla, E. A., Fernandez, M. E., Labaque, M. C., & Marin, R. H. (2018). **Insights into thermal stress in Japanese quail (*Coturnix coturnix*): dynamics of immunoendocrine and biochemical responses during and after chronic exposure.** Stress, 21(3), 257–266.
- Nguyen, N., Francoeur, N., Chartrand, V., Klarskov, K., Guillemette, G., & Boulay, G. (2009). **Insulin promotes the association of heat shock protein 90 with the inositol 1, 4, 5–trisphosphate receptor to dampen its Ca<sup>2+</sup> release activity.** Endocrinology, 150(5), 2190–2196.
- Nichelmann, M., Janke, O., & Tzschentke, B. (2001). **Efficiency of thermoregulation in precocial avian species during the prenatal period.** Journal of Thermal Biology, 26(4–5), 273–280.
- Nicolaidis, N. C., Galata, Z., Kino, T., Chrousos, G. P., & Charmandari, E. (2010). **The human glucocorticoid receptor: molecular basis of biologic function.** Steroids, 75(1), 1–12.
- Nilapwar, S., Williams, E., Fu, C., Prodromou, C., Pearl, L. H., Williams, M. A., & Ladbury, J. E. (2009). **Structural–thermodynamic relationships of interactions in the N–terminal ATP–binding domain of Hsp90.** Journal of molecular biology, 392(4), 923–936.

- Niu, Z. Y., Liu, F. Z., Yan, Q. L., & Li, W. C. (2009). **Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress.** Poultry science, 88(10), 2101–2107.
- Nollen, E. A., & Morimoto, R. I. (2002). **Chaperoning signaling pathways: molecular chaperones as stress-sensing heat shock proteins.** Journal of cell science, 115(14), 2809–2816.
- Nover, L. (1991). **Heat Shock Response.** CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Nowaczewski, S., Kontecka, H., Rosiński, A., Koberling, S., & Koronowski, P. (2010a). **Egg quality of Japanese quail depends on layer age and storage time.** Folia biologica (Kraków), 58(3–4), 201–207.
- Nowaczewski, S.; Witkiewicz, K.; Kontecka, H.; Krystianiak, S. & Rosiński, A. (2010b). **Eggs weight of Japanese quail vs. eggs quality after storage time and hatchability results.** Arch Tierz., 53:720–730.
- Nyblom, H., Berggren, U., Balldin, J., & Olsson, R. (2004). **High AST/ALT ratio may indicate advanced alcoholic liver disease rather than heavy drinking.** Alcohol and alcoholism, 39(4), 336–339.
- Olgun, O. (2015). **The effect of dietary cadmium supplementation on performance, egg quality, tibia biomechanical properties and eggshell and bone mineralisation in laying quails.** animal, 9(8), 1298–1303.
- Ondrušiková, S., Nedomová, Š., Pytel, R., Cwиковá, O., & Kumbár, V. (2018). **Effect of different storage times on Japanese quail egg quality characteristics.** Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences vol. 12, 2018, no. 1, p. 560–565.
- Orhan, C., Akdemir, F. A. T. İ. H., Sahin, N., Tuzcu, M., Komorowski, J. R., Hayirli, A., & Sahin, K. (2012). **Chromium histidinate protects against heat stress by modulating the expression of hepatic nuclear transcription factors in quail.** British poultry science, 53(6), 828–835.
- Ovezmukhammedov, A., Karaev, K. K., & Evgen'ev, M. B. (1988). **Molecular mechanisms of adaptation to hyperthermia in higher organisms. III. Induction of heat-shock proteins in two Leishmania species.** Molekuliarnaia biologiya, 22(6), 1583–1589.
- Özbey, O., Yıldız, N., Aysöndü, M. H., & Özmen, Ö. (2004). **The effects of high temperature on blood serum parameters and the egg productivity characteristics of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*).**
- Padgett, D. A., & Glaser, R. (2003). **How stress influences the immune response.** Trends in immunology, 24(8), 444–448.
- Pamok, S., Aengwanich, W., & Komutrin, T. (2009). **Adaptation to oxidative stress and impact of chronic oxidative stress on immunity in heat-stressed broilers.** Journal of Thermal Biology, 34(7), 353–357.

