مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 39 العدد 2 (2023): 1- 24

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 39 No.2 (2023): 1 - 24

علاقة الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة الصفراء المحلية بالخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص

علاء عبد الله[1]، أ.د. محمد خير طحلة[2]، د. جهاد سمعان[3]

[1] **طالب دكتوراه في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.**

[2] **أستاذ في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق،**

[3] **أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.**

الملخص:

أُجريت هذه الدراسة في مخابر قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق بهدف تحديد العلاقة بين الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة الصفراء وخصائص الجودة للنشاء المستخلص. تمَّ اختيار صنفين من الذرة الصفراء المزروعين في منطقتين مختلفتين، وثمَّ قُيمت الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب والنشاء المستخلص منها حسب الطرائق المعتمدة في AACC. بينت هذه الدراسة أهمية الخصائص الفيزيوكيميائية المختلفة لحبوب الذرة مع وجود فروق معنوية بين أصناف الذرة الصفراء المدروسة ضمن الموقعين المحددين لجميع المؤشرات المدروسة، وكانت العوامل البيئية، متمثلة في موقع الزراعة، مسؤولة عن النسب الأكبر من التأثير في جميع مؤشرات الجودة للحبوب، وبلغت نسبة تأثيرها في كل من الوزن النوعي، وزن الألف حبة، الرطوبة، الرماد والبروتين (83.01، 75.17، 87.95، 53.25 و71.21%) على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، أكدت الدراسة أن الخصائص الفيزيوكيميائية المختلفة لحبوب الذرة مسؤولة مباشرةً عن التغيرات في مؤشرات جودة النشاء المستخلص. من جهة أخرى، بينت دراسة معاملات الارتباط بين المتغيرات المدروسة للحبوب والنشاء المستخلص أن الاختلافات في الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب وعلاقتها مع بعضها البعض، ومع الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص تشكل علاقة معقدة وتحتوي جملة من المتغيرات التي يتفاوت تأثير كل منها سلباً أو إيجاباً على المتغير الآخر، إلا أنه من المؤكد أنها جميعها تشكل منظومة متكاملة لا يمكن فصل أحدها عن الآخر عند دراسة الجزء الأكثر قيمة بالنسبة للطحن الرطب للذرة، وهي النسبة المئوية للنشاء المستخلص.

الكلمات المفتاحية: الذرة، النشاء، الخصائص الفيزيوكيميائية، الطحن الرطب.

تاريخ الايداع:2021/10/13
تاريخ القبول: 2021/11/15

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

The relationship of the physicochemical properties of local maize grains with the physicochemical properties of the extracted starch

A. Abdullah[1], Pro. M. K. Tohla[2], Dr. J. Samaan[3]
[1] Ph.D. Candidate, Food Science Department, Agriculture Faculty, Damascus University.
[2] Prof, Food Science Department, Agriculture Faculty, Damascus University.
[3] Prof Assistant, Food Science Department, Agriculture Faculty, Damascus University

Received: 13/10/2021
Accepted: 15/11/2021

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

This study was conducted at the laboratories of the Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University, with the aim of determining the relationship between the physicochemical properties of maize kernels and the quality characteristics of the extracted starch. Two maize cultivars grown in two different regions were selected, and then the physicochemical properties of the grains and the extracted starch were evaluated according to the approved methods of AACC. This study showed the importance of the different physicochemical properties of maize grains with significant differences between the two studied cultivars within the two specified sites for all the studied indicators. The environmental factors, represented by the planting location, were responsible for the largest percentages of the effect on all quality indicators of the grains, and their effect was on the test weight, one thousand kernel weight, moisture, ash and protein (83.01, 75.17, 87.95, 53.25 and 71.21%) respectively. In addition, the study confirmed that the different physicochemical properties of maize kernels were directly responsible for the changes in the quality indicators of the extracted starch. On the other hand, the study of the correlation coefficients between the studied variables of the grains and the extracted starch showed that the differences in the physicochemical properties of the grains and their relationship with each other, and with the physicochemical properties of the extracted starch, constituted a complex relationship and contained a number of variables whose effect varied, negatively or positively, on the other variable. However, it was certain that they all form an integrated system that could not be separated from one another when studying the most valuable part for the wet milling of maize, which was the percentage of extracted starch.

Keywords: Maize, starch, physicochemical properties, wet milling.

المقدمة والدراسة المرجعية:

تزرع الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم بسبب استخداماتها العديدة كغذاء للإنسان، كما أنها أحد المكونات الأساسية المستخدمة في تصنيع الأعلاف لقطاعات الدواجن والماشية (Mutungi *et al.*, 2019, 2). في عام 2019، بلغ إنتاج الذرة العالمي 1148 مليون طن، حيث ارتفع إنتاج الذرة العالمي من 265 مليون طن في عام 1970 إلى 1148 مليون طن في عام 2019 بمعدل نمو سنوي متوسط قدره 3.41% (FAO, 2021).

تلعب الحبوب دوراً مهماً في تلبية الاحتياجات الغذائية للسكان، ويتم تحديد جودة منتجات الحبوب من خلال مجموعة متنوعة من الخصائص التي يمكن أن تبدي أهمية مختلفة اعتماداً على الاستخدام النهائي المطلوب أو نوع المنتج (Yasothai, 2020, 207). يتم تحديد جودة الحبوب من خلال عدة عوامل مثل، العوامل الفيزيوكيميائية (محتوى الرطوبة، الكثافة الظاهرية، حجم الحبة، صلابة الحبة، درجة البلورية، كثافة الحبة والحبوب التالفة)، العوامل الصحية (العدوى الفطرية، السموم الفطرية، الحشرات والعث وشظاياها، المواد الغريبة، الرائحة والغبار) والعوامل الداخلية (مردود الطحن، محتوى الزيت، محتوى البروتين ومحتوى النشاء)، وتتأثر خصائص الجودة للحبوب بصفاتها الوراثية، فترة النمو، توقيت الحصاد، معاملات الحبوب، نظام التجفيف، ممارسات إدارة التخزين وإجراءات النقل (Befikadu, 2014, 252).