- Panda, A. K., Ramarao, S. V., Raju, M. V. L. N., & Chatterjee, R. N. (2008). Effect of dietary supplementation with vitamins E and C on production performance, immune responses and antioxidant status of White Leghorn layers under tropical summer conditions. British Poultry Science, 49(5), 592–599.
- Panda, B., & Singh, R. P. (1990). Developments in processing quail meat and eggs. World's Poultry Science Journal, 46(3), 219–234.
- Parsell, D. A., & Lindquist, S. (1993). The function of heat-shock proteins in stress tolerance: degradation and reactivation of damaged proteins. Annual review of genetics, 27(1), 437–496.
- Parsell, D. A., Kowal, A. S., Singer, M. A., & Lindquist, S. (1994). Protein disaggregation mediated by heat-shock protein Hsp104. Nature, 372(6505), 475–478.
- Patra, K., Puspamitra, S., Das, A., Mallik, B. K., & Mohanty, P. K. (2019). Serum biochemical profiling in different varieties of Japanese quail, Coturnix coturnix japonica (Temminck and Schlegel, 1849). Comparative Clinical Pathology, 28(6), 1599–1607.
- Peckett, A. J., Wright, D. C., & Riddell, M. C. (2011). The effects of glucocorticoids on adipose tissue lipid metabolism. Metabolism, 60(11), 1500–1510.
- Peixoto, M. R., Karrow, N. A., & Widowski, T. M. (2020). Effects of prenatal stress and genetics on embryonic survival and offspring growth of laying hens. Poultry science, 99(3), 1618–1627.
- Peraï, A. H., Kermanshahi, H., Moghaddam, H. N., & Zarban, A. (2014). Effects of supplemental vitamin C and chromium on metabolic and hormonal responses, antioxidant status, and tonic immobility reactions of transported broiler chickens. Biological trace element research, 157(3), 224–233.
- Pereira, A. A., da Silva, W. A., de Lima Júnior, D. M., Lima, C. B., Júnior, D. N. G., Lana, G. R. Q., ... & Oliveira, L. P. (2016). Broken rice in feeds for laying Japanese quails. Semina: Ciências Agrárias, 37(4), 2831–2837.
- Perini, F., Cendron, F., Rovelli, G., Castellini, C., Cassandro, M., & Lasagna, E. (2021). Emerging genetic tools to investigate molecular pathways related to heat stress in chickens: A review. Animals, 11(1), 46.
- Picard, D. (2002). Heat-shock protein 90, a chaperone for folding and regulation. Cellular and Molecular Life Sciences CMLS, 59(10), 1640–1648.
- Piestun, Y., Halevy, O., & Yahav, S. (2009). Thermal manipulations of broiler embryos—The effect on thermoregulation and development during embryogenesis. Poultry Science, 88(12), 2677–2688.
- Piestun, Y., Halevy, O., Shinder, D., Ruzal, M., Druyan, S., & Yahav, S. (2011). Thermal manipulations during broiler embryogenesis improves post-hatch performance under hot conditions. Journal of Thermal Biology, 36(7), 469–474.

- Piestun, Y., Shinder, D., Ruzal, M., Halevy, O., Brake, J., & Yahav, S. (2008). **Thermal manipulations during broiler embryogenesis: effect on the acquisition of thermotolerance.** Poultry science, 87(8), 1516–1525.
- Piestun, Y., Zimmerman, I., & Yahav, S. (2015). **Thermal manipulations of turkey embryos: The effect on thermoregulation and development during embryogenesis.** Poultry Science, 94(2), 273–280.
- Podmokła, E., Drobniak, S. M., & Rutkowska, J. (2018). **Chicken or egg? Outcomes of experimental manipulations of maternally transmitted hormones depend on administration method—a meta-analysis.** Biological Reviews, 93(3), 1499–1517.
- Quinteiro-Filho, W. M., Calefi, A. S., Cruz, D. S. G., Aloia, T. P. A., Zager, A., Astolfi-Ferreira, C. S., ... & Palermo-Neto, J. (2017). **Heat stress decreases expression of the cytokines, avian  $\beta$ -defensins 4 and 6 and Toll-like receptor 2 in broiler chickens infected with Salmonella Enteritidis.** Veterinary immunology and immunopathology, 186, 19–28.
- Quinteiro-Filho, W. M., Gomes, A. V. S., Pinheiro, M. L., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Astolfi-Ferreira, C. S., ... & Palermo-Neto, J. (2012a). **Heat stress impairs performance and induces intestinal inflammation in broiler chickens infected with Salmonella Enteritidis.** Avian Pathology, 41(5), 421–427.
- Quinteiro-Filho, W. M., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Pinheiro, M. L., Sakai, M., Sá, L. R. M. D., ... & Palermo-Neto, J. (2010). **Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens.** Poultry science, 89(9), 1905–1914.
- Quinteiro-Filho, W. M., Rodrigues, M. V., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Pinheiro, M. L., Sá, L., ... & Palermo-Neto, J. (2012). **Acute heat stress impairs performance parameters and induces mild intestinal enteritis in broiler chickens: role of acute hypothalamic–pituitary–adrenal axis activation.** Journal of animal science, 90(6), 1986–1994.
- Rafiee, F., Mazhari, M., Ghoreishi, M., & Esmailipour, O. (2016). **Effect of lemon verbena powder and vitamin C on performance and immunity of heat-stressed broilers.** Journal of animal physiology and animal nutrition, 100(5), 807–812.
- Raghebian, M., Sadeghi, A. A., & Aminafshar, M. (2016). **Energy sources and levels influenced on performance parameters, thyroid hormones, and HSP70 gene expression of broiler chickens under heat stress.** Tropical animal health and production, 48(8), 1697–1702.
- Rao, S. R., Prakash, B., Raju, M. V. L. N., Panda, A. K., Kumari, R. K., & Reddy, E. P. K. (2016). **Effect of supplementing organic forms of zinc, selenium and chromium on performance, anti-oxidant and immune responses in broiler chicken reared in tropical summer.** Biological trace element research, 172(2), 511–520.