تعتمد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للنشاء على تفاعل العديد من العوامل، بما في ذلك حجم الحبيبات ونسبة الأميلوز إلى الأميلوبكتين وتنظيم سلاسل البوليميرات داخل الحبيبات؛ والمكونات الثانوية الأخرى مثل مجموعات الدهون والفوسفات (Thakur *et al.*, 2019, 1083). بالإضافة إلى ذلك، فإن الظروف الفيزيائية أو الكيميائية أو الأنزيمية المستخدمة أثناء معالجة الغذاء تعدل التنظيم الأصلي لحبيبات النشاء ومكوناتها (Singh *et al.*, 2007, 6). نتيجة لذلك، يتم تعديل الخصائص الوظيفية التي يوفرها النشاء للغذاء، وتعتمد هذه الوظيفة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية (الذوبان، اللزوجة والمرنة، ثبات حبيبات النشاء لاستمرار الحرارة والارتداد) الناتجة عن تفاعل حبيبات النشاء مع الماء تحت التأثير الرئيسي لمتغير درجة الحرارة–الزمن (Toro-Vazquez and Gómez-Aldapa, 2001, 548)، وترتبط معظم هذه الخصائص الوظيفية بخصائص القوام التي يوفرها النشاء لأنظمة الغذاء (Goksenh and Ekiz, 2019, 7). على وجه الخصوص للذرة، هناك مجموعة متنوعة من درجات حرارة الانصهار وخصائص اللزوجة والمرنة، بالإضافة إلى النطاق الواسع لنسب الأميلوز إلى الأميلوبكتين بين الأنماط الجينية المختلفة للذرة (Aini and Hariyadi, 2010, 965). نادراً ما يتم استخدام النشاء بشكله السليم الأصلي في الصناعة، حيث معظم النشويات الأصلية محدودة في تطبيقاتها المباشرة، لأنها غير مستقرة فيما يتعلق بالتغيرات في درجة الحرارة ودرجة الحموضة (Berski *et al.*, 2011, 669)، بالإضافة إلى ذلك، فإن حبيبات النشاء غير قابلة للذوبان في الماء في درجة حرارة الغرفة، وتبدي بالتالي مقاومة عالية للتحلل المائي الحمضي أو الأنزيمي، ولذلك تفتقر إلى الخصائص الوظيفية (Alcázar-Alay and Meireles, 2015, 231). غالباً ما يتم تعديل النشويات الأصلية لتطوير خصائص معينة مثل قابلية الذوبان وخصائص تشكيل العجينة (Pasting Properties) أوتغيير البنية الهيكلية للحبيبات النشوية لتتوافق مع درجات حرارة التسخين المستخدمة في العمليات الصناعية المختلفة (Sweedman *et al.*, 2013, 918). قد ينطوي تعديل النشاء الأصلي على تغيير في الشكل الفيزيائي و/أو إدخال مجموعات كيميائية، وبشكل عام، هناك أربع طرائق لتعديل النشاء، وهي التعديل الكيميائي، الفيزيائي، الأنزيمي والوراثي (Neelam *et al.*, 2012, 30)، من بينها،

يعد التعديل الفيزيائي غير سام، منخفض التكلفة وموفر للطاقة، ويصنف النشاء فيها كنشاء نظيف (Bemiller and Huber, 2015, 38).

على الرغم من استخدام تقانة الطحن الرطب للذرة لسنوات لإنتاج المنتجات الغذائية والأعلاف الحيوانية، إلا أن البحث في هذا المجال لا يزال مستمراً لجعل العملية أكثر فاعلية (Gwirtz and Garcia-Casal, 2014, 72). أظهرت الدراسات أنه يمكن تقليل وقت النقع من 40 ساعة إلى 6–8 ساعات إذا تمت إضافة إنزيمات مثل البروتياز وتعديل عملية الطحن إلى إجراء من مرحلتين، حيث تلغي هذه العملية الحاجة إلى ثاني أكسيد الكبريت، وكان المردود مكافئاً للعملية التقليدية (Johnston and Singh, 2011, 406). في دراسة مماثلة، تبين أن إضافة أنزيم تحلل حمض الفيتيك قلل من وقت النقع، ويوجد حمض الفيتيك في الذرة والذي ينتهي بشكل كبير في سائل الذرة، حيث يمكن أن تؤدي إضافة الأنزيمات المفككة لحمض الفيتيك مع السيللوز إلى تقليل وقت النقع (Ramírez *et al.*, 2009, 8). تم اختبار تأثير التجفيف في المردود النهائي للطحن الرطب للذرة، ووجد أن تقليل المحتوى الرطوبي الأولي للذرة وزيادة درجة حرارة هواء التجفيف أدى إلى انخفاض المردود، وذلك لأن المحتوى المائي المنخفض جعل فصل البروتين والنشاء أمراً صعباً (Malumba *et al.*, 2012, 255).

بدء الأهتمام مؤخراً في البحث عن بدائل صحية للسكروز يمكن استخدامها في مجال تصنيع الأغذية لما للسكروز من تأثيرات ضارة بما يتعلق بموضوع السمنة ومرض السكري، بالإضافة إلى ارتفاع تكلفة تصنيع أو استيراد السكر، ويعد النشاء ومنتجاته المختلفة أحد أهم هذه البدائل. ونظراً لندرة الأبحاث المحلية المتعلقة بالاستفادة من محصول الذرة الصفراء في سورية في مجال استخلاص النشاء وتعديل خصائصه الكيميائية والفيزيائية وتحويله إلى منتجات يمكن تطبيقها في الصناعات الغذائية كبديل عن سكر السكروز، لذلك تعد محاولة دراسة نشاء الذرة الصفراء المحلية، بدءً من الحبوب وانتهاءً بالمنتج، ضرورةً ملحةً، ومن هنا كان هذا البحث، وهو جزء من مجموعة أبحاث تتعلق بتكنولوجيا نشاء الذرة الصفراء المحلية، والذي هدف إلى:

1. تحديد تأثير العوامل الوراثية والعوامل البيئية والتفاعل المتبادل بينهما في الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة الصفراء.
2. تقييم خصائص الجودة للنشاء المستخلص من أصناف الذرة المدروسة.
3. تحديد العلاقة بين الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة الصفراء وخصائص الجودة للنشاء المستخلص.

مواد البحث وطرائقه:

1- مواد البحث:

تم اختيار صنفين من الذرة الصفراء المحلية (*Zea mays*) غوطة1 وغوطة82، والمزروعة في منطقتين مخلفتين في ريف اللاذقية وسهل الغاب. تمَّ غربلة الحبوب باستخدام منخل مستدير الثقوب قطره 4.76 مم (64/12 بوصة) لإزالة المواد الغريبة وحبوب الذرة المكسورة.

2- الاختبارات الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة:

1- اختبار الوزن النوعي: AACC رقم 10–55 (AACC, 2000).

2- وزن الألف حبة: حسب (Samaan, 2007).

3- النسبة المئوية للرطوبة: AACC رقم A15–44 (AACC, 2000).

4- النسبة المئوية للرماد: AACC رقم 01–08 (AACC, 2000).

5- النسبة المئوية للبروتين: AACC رقم 10-46 (AACC, 2000).

3- استخلاص النشاء:

تمَّ استخلاص النشاء من حبوب عينات الذرة باستخدام تقنية الطحن الرطب، وهي عملية تقسيم حبات الذرة إلى الأجزاء المكونة لها (الزيت، البروتين، النشاء والألياف)، حيث أُستخدم الماء وسلسلة من الخطوات لفصل الأجزاء المراد استخدامها لمختلف المنتجات، وذلك تبعاً للطريقة الموصوفة في(Eckhoff *et al.*, 1996, 56).

4- الاختبارات الفيزيوكيميائية للنشاء:

1- النسبة المئوية للرطوبة: AACC رقم 44-A15 (AACC, 2000).

2- النسبة المئوية للرماد: AACC رقم 01-08 (AACC, 2000).

3- النسبة المئوية للبروتين: رقم 10-46 (AACC, 2000).

4- درجة اللون: باستخدام جهاز Satake Colour Grader PCGA Series 4.

5- النسبة المئوية للبيدات: AACC رقم 25-30 (AACC, 2000).

6- تقدير الألياف الكلية: AACC رقم 45-32 (AACC, 2000).

7- تقدير النشاء: حُسبت النسبة المئوية للنشاء في العينات حسب (Fazary and Younis, 2015, 82) من الفرق 100- (رطوبة+دسم+بروتين+رماد+ألياف).

5- التحليل الإحصائي:

أجريت جميع الاختبارات بثلاثة مكررات وسجلت النتائج كمتوسطات ± الانحراف المعياري. أجري اختبار تحليل التباين ANOVA كتجربة عاملية بتصميم قطع منشقة، ثم تبع باختبار Tukey لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة ($p \leq 0.05$) باستخدام البرنامج الاحصائي Minitab 14.

النتائج والمناقشة:

1- تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب أصناف الذرة المدروسة:

تعتبر دراسة خصائص جودة حبوب الذرة أمراً ذو أهمية كبرى بالنسبة لصناعة الطحن الرطب، كون الهدف الرئيسي من عملية الطحن هذه هو إنتاج النشاء بمردود وخصائص جودة (خصائص فيزيوكيميائية) عالية. ووفقاً لهذا المعيار، يعتبر تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية المختلفة لحبوب الذرة (محتوى الحبوب من البروتين، الزيت الخام، النشاء، الرماد، وزن الألف حبة، الوزن النوعي، القساوة، اللون، وغيرها) أمراً على درجة عالية من الأهمية، نظراً لكون هذه الخصائص ليست مجرد مؤشرات مستقلة عن بعضها، وإنما تشكل منظومة من المتغيرات يرتبط كل منها بالآخر، كما أنها تتأثر بعدة عوامل بما في ذلك العامل الوراثي، وبيئة النمو، وظروف المعالجة والتخزين بعد الحصاد (Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11755). كما أنه يمكن استخدامها ضمن صيغ ونماذج إحصائية معينة تهدف للتنبؤ بإنتاجية الحبوب من النشاء، والتي تعتمد بشكل كبير على الخصائص الفيزيائية للحبوب وتركيبها الكيميائي، التي يمكن أن يكون تقييمها مفيداً في انتقاء هجين (صنف) الذرة المناسب للطحن الرطب (Rausch and Eckhoff, 2016, 471).

أظهرت النتائج في الجدول (1) وجود فروق معنوية بين أصناف الذرة الصفراء المدروسة ضمن الموقعين المحددين لجميع المؤشرات المدروسة، فقد ارتفعت قيم الوزن النوعي معنوياً لأصناف حبوب الذرة الصفراء المزروعة في ريف اللاذقية من (79.62 و80.46 كغ/هل) إلى (82.71 و84.20 كغ/هل) للأصناف المزروعة في سهل الغاب وذلك للصنفين (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، ويمكن أن تعزى هذه النتائج إلى تركيز الاهتمام بالعمليات الزراعية لتحسين مردود محصول الحبوب (زيادة استخدام الأسمدة)، وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Butts-Wilmsmeyer *et al.*, 2017, 8317) الذي بين أن الوزن النوعي لحبوب الذرة سيختلف حتى ضمن الصنف الواحد عند اختلاف المعاملات الزراعية. ويعتبر الوزن النوعي من أهم خصائص الجودة وهو ذو فائدة كبرى في تحديد درجات (Grades) الذرة وأسعار البيع، وهو مفيد في تكوين فكرة مبدئية عن درجة امتلاء الحبوب ومردود النشاء الذي يمكن الحصول عليه عند الطحن، وسلامة الحبوب من الإصابات الحشرية، وهو ينخفض مع زيادة حجم الحبوب وزيادة محتواها من الرطوبة (Lee *et al.*, 2007, 10758). وهو مؤشر يعبر بشكل غير مباشر عن الحصة النسبية للإندوسبرم القرني إلى الإندوسبرم النشوي، وبعبارة أخرى فإن الحبوب ذات قيم الوزن النوعي الأدنى تمتلك نسبة أكبر من الإندوسبرم النشوي (Correa *et al.*, 2002, 3009; Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11757)، وقد بين (Taboada-Gaytan *et al.*, 2010a, 489) أن فصل النشاء من الإندوسبرم الدقيقي أكثر سهولة من الإندوسبرم القرني.