- Rao, S. R., Raju, M. V. L. N., Panda, A. K., Poonam, N. S., Murthy, O. K., & Sunder, G. S. (2012). **Effect of dietary supplementation of organic chromium on performance, carcass traits, oxidative parameters, and immune responses in commercial broiler chickens.** Biological Trace Element Research, 147(1), 135–141.
- Rehman, Z., Chand, N., & Khan, R. U. (2017). **The effect of vitamin E, L-carnitine, and ginger on production traits, immune response, and antioxidant status in two broiler strains exposed to chronic heat stress.** Environmental Science and Pollution Research, 24(34), 26851–26857.
- Reik, W., Dean, W., & Walter, J. (2001). **Epigenetic reprogramming in mammalian development.** Science, 293(5532), 1089–1093.
- Remage-Healey, L., & Romero, L. M. (2001). **Corticosterone and insulin interact to regulate glucose and triglyceride levels during stress in a bird.** American Journal of Physiology–Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 281(3), R994–R1003.
- Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; de Basilio, V.; Gourdière, J.L. & Collier, R.J. (2012). **Adaptation to tropical climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production.** Animal. 6(5):707–28.
- Rettenbacher, S., Groothuis, T. G., Henriksen, R., & Möstl, E. (2013). **Corticosterone in bird eggs: The importance of analytical validation.** Wien Tierarztl Monatsschr, 100(9–10), 283–90.
- Ricketson, D., Hostick, U., Fang, L., Yamamoto, K. R., & Darimont, B. D. (2007). **A conformational switch in the ligand-binding domain regulates the dependence of the glucocorticoid receptor on Hsp90.** Journal of molecular biology, 368(3), 729–741.
- Rimoldi, S., Lasagna, E., Sarti, F. M., Marelli, S. P., Cozzi, M. C., Bernardini, G., & Terova, G. (2015). **Expression profile of six stress-related genes and productive performances of fast and slow growing broiler strains reared under heat stress conditions.** Meta Gene, 6, 17–25.
- Rippmann, F., Taylor, W. R., Rothbard, J. B., & Green, N. M. (1991). **A hypothetical model for the peptide binding domain of hsp70 based on the peptide binding domain of HLA.** The EMBO Journal, 10(5), 1053–1059.
- Ritchie, M., & Pilny, A. A. (2008). **The anatomy and physiology of the avian endocrine system.** Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice, 11(1), 1–14.
- Roche, B., & Guégan, J. F. (2011). **Ecosystem dynamics, biological diversity and emerging infectious diseases.** Comptes rendus biologies, 334(5–6), 385–392.
- Rozhkova, E., Yurinskaya, M., Zatsepina, O., Garbuz, D., Karpov, V., Surkov, S., ... & Vinokurov, M. (2010). **Exogenous mammalian extracellular HSP70 reduces**

- endotoxin manifestations at the cellular and organism levels.** Annals of the New York Academy of Sciences, 1197(1), 94–107.
- Safdari–Rostamabad, M., Hosseini–Vashan, S. J., Perai, A. H., & Sarir, H. (2017). **Nanoselenium supplementation of heat–stressed broilers: effects on performance, carcass characteristics, blood metabolites, immune response, antioxidant status, and jejunal morphology.** Biological Trace Element Research, 178(1), 105–116.
- Sahin, K., Kucuk, O., Sahin, N., & Sari, M. (2002). **Effects of vitamin C and vitamin E on lipid peroxidation status, serum hormone, metabolite, and mineral concentrations of Japanese quails reared under heat stress (34° C).** International journal for vitamin and nutrition research, 72(2), 91–100.
- Sahin, K., Orhan, C., Tuzcu, M., Ali, S., Sahin, N., & Hayirli, A. (2010). **Epigallocatechin–3–gallate prevents lipid peroxidation and enhances antioxidant defense system via modulating hepatic nuclear transcription factors in heat–stressed quails.** Poultry Science, 89(10), 2251–2258.
- Sahin, N., Onderci, M., Balci, T. A., Cikim, G., Sahin, K., & Kucuk, O. (2007). **The effect of soy isoflavones on egg quality and bone mineralisation during the late laying period of quail.** British poultry science, 48(3), 363–369.
- Sakhatsky, M., Osadcha, Y., & Kuchmistov, V. (2020). **Reaction of the reproductive system of hens to the chronic stressor.** Ukrainian Journal of Ecology, 10(4).
- Samli, H. E., Agha, A., & Senkoğlu, N. (2005). **Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens.** Journal of Applied Poultry Research, 14(3), 548–553.
- Santana, T.P.; Gasparino, E.; Khatlab, A.D.S.; Brito, C.O.; Barbosa, T.L.; Lamont, S.J. & Vesco, A.P.D. (2021). **Scientific Reports.** 11:9809.
- Scanes, C. G. (2009). **Perspectives on the endocrinology of poultry growth and metabolism.** General and comparative endocrinology, 163(1–2), 24–32.
- Scanes, C. G. (2015a). **Pituitary gland.** In **Sturkie's Avian Physiology** (pp. 497–533). Academic Press.
- Scanes, C. G. (2015b). **Protein metabolism.** In **Sturkie's Avian physiology** (pp. 455–467). Academic Press.
- Scanes, C. G. (2015c). **Carbohydrate metabolism.** In **Sturkie's avian physiology** (pp. 421–441). Academic Press.
- Schlesinger, M. J., Ashburner, M., & Tissières, A. (1982). **Heat shock, from bacteria to man.** Cold Spring Harbor Laboratory, New York. p440.
- Schmidt, K. L., Furlonger, A. A., Lapierre, J. M., MacDougall–Shackleton, E. A., & MacDougall–Shackleton, S. A. (2012). **Regulation of the HPA axis is related to**