وعند الحديث عن مؤشرات الجودة لحبوب الذرة، لابد من الإشارة إلى وزن الألف حبة، الذي يعتبر من مؤشرات الجودة المبدئية أيضاً والمكملة لمؤشر الوزن النوعي، وهو من العوامل الهامة المؤثرة في كفاءة عملية الطحن الرطب ومردود النشاء (Singh *et al.*, 2001, 331; Zoltán and Pál, 2007, 41). وقد بينت النتائج انخفاضاً معنوياً في وزن الألف حبة لأصناف حبوب الذرة الصفراء المزروعة في ريف اللاذقية من (431 و422غ) إلى (403 و374غ) للأصناف المزروعة في سهل الغاب للصنفين (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، وهذه النتائج كانت متوافقة مع ما توصل إليه (Lee *et al.*, 2007, 10755; Butts-Wilmsmeyer *et al.*, 2017, 8316)، الذين بينوا أن حبوب الذرة ذات الوزن النوعي الأدنى تبدي وزن ألف حبة أكبر (حبوب ذات حجم أكبر)، ويمكن أن تعزى هذه التباينات في الخصائص الفيزيائية إلى عوامل قابلة أو غير قابلة للقياس وتتضمن الظروف البيئية، العمليات الزراعية، العوامل الوراثية، ظروف النمو، ومعاملات ما بعد الحصاد (Lee *et al.*, 2007, 10759; Uriarte-Aceves *et al.*, 2015, 493). وترتبط الخصائص الفيزيائية لحبوب الذرة مباشرةً بالمحتوى الرطوبي للحبوب، حيث ينخفض الوزن النوعي ويزداد وزن الألف حبة بزيادة المحتوى الرطوبي للحبوب، كما تتأثر معظم خصائص جودة الحبوب (وزن وحجم الحبة، وكثافتها) والتركيب الكيميائي بمحتوى الرطوبة، لذلك يعتبر التحديد الدقيق لمحتوى الرطوبة مهماً من حيث الجوانب الاقتصادية والنوعية والتحليلية (Lee *et al.*, 2007, 10754). ولم تبين النتائج فروقاً معنوية في المحتوى الرطوبي بين الصنفين المزروعين في المنطقة الواحدة، بينما كان الفرق معنوياً في محتوى الرطوبة لحبوب صنفي الذرة بين المنطقتين، حيث انخفض المحتوى الرطوبي معنوياً لأصناف حبوب الذرة الصفراء المزروعة في ريف اللاذقية من (13.23 و13.2%) إلى (12.42 و12.35%) للأصناف المزروعة في سهل الغاب للصنفين (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، مما يعني أن الحبوب عند الحصاد قد جفت بشكل كافٍ إلى نفس مستوى الرطوبة تقريباً في المنطقة الواحدة، أما الاختلاف في المحتوى الرطوبي للحبوب بين المنطقتين فيمكن أن يعزى إلى الرطوبة الجوية النسبية المختلفة السائدة في كلا المنطقتين، وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Rausch and Eckhoff, 2016, 468).

ولا تقل الخصائص الكيميائية لحبوب الذرة الصفراء أهمية عن تلك الفيزيائية كمؤشرات يجب أخذها بعين الاعتبار عند تقييم جودة الحبوب، حيث تتعلق الخصائص الفيزيائية لحبوب أصناف الذرة بتركيبها الكيميائي، وقد بين (Taboada-Gaytan *et al.*, 2010b, 177; Mussolini *et al.*, 2014, 525) أن الوزن النوعي ووزن الألف حبة لحبوب الذرة يرتبطان مباشرة بالتركيب الكيميائي للحبوب، وأن هذه الخصائص (الفيزيائية والكيميائية) هي عوامل يعتبر تقييمها على درجة عالية من الأهمية لتحديد مدى ملاءمة صنف الذرة لعملية الطحن الرطب، ويجب التعامل معها كمدخلات في أي محاولة للربط وبناء نماذج أو استنتاج العلاقات الرياضية، عند التصميم الإحصائي لأي تجربة تهدف إلى التنبؤ بمردود النشاء، والذي يعتبر الجزء الأكثر أهمية من عملية الطحن الرطب للذرة. وقد بينت النتائج ارتفاع محتوى الرماد لأصناف حبوب الذرة الصفراء المزروعة في ريف اللاذقية من (1.21 و1.32%) إلى (1.36 و1.47%) للأصناف المزروعة في سهل الغاب للصنفين (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، ويمكن أن يعزى ذلك إلى اختلاف تركيب التربة ومحتواها من العناصر المعدنية بين منطقتي الزراعة، علاوةً عن المعاملات الزراعية المتبعة وظروف النمو المختلفة في كلا المنطقتين، وكانت هذه النتائج متفقة مع دراسات سابقة (Rooney *et al.*, 2004, 276; Ramchandran *et al.*, 2016, 415). وفي هذا المجال، بين (Duarte *et al.*, 2005, 1960; Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11759) أن الخصائص الكيميائية لحبوب الذرة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالأنماط الجينية للذرة، والظروف البيئية السائدة أثناء النمو، وظروف الزراعة (مثل زيادة مستويات الأسمدة وأنواعها). وبشكل عام، يعد تقدير محتوى الحبوب من البروتين أمراً بالغ الأهمية، فالمحتوى العالي من البروتين (بسبب زيادة بروتين الإندوسبرم) يؤدي إلى ضعف كفاءة عملية الطحن الرطب (Fox *et al.*, 1992, 193; 1995, 7; Singh *et al.*, 2014, 671). تحتوي حبوب الذرة الصفراء وبشكل وراثي مستويات منخفضة من البروتين مقارنةً بأنواع الحبوب الأخرى (Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11759) ، مع ذلك، فقد ارتفع محتوى البروتين معنوياً لأصناف حبوب الذرة الصفراء المزروعة في ريف اللاذقية من (8.87 و10.22%) إلى (11.26 و12.40%) للأصناف المزروعة في سهل الغاب للصنفين (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، وربما يكون السبب في ذلك زيادة مستويات الأسمدة الآزوتية المستخدمة والتي كانت بدورها السبب في زيادة تركيز البروتين في الحبة، وجاءت هذه النتائج متفقة مع ما توصل إليه (Duarte *et al.*, 2005, 1961; Uriarte-Aceves *et al.*, 2015, 494; Butts-Wilmsmeyer *et al.*, 2017, 8317)، الذين وجدوا أن استخدام الأسمدة خاصة الآزوتية في زراعة الذرة بهدف تحسين غلة الحبوب، تعمل في الوقت نفسه على تحسين خصائص الجودة الفيزيائية للحبوب، وزيادة تركيز البروتين في إندوسبرم حبة الذرة.