- song complexity and measures of phenotypic quality in song sparrows.** Hormones and behavior, 61(4), 652–659.
- Scott, T. A., & Silversides, F. G. (2000). **The effect of storage and strain of hen on egg quality.** Poultry science, 79(12), 1725–1729.
- SeifEldin, E. I., Elsaudi, A., Fahmy, K., & Radwan, L. (2021). **The Hsp70 Expression Profiling in Fayoumi and Matrouh Chicken Subjected to Heat Stress.** Arab Universities Journal of Agricultural Sciences, 29(1), 401–408.
- Settle, T., & Klandorf, H. (2014). **The role of uric acid as an antioxidant in selected neurodegenerative disease pathogenesis: a short review.** Brain Disord Ther, 3, 1–5.
- Sharifi, M. R., Khajali, F., & Hassanpour, H. (2016). **Antioxidant supplementation of low-protein diets reduced susceptibility to pulmonary hypertension in broiler chickens raised at high altitude.** Journal of animal physiology and animal nutrition, 100(1), 69–76.
- Sharifi, M., Hassanpour, H., & Khajali, F. (2015). **Dietary L-carnitine supplement counteracts pulmonary hypertensive response in broiler chickens fed reduced-protein diets and subjected to cool condition and hypobaric hypoxia.** The Journal of Poultry Science, 0140205.
- Shinder, D., Ruzal, M., Giloh, M., Druyan, S., Piestun, Y., & Yahav, S. (2011). **Improvement of cold resistance and performance of broilers by acute cold exposure during late embryogenesis.** Poultry science, 90(3), 633–641.
- Siegel, H. S. (1995). **Stress, strains and resistance.** Br. Poult. Sci. 36:3–22.
- Simmons, J. D., Lott, B. D., & May, J. D. (1997). **Heat loss from broiler chickens subjected to various air speeds and ambient temperatures.** Applied Engineering in Agriculture, 13(5), 665–669.
- Singh, H., Sodhi, S., & Kaur, R. (2006). **Effects of dietary supplements of selenium, vitamin E or combinations of the two on antibody responses of broilers.** British Poultry Science, 47(6), 714–719.
- Soleimani, A. F., Zulkifli, I., Omar, A. R., & Raha, A. R. (2012). **The relationship between adrenocortical function and Hsp70 expression in socially isolated Japanese quail.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 161(2), 140–144.
- Song, Z., Liu, L., Sheikhahmadi, A., Jiao, H., & Lin, H. (2012). **Effect of heat exposure on gene expression of feed intake regulatory peptides in laying hens.** Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2012:1–8.
- Sørensen, J. G., Kristensen, T. N., & Loeschcke, V. (2003). **The evolutionary and ecological role of heat shock proteins.** Ecology letters, 6(11), 1025–1037.

- Spencer, K. A., Evans, N. P., & Monaghan, P. (2009). **Postnatal stress in birds: a novel model of glucocorticoid programming of the hypothalamic–pituitary–adrenal axis.** *Endocrinology*, 150(4), 1931–1934.
- Sreedhar, A. S., Kalmár, É., Csermely, P., & Shen, Y. F. (2004). **Hsp90 isoforms: functions, expression and clinical importance.** *FEBS letters*, 562(1–3), 11–15.
- Staib, J. L., Quindry, J. C., French, J. P., Criswell, D. S., & Powers, S. K. (2007). **Increased temperature, not cardiac load, activates heat shock transcription factor 1 and heat shock protein 72 expression in the heart.** *American Journal of Physiology–Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292(1), R432–R439.
- Star, L., Decuyper, E., Parmentier, H. K., & Kemp, B. (2008). **Effect of single or combined climatic and hygienic stress in four layer lines: 2. Endocrine and oxidative stress responses.** *Poultry Science*, 87(6), 1031–1038.
- Starkie, R. L., Hargreaves, M., Rolland, J., & Febbraio, M. A. (2005). **Heat stress, cytokines, and the immune response to exercise.** *Brain, behavior, and immunity*, 19(5), 404–412.
- Steinmann, M., Moosmann, N., Schimmel, M., Gerhardus, C., & Bauer, G. (2004). **Differential role of extra–and intracellular superoxide anions for nitric oxide–mediated apoptosis induction.** *in vivo*, 18(3), 293–310.
- Stolte, E. H., Chadzinska, M., Przybylska, D., Flik, G., Savelkoul, H. F., & Verburg–van Kemenade, B. L. (2009). **The immune response differentially regulates Hsp70 and glucocorticoid receptor expression in vitro and in vivo in common carp (*Cyprinus carpio* L.).** *Fish & shellfish immunology*, 27(1), 9–16.
- Strack, A. M., Sebastian, R. J., Schwartz, M. W., & Dallman, M. F. (1995). **Glucocorticoids and insulin: reciprocal signals for energy balance.** *American Journal of Physiology–Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 268(1), R142–R149.
- Stravopodis, D. J., Margaritis, L. H., & Voutsinas, G. E. (2007). **Drug–mediated targeted disruption of multiple protein activities through functional inhibition of the Hsp90 chaperone complex.** *Current medicinal chemistry*, 14(29), 3122–3138.
- Syafwan, S., Kwakkel, R. P., & Verstegen, M. W. A. (2011). **Heat stress and feeding strategies in meat–type chickens.** *World's Poultry Science Journal*, 67(4), 653–674.
- Taipale, M., Jarosz, D. F., & Lindquist, S. (2010). **HSP90 at the hub of protein homeostasis: emerging mechanistic insights.** *Nature reviews Molecular cell biology*, 11(7), 515–528.
- Tan, G. Y., Yang, L., Fu, Y. Q., Feng, J. H., & Zhang, M. H. (2010). **Effects of different acute high ambient temperatures on function of hepatic mitochondrial**