الجدول (1): الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب أصناف الذرة.

	ريف اللاذقية		سهل الغاب	
	الصنف غوطة1	الصنف غوطة82	الصنف غوطة1	الصنف غوطة82
الوزن النوعي (كغ/هل)	79 ± 0.44^{a}.62	80.46 ± 0.30^{b}	82.71 ± 0.51^{c}	84.20 ± 0.66^{d}
وزن الألف حبة (غ)	431.25 ± 2.12^{a}	422.10 ± 1.40^{b}	403.55 ± 3.10^{c}	374.42 ± 2.50^{d}
الرطوبة (%)	13.23 ± 0.11^{a}	13.20 ± 0.05^{a}	12.42 ± 0.22^{b}	12.35 ± 0.31^{b}
الرماد (%)	1.21 ± 0.02^{a}	1.32 ± 0.11^{b}	1.36 ± 0.08^{b}	1.47 ± 0.05^{c}
البروتين (%)	8.87 ± 0.12^{a}	10.22 ± 0.06^{b}	11.26 ± 0.24^{c}	12.40 ± 0.15^{d}

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

2- توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة في الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة:

من وجهة نظر قطاع الزراعة ينصب الاهتمام بالإنتاج الزراعي للذرة على الأصناف التي تبدي أعلى إنتاجية للهكتار، مع إبداء القليل من الاهتمام بجودة الحبوب، في المقابل تحظى الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة باعتبارها عوامل تحكم جودة صنف الذرة، باهتمام صناعات الأغذية المختلفة وعلى رأسها صناعة الطحن الرطب، ونتيجة لذلك فقد أصبح إيجاد أو انتخاب الصنف الذي يبدي أعلى غلة حبوب مع أعلى نسبة نشاء قابل للاستخلاص، أولوية بالنسبة للعاملين في مجال التطوير الوراثي للحبوب (Taboada-Gaytan *et al.*, 2009, 204). ونظراً لكون هذين المعيارين (غلة أكبر مع مردود نشاء أكبر) يتعلقان مباشرةً بخصائص الحبوب الفيزيوكيميائية، والتي بدورها ترتبط مباشرةً بالعامل الوراثي (صنف الذرة) وبالظروف البيئية التي ينمو فيها هذا الصنف، فقد أجريت الكثير من الدراسات في هذا المجال، منها ما كان يركز على عزل العوامل البيئية (موقع الزراعة) أي دراسة التغيرات في الخصائص الفيزيوكيميائية لأصناف من الذرة المزروعة في موقع واحد (تأثير العامل الوراثي فقط) (Vázquez-Carrillo *et al.*, 2012, 231)، بينما ركز بعضها الآخر على دراسة هذه الخصائص لصنف واحد تتم زراعته في مناطق مختلفة (تأثير موقع الزراعة) (Taboada-Gaytan *et al.*, 2010b, 178). وتعد دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لأصناف مختلفة تزرع ضمن مناطق مختلفة عملية مكلفة وتستغرق زمناً طويلاً، كما أن نتائج هذه الدراسات قد لاتكون قابلة للتطبيق، وبعبارة أخرى لايمكن اعتمادها كقاعدة عامة يمكن البناء عليها أو استخدامها لانتقاء صنف معين، وتحديد مدى ملاءمته لاستخدام محدد، وذلك لأن نتائج هذه الدراسات ستكون خاصة بالأصناف المدروسة فقط، ولا يمكن تعميمها على جميع الأصناف، علاوةً على الاستجابة المختلفة للصنف الواحد ضمن ظروف بيئية مختلفة، هذا بالإضافة إلى أن التصميم الاحصائي لكل تجربة أو مجموعة العينات موضع الدراسة، سيختلف وفقاً للمتغيرات الوراثية والبيئية التي يتم ضمنها إجراء التجربة، وبالتالي ستكون النتائج متباينة (Rausch and Eckhoff, 2016, 472). على الرغم من ذلك، قد يكون من المفيد دراسة كيف تؤثر الخصائص الوراثية المتعلقة بصنف الذرة في علاقتها مع ظروف بيئية (مواقع زراعة) مختلفة في خصائص جودة الحبوب. ووفقاً لذلك، أُجري في هذه الدراسة حساب التأثير النسبي (توزع التباين) للمتغيرات المدروسة (صنف الذرة، موقع الزراعة والتفاعل المتبادل بينهما)، وهي ممثلة عن العوامل الوراثية والبيئية، في الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب تبعاً لاختبار F وتوزع التباين على مستوى ثقة 5%، حيث تمَّ حساب النسبة المئوية لمتوسط مجموع مربع الانحرافات للمعاملات المدروسة (Mean Square) كما هو مبين في الجدول (2). يمكن أن يلاحظ من الجدول أن العوامل البيئية متمثلة في موقع الزراعة كانت مسؤولة عن النسب الأكبر من التأثير في جميع المتغيرات المدروسة، وبلغت نسبة تأثيرها في كل من الوزن النوعي، وزن الألف حبة، الرطوبة، الرماد والبروتين (83.01، 75.17، 87.95، 53.25 و71.21%) على التوالي، وجاءت هذه النتائج مناقضة لنتائج بعض الدراسات التي بينت أن تأثير العامل الوراثي (صنف الذرة) يمتلك الأولوية بالنسبة للخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب خاصة فيما يتعلق بوزنها النوعي ووزن الألف حبة وعلاقتها مع بقية خصائص جودة الحبوب، واعتبروها مؤشرات خاصة بالصنف نفسه (Singh *et al.*, 2001, 332; Miranda *et al.*, 2013, 55). إلا أن (Duarte *et al.*, 2005, 1961) بين أن تركيب التربة ومحتواها من العناصر المعدنية، واستخدام مستويات مختلفة من السماد وخاصة الآزوتي تمارس تأثيراً قد يطغى على خصائص الصنف نفسه، وأن الخصائص الجينية للصنف سيكون لها دوراً ثانوياً عند اتباع معاملات زراعية مختلفة، كما أن كل صنف سيستجيب بشكل مختلف عند اختلاف الظروف البيئية التي ينمو ضمنها (Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11754). وعند الحديث عن الظروف البيئية للنمو، فإن الأمر لا يقتصر على تركيب

التربة وعلى أنواع ومستويات الأسمدة المستخدمة أثناء المعاملات الزراعية، بل يشمل ذلك أيضاً درجة حرارة الهواء والرطوبة الجوية السائدة أثناء النمو، ومدى ملاءمة هذين المتغيرين لأطوار النمو المختلفة لنبات الذرة، والتي من أهمها فيما يتعلق بخصائص جودة الحبوب، الطور اللبني (بدء تخزين المعادن، جسيمات البروتين وحبيبات النشاء)، الطور العجيني (بدء تراكم النشاء وتشكيل مناطق النشاء والبروتين)، تطور الجنين (حيث يأخذ شكله وحجمه النهائي)، طور النضج الفيزيولوجي (انتهاء عملية تخزين المغذيات في الحبة وبدء جفاف الحبوب) وطور النضج التام (جفاف الحبوب لتأخذ رطوبتها النهائية)، حيث أن كل طور منها يحتاج إلى درجة حرارة ورطوبة جوية نسبية معينة (Wang *et al.*, 2016, 272). ونظراً لاختلاف درجات الحرارة والرطوبة الجوية السائدة أثناء موسم النمو، والتي يمكن أن تكون ملائمة أو غير ملائمة لأطوار النمو المختلفة، فإن الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب ستكون تابعاً لهذه المتغيرات (Michel *et al.*, 2020, 3)، وهي عوامل لايمكن التحكم فيها، كما أنها تختلف من منطقة لأخرى، وتختلف ضمن الدورة الزراعية المتبعة حتى ضمن المنطقة الواحدة من عام إلى آخر (Kebede *et al.*, 2014, 1309). وفي هذا السياق فقد أوضح (Lee *et al.*, 2007, 10759) أنه علاوةً على تأثير الصنف في مؤشرات جودة الذرة، تتأثر التغييرات في خصائص جودة الذرة بدرجة أكبر بالتأثيرات البيئية وظروف النمو، ويتضمن ذلك موقع النبات، درجة حرارة الهواء، موسم النمو، العمليات الزراعية وأضرار الحشرات والفطريات. وعلى سبيل المثال، إن درجة حرارة الهواء أثناء جفاف الحبوب قبل الحصاد، تؤثر في محتوى الحبوب من البروتين، كما أن الرطوبة الجوية السائدة خاصةً أثناء طور النضج التام للحبوب هي المسؤول الرئيسي عن رطوبة الحبوب النهائية وليس العامل الوراثي (Rausch and Eckhoff, 2016, 475). من جهة أخرى، لم يبين التفاعل المتبادل بين الصنف وموقع الزراعة تأثيراً ذو قيمة معنوية في الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب باستثناء تأثيره الضعيف في وزن الألف حبة الذي بلغ (5.11%)، وتتفق هذه النتائج مع (Katsenios *et al.*, 2021, 368) في دراستهم عن تأثير التفاعل المتبادل للعوامل البيئية مع العوامل الوراثية في خصائص أنواع من الذرة اليونانية.

الجدول (2): توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة في الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة.

	المكررات		صنف الذرة		موقع الزراعة		الموقع × الصنف	
	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*
الوزن النوعي	0.36	0.29	14.93	0.00	83.01	0.00	1.49	0.08
وزن الألف حبة	0.21	0.15	19.51	0.00	75.17	0.00	5.11	0.00
الرطوبة	0.73	0.37	7.51	0.21	87.95	0.00	2.83	0.43
الرماد	0.11	0.85	44.00	0.03	53.25	0.02	0.11	0.85
البروتين	0.95	0.11	26.82	0.00	71.21	0.00	0.84	0.12

3- تقدير الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص:

أظهرت دراسات مختلفة أن التباين الجيني الكبير في أصناف الذرة، والظروف المختلفة (العوامل الجوية، العمليات الزراعية) السائدة أثناء النمو تسبب اختلافات في خصائص الحبوب الفيزيائية والكيميائية وكذلك في الخصائص الفيزيائية والكيميائية ومردود النشاء الناتج من عملية الطحن الرطب (Fox *et al.*, 1995, 8; Mussolini *et al.*, 2014, 524). ويلاحظ من الجدول (3) أنه وفيما لم يبدِ محتوى الرطوبة في النشاء المستخلص فروقاً معنوية بين الأصناف وكذلك بين موقعي الزراعة، حيث كانت رطوبة النشاء