- respiration, antioxidative enzymes, and oxidative injury in broiler chickens.** Poultry Science, 89(1), 115–122.
- Tang, J., & Chen, Z. (2016). **The protective effect of  $\gamma$ -aminobutyric acid on the development of immune function in chickens under heat stress.** Journal of animal physiology and animal nutrition, 100(4), 768–777.
- Tankson, J. D., Vizzier–Thaxton, Y., Thaxton, J. P., May, J. D., & Cameron, J. A. (2001). **Stress and nutritional quality of broilers.** Poultry Science, 80(9), 1384–1389.
- Te, J., Jia, L., Rogers, J., Miller, A., & Hartson, S. D. (2007). **Novel subunits of the mammalian Hsp90 signal transduction chaperone.** Journal of proteome research, 6(5), 1963–1973.
- Tona, K., Onagbesan, O., Bruggeman, V., Collin, A., Berri, C., Duclos, M. J., ... & Yahav, S. (2008). **Effects of heat conditioning at d 16 to 18 of incubation or during early broiler rearing on embryo physiology, post-hatch growth performance and heat tolerance.** Archiv für Geflügelkunde. Sonderheft, 72(2), 75–83.
- Torki, M., Zangeneh, S., & Habibian, M. (2014). **Performance, egg quality traits, and serum metabolite concentrations of laying hens affected by dietary supplemental chromium picolinate and vitamin C under a heat-stress condition.** Biological trace element research, 157(2), 120–129.
- Totze, U., Hübinger, A., & Bairlein, F. (1997). **A role for pancreatic hormones in the regulation of autumnal fat deposition of the garden warbler (*Sylvia borin*)?** General and comparative endocrinology, 107(2), 166–171.
- Tzschentke, B., & Basta, D. (2002). **Early development of neuronal hypothalamic thermosensitivity in birds: influence of epigenetic temperature adaptation.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 131(4), 825–832.
- Tzschentke, B., & Halle, I. (2009). **Influence of temperature stimulation during the last 4 days of incubation on secondary sex ratio and later performance in male and female broiler chicks.** British Poultry Science, 50(5), 634–640.
- Ullrich, S. J., Moore, S. K., & Appella, E. (1989). **Transcriptional and translational analysis of the murine 84-and 86-kDa heat shock proteins.** Journal of Biological Chemistry, 264(12), 6810–6816.
- Ulmasov, H. A., Karaev, K. K., Lyashko, V. N., & Evgen'ev, M. B. (1993). **Heat-shock response in camel (*Camelus dromedarius*) blood cells and adaptation to hyperthermia. Comparative biochemistry and physiology.** B, Comparative biochemistry, 106(4), 867–872.
- Van Brecht, A., Hens, H., Lemaire, J. L., Aerts, J. M., Degraeve, P., & Berckmans, D. (2005). **Quantification of the heat exchange of chicken eggs.** Poultry science, 84(3), 353–361.

- Varasteh, S., Braber, S., Akbari, P., Garssen, J., & Fink-Gremmels, J. (2015). **Differences in susceptibility to heat stress along the chicken intestine and the protective effects of galacto-oligosaccharides.** PloS one, 10(9), e0138975.
- Vassallo, B. G., Paitz, R. T., Fasanello, V. J., & Haussmann, M. F. (2014). **Glucocorticoid metabolism in the in ovo environment modulates exposure to maternal corticosterone in Japanese quail embryos (*Coturnix japonica*).** Biology letters, 10(11), 20140502.
- Vatsalya, V., & Arora, K. L. (2011). **Association Between Body Weight Growth and Selected Physiological Parameters in Male Japanese Quail (*Coturnix japonica*).** International journal of poultry science, 10(9), 680–684.
- Vincent, J. B. (2000). **The biochemistry of chromium.** The Journal of nutrition, 130(4), 715–718.
- Vinokurov, M., Ostrov, V., Yurinskaya, M., Garbuz, D., Murashev, A., Antonova, O., & Evgen'ev, M. (2012). **Recombinant human Hsp70 protects against lipoteichoic acid-induced inflammation manifestations at the cellular and organismal levels.** Cell Stress and Chaperones, 17(1), 89–101.
- Vitorino Carvalho, A., Hennequet-Antier, C., Crochet, S., Bordeau, T., Couroussé, N., Cailleau-Audouin, E., ... & Coustham, V. (2020). **Embryonic thermal manipulation has short and long-term effects on the development and the physiology of the Japanese quail.** PloS one, 15(1), e0227700.
- Walker, D. J., Zimmer, C., Larriva, M., Healy, S. D., & Spencer, K. A. (2019). **Early-life adversity programs long-term cytokine and microglia expression within the HPA axis in female Japanese quail.** Journal of Experimental Biology, 222(6), jeb187039.
- Walter, S., & Buchner, J. (2002). **Molecular chaperones—cellular machines for protein folding.** Angewandte Chemie International Edition, 41(7), 1098–1113.
- Wan, X., Jiang, L., Zhong, H., Lu, Y., Zhang, L., & Wang, T. (2017a). **Effects of enzymatically treated *Artemisia annua* L. on growth performance and some blood parameters of broilers exposed to heat stress.** Animal Science Journal, 88(8), 1239–1246.
- Wan, X., Zhang, J., He, J., Bai, K., Zhang, L., & Wang, T. (2017b). **Dietary enzymatically treated *Artemisia annua* L. supplementation alleviates liver oxidative injury of broilers reared under high ambient temperature.** International journal of biometeorology, 61(9), 1629–1636.
- Wang, S. H., Cheng, C. Y., Tang, P. C., Chen, C. F., Chen, H. H., Lee, Y. P., & Huang, S. Y. (2015). **Acute heat stress induces differential gene expressions in the testes of a broiler-type strain of Taiwan country chickens.** PLoS One, 10(5), e0125816.

- Wang, S. H., Cheng, C. Y., Tang, P. C., Chen, C. F., Chen, H. H., Lee, Y. P., & Huang, S. Y. (2013). Differential gene expressions in testes of L2 strain Taiwan country chicken in response to acute heat stress. Theriogenology, 79(2), 374–382.
- Wang, S. H., Cheng, C. Y., Tang, P. C., Chen, C. F., Chen, H. H., Lee, Y. P., & Huang, S. Y. (2015). Acute heat stress induces differential gene expressions in the testes of a broiler-type strain of Taiwan country chickens. PLoS One, 10(5), e0125816.
- Wang, S., Bottje, W. G., Kinzler, S., Neldon, H. L., & Koike, T. I. (1989). Effect of heat stress on plasma levels of arginine vasotocin and mesotocin in domestic fowl (*Gallus domesticus*). Comparative biochemistry and physiology. A, Comparative physiology, 93(4), 721–724.
- Wang, W. C., Yan, F. F., Hu, J. Y., Amen, O. A., & Cheng, H. W. (2018). Supplementation of *Bacillus subtilis*-based probiotic reduces heat stress-related behaviors and inflammatory response in broiler chickens. Journal of animal science, 96(5), 1654–1666.
- Watford, M. (2005). Is the small intestine a gluconeogenic organ? Nutrition reviews, 63(10), 356–360.
- Wegele, H., Müller, L., & Buchner, J. (2004). Hsp70 and Hsp90—a relay team for protein folding. Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology, 1–44.
- Whitesell, L., & Lindquist, S. L. (2005). HSP90 and the chaperoning of cancer. Nature Reviews Cancer, 5(10), 761–772.
- Wilkanowska, A., & Kokoszyński, D. (2012). Layer age and quality of pharaoh quail eggs. Journal of Central European Agriculture, vol. 13, no. 1, p. 10–21.
- Willemsen, H., Kamers, B., Dahlke, F., Han, H., Song, Z., Pirsaraei, Z. A., ... & Everaert, N. (2010). High-and low-temperature manipulation during late incubation: effects on embryonic development, the hatching process, and metabolism in broilers. Poultry Science, 89(12), 2678–2690.
- Williams, G. R., & Duncan Bassett, J. H. (2011). Local control of thyroid hormone action: role of type 2 deiodinase. Journal of endocrinology, 209(3), 261–272.
- Williams, T. D., & Groothuis, T. G. G. (2015). Egg quality, embryonic development, and post-hatching phenotype: an integrated perspective. Nests, eggs, and incubation: new ideas about avian reproduction, 113–126.
- Wood, Z. A., Poole, L. B., & Karplus, P. A. (2003). Peroxiredoxin evolution and the regulation of hydrogen peroxide signaling. Science, 300(5619), 650–653.
- Xie, J., Tang, L., Lu, L., Zhang, L., Lin, X., Liu, H. C., ... & Luo, X. (2015). Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders. Poultry Science, 94(7), 1635–1644.
- Xie, J., Tang, L., Lu, L., Zhang, L., Xi, L., Liu, H. C., ... & Luo, X. (2014). Differential expression of heat shock transcription factors and heat shock proteins after