وبشكل موافق لما وجده (Fox *et al.*, 1995, 11; Singh *et al.*, 2013, 65) هي نتيجة لظروف عملية الطحن الرطب، وما تتضمنه من عمليات نقع ومجانسة لجميع أصناف الحبوب، وغسيل ناتج الطحن وتجفيف النشاء الناتج، والتي قد تكون السبب في امتلاك النشاء المستخلص لمحتوى رطوبي متقارب نسبياً. من جهة أخرى، ازداد محتوى الرماد معنوياً من (0.20 و0.28%) للأصناف المزروعة في ريف اللاذقية إلى (0.38 و0.46%) للأصناف المزروعة في سهل الغاب (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، وربما يعود السبب في ذلك إلى اختلاف طبيعة التربة بين المنطقتين، ومحتواها المتباين من العناصر المعدنية، والتي أدت في النهاية وفقاً لما بينه (Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11756) إلى زيادة تركيز الرماد في الإندوسبرم (الذي يشكل 81–84% من وزن حبة الذرة)، والذي يحتوي على النسبة العظمى من النشاء (أكثر من 80% من نشاء الحبة). وبينت النتائج أيضاً ارتفاع محتوى الألياف في النشاء المستخلص، فقد ارتفع محتوى الألياف الكلية وبشكل معنوي من (0.19 و0.27%) للأصناف المزروعة في ريف اللاذقية ليبلغ (0.36 و0.46%) للأصناف المزروعة في سهل الغاب (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، ومن الممكن أن يكون السبب في هذا الارتفاع، هو العمليات الزراعية المختلفة المتبعة في كلا المنطقتين (الاستخدام المفرط للأسمدة) بهدف تحسين غلة الحبوب وخصائصها الفيزيائية، إلا أن هذه الزيادة في الغلة ستؤدي إلى إنتاج حبوب صغيرة الحجم (وزن نوعي أكبر)، الأمر الذي سينعكس في زيادة محتوى النشاء المستخلص من الألياف وذلك وفقاً لما توصل إليه (Fox *et al.*, 1992, 195; Duarte *et al.*, 2005, 1962) الذين وجدوا أن ارتفاع مردود الألياف ينتج عن ضعف فصل الإندوسبرم عن النخالة، وهي خصائص متعلقة بكل من الأنماط الجينية للذرة، والظروف البيئية السائدة أثناء النمو. وتشكل الألياف الجزء الأكبر من نخالة الحبوب ومصدرها الأساسي البيركارب (5–6% من وزن الحبة)، وهي موقع الأصبغة في الحبوب، وهي مكونات غير بيضاء (Somavat *et al.*, 2016, 268). ووفقاً لذلك فإن ارتفاع نسبة الألياف في النشاء المستخلص ستعمل على زيادة لون النشاء، وهو ما لوحظ من خلال النتائج، حيث ازدادت درجة لون النشاء المستخلص معنوياً من (1.8 و2.1 درجة) للنشاء المستخلص من للأصناف المزروعة في ريف اللاذقية ليبلغ (2.35 و2.48 درجة) للأصناف المزروعة في سهل الغاب (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، وحيث أن الهدف النهائي من حيث اللون هو نشاء ذو لون أبيض نقي، يعتبر لون النشاء المستخلص مؤشراً قيماً لنوعية النشاء (Wang *et al.*, 2000, 479; Uriarte-Aceves *et al.*, 2015, 495)، وقد بينت مجموعة من الدراسات أن اصفرار النشاء المستخرج من الذرة يعود نسبياً إلى الكميات المنخفضة من الكزانثوفيل والكاروتينات، والأصبغة الأخرى الموجودة في حبوب الذرة والتي بقيت في النشاء، وأن هذه المكونات ترتبط بالبروتينات الكارهة للماء مثل الزيين (Shukla and Cheryan, 2001, 176; Sandhu *et al.*, 2007, 943; Thakur *et al.*, 2015, 1085). بشكل عام، تُستخدم مستويات البروتين المتبقية في النشاء المستخلص كمقياس أولي لنقاء النشاء، وهي مؤشر آخر ذو أهمية قصوى بالنسبة لنوعية النشاء، حيث تشير إلى مدى سهولة وكفاءة الفصل بين البروتين والنشاء من الإندوسبرم، وذلك نظراً لفصل النشاء عن البروتين في المراحل الأخيرة من عمليات الطحن الرطب الصناعية والمخبرية (Fox *et al.*, 1992, 195; Vignaux, 2006, 485). أظهرت النتائج ارتفاعاً معنوياً لمحتوى البروتين في النشاء المستخلص من الأصناف المزروعة في ريف اللاذقية من (0.25 و0.43%) لتبلغ (0.58 و0.63%) بالنسبة للنشاء المستخلص من الأصناف المزروعة في سهل الغاب وذلك للصنفين (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، وتتباين نتائج الدراسات حول هذا المؤشر، حيث بينت بعض الدراسات أن محتوى البروتين في النشاء المستخلص يعتمد على الهجين (الصنف) (Singh and Eckhoff, 1996, 660; Vignaux, 2006, 487)، وهو الأمر الذي لم يلاحظ من خلال النتائج، التي بينت أن

مستويات البروتين المتبقية في النشاء المستخلص كانت متعلقة بموقع الزراعة، وما يتم فيه من عمليات زراعية مختلفة، والتي ربما أدت إلى زيادة تركيز البروتين في الإندوسبرم، إضافة إلى الظروف الجوية السائدة أثناء الزراعة، وتأتي هذه النتائج متوافقة مع ما توصل إليه(Fox *et al.*, 1992, 194; Taboada-Gaytan *et al.*, 2009, 205; 2010a, 490; 2010b, 176) الذين بينوا أنه وبغض النظر عن الخصائص المتعلقة بصنف الذرة، فإن بعض العمليات الزراعية المطبقة في موقع الزراعة، تعتبر العامل المحدد في محتوى النشاء المستخلص من البروتين، وأن هذه الظروف التي تعمل على زيادة محتوى الحبة من البروتين، ستؤدي بالنتيجة وبشكل مباشر إلى زيادة المستويات المتبقية من البروتين في النشاء المستخلص، وهذا بالإضافة إلى الظروف الجوية السائدة أثناء النمو، حيث بين (Lee *et al.*, 2007, 10759) أن ارتفاع درجة حرارة الهواء أثناء جفاف الحبوب قبل الحصاد ستعمل على زيادة مستويات البروتين في النشاء المستخلص، بسبب زيادة تركيز البروتين في إندوسبرم الحبة.