- acute and chronic heat stress in laying chickens (*Gallus gallus*)**. PloS one, 9(7), e102204.
- Xu, D., & Tian, Y. (2015). **Selenium and polysaccharides of atractylodes macrocephala koidz play different roles in improving the immune response induced by heat stress in chickens**. Biological trace element research, 168(1), 235–241.
- Xu, D., Li, W., Huang, Y., He, J., & Tian, Y. (2014). **The effect of selenium and polysaccharide of Atractylodes macrocephala Koidz. (PAMK) on immune response in chicken spleen under heat stress**. Biological Trace Element Research, 160(2), 232–237.
- Yahav, S., Collin, A., Shinder, D., & Picard, M. (2004a). **Thermal manipulations during broiler chick embryogenesis: effects of timing and temperature**. Poultry Science, 83(12), 1959–1963.
- Yahav, S., Rath, R. S., & Shinder, D. (2004b). **The effect of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chicks (*Gallus domesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch**. Journal of Thermal Biology, 29(4–5), 245–250.
- Yalcin, S., & Siegel, P. B. (2003). **Exposure to cold or heat during incubation on developmental stability of broiler embryos**. Poultry science, 82(9), 1388–1392.
- Yalçin, S., Özkan, S., Cabuk, M., & Buyse, J. (2005). **Pre-and postnatal conditioning induced thermotolerance on body weight, physiological responses and relative asymmetry of broilers originating from young and old breeder flocks**. Poultry Science, 84(6), 967–976.
- Yang, Y., Sharma, R., Sharma, A., Awasthi, S., & Awasthi, Y. C. (2003). **Lipid peroxidation and cell cycle signaling: 4-hydroxynonenal, a key molecule in stress mediated signaling**. Acta Biochimica Polonica, 50(2), 319–336.
- Young, J. C. (2010). **Mechanisms of the Hsp70 chaperone system**. Biochemistry and Cell Biology, 88(2), 291–300.
- Yu, J. (2009). **The mechanism of heat shock protein expressions and tissue damage in heat stressed broilers [dissertation]**. Naquin (CHN): Nanjing Agricultural University, .133
- Yu, J., & Bao, E. (2008). **Effect of acute heat stress on heat shock protein 70 and its corresponding mRNA expression in the heart, liver, and kidney of broilers**. Asian–Australasian Journal of Animal Sciences, 21(8), 1116–1126.
- Yu, J., Bao, E., Yan, J., & Lei, L. (2008). **Expression and localization of Hsps in the heart and blood vessel of heat-stressed broilers**. Cell Stress and Chaperones, 13(3), 327–335.
- Zaboli, G. R., Rahimi, S., Shariatmadari, F., Torshizi, M. A. K., Baghbanzadeh, A., & Mehri, M. (2017). **Thermal manipulation during Pre and Post-Hatch on thermotolerance**

- of male broiler chickens exposed to chronic heat stress.** Poultry science, 96(2), 478–485.
- Zeweil, H. S., Eid, Y. Z., Zahran, S., Dosoky, W., Abu hafs, S. H., & Girges, A. (2016). **Effect of different levels of Aspergillus awamori as probiotic on the production and egg quality of laying Japanese quail under summer conditions.** Egyptian Poultry Science Journal, vol. 36, no. 1, p. 53–65.
- Zhang, C., Zhao, X., Wang, L., Yang, L., Chen, X., & Geng, Z. (2017). **Resveratrol beneficially affects meat quality of heat-stressed broilers which is associated with changes in muscle antioxidant status.** Animal Science Journal, 88(10), 1569–1574.
- Zhang, Z. Y., Jia, G. Q., Zuo, J. J., Zhang, Y., Lei, J., Ren, L., & Feng, D. Y. (2012). **Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat.** Poultry science, 91(11), 2931–2937.
- Zhao, Q. L., Fujiwara, Y., & Kondo, T. (2006). **Mechanism of cell death induction by nitroxide and hyperthermia.** Free Radical Biology and Medicine, 40(7), 1131–1143.
- Zhen, F. S., Du, H. L., Xu, H. P., Luo, Q. B., & Zhang, X. Q. (2006). **Tissue and allele-specific expression of hsp70 gene in chickens: basal and heat-stress-induced mRNA level quantified with real-time reverse transcriptase polymerase chain reaction.** British poultry science, 47(4), 449–455.
- Zhu, W., Jiang, W., & Wu, L. Y. (2014). **Dietary L-arginine supplement alleviates hepatic heat stress and improves feed conversion ratio of Pekin ducks exposed to high environmental temperature.** Journal of animal physiology and animal nutrition, 98(6), 1124–1131.
- Zhu, Y. W., Li, W. X., Lu, L., Zhang, L. Y., Ji, C., Lin, X., ... & Luo, X. G. (2017). **Impact of maternal heat stress in conjunction with dietary zinc supplementation on hatchability, embryonic development, and growth performance in offspring broilers.** Poultry Science, 96(7), 2351–2359.
- Zimmer, C., & Spencer, K. A. (2014). **Modifications of glucocorticoid receptors mRNA expression in the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in response to early-life stress in female Japanese quail.** Journal of Neuroendocrinology, 26(12), 853–860.
- Zimmer, C., & Spencer, K. A. (2015). **Reduced resistance to oxidative stress during reproduction as a cost of early-life stress.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 183, 9–13.
- Zimmer, C., Boogert, N. J., & Spencer, K. A. (2013). **Developmental programming: cumulative effects of increased pre-hatching corticosterone levels and post-hatching unpredictable food availability on physiology and behaviour in adulthood.** Hormones and behavior, 64(3), 494–500.

- Zimmer, C., Larriva, M., Boogert, N. J., & Spencer, K. A. (2017). **Transgenerational transmission of a stress-coping phenotype programmed by early-life stress in the Japanese quail.** Scientific reports, 7(1), 1–19.
- Zorab, H. K., & Salih, K. A. (2021). **Development of the wing bones in quail's embryo; Coturnix japonica.** Iraqi Journal of Veterinary Sciences, 35(1), 129–137.
- Zulkifi, I., Liew, P. K., Israf, D. A., Omar, A. R., & Hair-Bejo, M. (2003). **Effect of early age feed restriction and thermal conditioning on heterophil/lymphocyte ratio, heat shock 70 and body temperature of male broiler chickens subjected to acute heat stress.** J Therm Biol, 28, 217–222.
- Zulkifli, I., Al-Aqil, A., Omar, A. R., Sazili, A. Q., & Rajion, M. A. (2009). **Crating and heat stress influence blood parameters and heat shock protein 70 expression in broiler chickens showing short or long tonic immobility reactions.** Poultry Science, 88(3), 471–476.
- Zulkifli, I., Norma, M. C., Israf, D. A., & Omar, A. R. (2002). **The effect of early-age food restriction on heat shock protein 70 response in heat-stressed female broiler chickens.** British Poultry Science, 43(1), 141–145.
- Zuo, J., Xu, M., Abdullahi, Y. A., Ma, L., Zhang, Z., & Feng, D. (2015). **Constant heat stress reduces skeletal muscle protein deposition in broilers.** Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(2), 429–436.

## **Abstract**

This study aimed to evaluate the thermal manipulation programs during different periods of embryonic development, and the influence of thermal manipulation on physiological responses and gene expression of heat shock proteins that express the response to heat stress, and to study the possibility of transmission the tolerance for high temperature to the second generation. 200 eggs were divided into four equal groups. Eggs of the first group (control) were incubated under the standard terms for incubation of quail eggs, and the eggs of other groups were incubated under 41° C for three hours in three consecutive days of different periods of embryonic development (early, late, and dual period). The birds subjected to heat stress program by exposing them to 41°C for 3 hours when they reached the sexual maturity, blood and tissue samples were collected to study the required indicators. Eggs were collected from birds and incubated under standard conditions and reared the birds to the maturity, then the heat stress program was re-applied to second generation birds with sample collection for study.

The results showed up decrease on the egg, albumen and yolk weight after storage for 4 weeks in each group, without performed the early and late groups significantly ( $p < 0.05$ ) than the control group for egg weight and albumen, yolk Indications after storage. Haugh units that related to fresh egg were better significantly in early and late groups than the control. Therefore, we can say that the eggs which are manipulated thermally during the early and late embryonic development show results better than eggs control after storage, hence the thermal manipulation during the embryonic development improve the egg quality and probability for storage.

There was significant decrease ( $p < 0.05$ ) of hatching indicators of the early and late thermal manipulation groups of the eggs that produced first-generation birds comparing with control group by 17.78% and 89.36% respectively for the hatch ratio, and by 24% and 88% respectively for the hatch ratio for breeding ratio, and by 1.66 gram for first-day weight of chick under early thermal manipulation program. There was no significant when compare early-late thermal manipulation group to control. The first-day weight of chick in late thermal manipulation group was heavier

significantly than the standard group by 2.02 gram. There was no significant for other hatchability indicators under the thermal manipulation programs on eggs that formed second-generation birds.

The late embryonic development thermal manipulation group produced superior significantly ( $p < 0.05$ ) to the control group in all the indications that have been studied. The early and early-late embryonic development thermal manipulation groups were better significant ( $p < 0.05$ ) than the control group in most indications.

The second-generation birds have superiority significant ( $p < 0.05$ ) for corticosterone concentration over the birds of first generation, the same was for the biochemical indicators. The early and late manipulation groups showed superior indicators over the rest of groups. These indicators mean improved the tolerance for high temperatures.

The gene expression of heat stress proteins HSP70 and HSP90 was better in the second generation compared to the first one, and the higher gene expression values in all tissues (liver - kidney - hypothalamus) confirm that the improvement of the birds' ability to resist heat stress and the transfer of this trait to the second generation.

It can say that the thermal manipulation programs during the embryonic development improved the birds performance and their ability to resist heat stress, also this ability showed in second generation birds, especially for the early and late heat manipulation groups.

**Key words:** quail – egg quail – embryonic development – thermal manipulation – corticosterone – HSP70 – HSP90.

**Syrian Arab Republic  
Damascus University  
Faculty of Agriculture  
Dep. Of Animal Production**



**Effect of Thermal Manipulation During Embryonic  
Development on Some Physiological Responses and  
Expression of Some Stress Genes of Quail**

**A dissertation submitted in fulfillment of the requirements for the  
degree of Ph.D. in Agricultural engineering  
(Animal Production – Animal physiology)**

**By**

**Eiad Reiad Ali-Deeb**

**Supervisors**

**Main Supervisor  
Prof. Ibrahim Mohrah  
Faculty of Agriculture  
Dep. Of Animal Production**

**Assistant Supervisor  
Dr. Chadi Soukkarieh  
Faculty of Science  
Dep. Of Animal Biology**

**2022**