عموماً، ومن وجهة النظر الغذائية والصحية، يعد النشاء ذو المحتوى المرتفع من العناصر المعدنية والألياف والبروتينات أمراً جيداً لصحة الإنسان، إلا أنه عند الحديث عن جودة النشاء ومدى ملاءمته لصناعات معينة (صناعة شراب الغلوكوز مثلاً) سيكون الأمر مختلفاً، فالنشاء ذو المحتوى المرتفع من الألياف هو نشاء ذو جودة أقل كونه غامق اللون (Uriarte-Aceves *et al.*, 2015, 495). كما بيَّن (Bemiller and Huber, 2015, 59) أن ارتفاع نسبة الرماد في النشاء سيؤثر في ظروف عمل الأحماض والأنزيمات المستخدمة في صناعة الشراب، وكذلك الأمر بالنسبة للنشاء ذو المحتوى العالي من البروتين، حيث ستتفاعل البروتينات مع السكريات الموجودة في الشراب، مما سيؤدي إلى إنتاج شراب ذو لون أغمق، وهو أمر غير مرغوب بالنسبة لجودة الشراب، علاوةً عن صعوبة وارتفاع تكلفة عمليات التنقية والتكرير لإزالة هذه المواد. في المقابل، ومن وجهة نظر الصناعة فإن ما يعتبر أولوية في صناعة معينة، قد يحتل المرتبة الثانية بالنسبة لصناعة أخرى، فبالنسبة لمنتجي الزيوت فإن الجزء الأكثر أهمية من حبوب الذرة الصفراء هي الأجنة، بينما يعد الإندوسبرم (الذي يحتوي النسبة العظمى من النشاء) هو الجزء الأكثر أهمية لصناعة الطحن الرطب. وتتركز اللبيدات في حبوب الذرة بشكل أساسي في الجنين، ثاني أكبر مكون في الحبة بعد الإندوسبرم مشكلاً حوالي 10–11% من وزن حبة الذرة (Singh *et al.*, 2013, 66; Rocha-Villarreal *et al.*, 2018, 229)، وبالتالي فإنه عند الحديث عن مؤشرات جودة النشاء، يعد من المفيد الإشارة إلى محتوى النشاء من اللبيدات، وقد لوحظ من النتائج وجود فرق معنوي بالنسبة لمحتوى اللبيدات في النشاء المستخلص من كلا الصنفين بين موقعي الزراعة، حيث ارتفع محتوى اللبيدات معنوياً للصنفين (غوطة1 وغوطة82) على التوالي، من (0.26 و0.32%) للأصناف المزروعة في ريف اللاذقية إلى (0.43 و0.51%) بالنسبة للأصناف المزروعة في سهل الغاب، ويمكن أن يعزى هذا الارتفاع إلى تأثير عدة عوامل منها ما هو خاص بالصنف المزروع، ومنها ما هو خاص بموقع الزراعة وذلك وفقاً لما بينه (Duarte *et al.*, 2005, 1959)، إلا أن الأمر المؤكد حسب (Figueroa-Cárdenas *et al.*, 2013, 309) هو أن الحبوب الأصغر حجماً (وزن نوعي أكبر) ستمتلك جنين أكبر (سواء كان صغر حجم الحبة ناتج عن صفات خاصة بالصنف، أو عن معاملات زراعية خاصة)، الأمر الذي من شأنه زيادة محتوى اللبيدات في النشاء المستخلص، وذلك لأنه وعلى الرغم من أنه يتم فصل الجنين عن الإندوسبرم في عملية الطحن الرطب فقد وجد (Pasjanant *et al.*, 2016, 211) أنه مهما كانت دقة وكفاءة عملية الفصل، لابد لجزء من لبيدات الأجنة أن تنتقل إلى النشاء أثناء عملية الطحن. وتعتبر دراسة المؤشرات الفيزيوكيميائية للنشاء غاية في الأهمية كمعايير للجودة عند تقييم نوعية النشاء، إلا أن الأمر لايقتصر فقط على نوعية النشاء المستخلص، بل يتعداها إلى الجزء الأكثر أهمية في صناعة الطحن الرطب وهي النسبة

المئوية للنشاء المستخلص (Uriarte-Aceves *et al.*, 2015, 496)، ونتيجة للتنوع الوراثي الواسع لأصناف الذرة وتباين ظروف النمو والزراعة في المناطق المختلفة، ودرجة استجابة صنف معين لظروف نمو مختلفة، وضمن هذا المجال الواسع من المتغيرات، فقد أجريت العديد من الدراسات والأبحاث في هذا المجال، والتي هدفت لتحديد مدى ملاءمة صنف محدد ضمن ظروف بيئية وزراعية مختلفة لعملية الطحن الرطب، وكانت النتائج متباينة، إلا أن المعيار الأساسي التي تمحورت حوله هذه الأبحاث كان النسبة المئوية للنشاء المستخلص الذي يمكن الحصول عليه (Lee *et al.*, 2007, 10757; Michel *et al.*, 2020, 5)، وهو مؤشر على قابلية الحبوب للطحن، ومدى سهولة فصل الحبة إلى مكوناتها، ويعبر عن كمية النشاء التي يمكن استخلاصها في علاقتها مع مجموع المواد الصلبة الموجودة في الحبة، كما يعتبر المعيار الأكثر أهمية في تحديد قابلية صنف الذرة المناسب للطحن (Singh and Eckhoff, 1996, 662; Taboada-Gaytan *et al.*, 2010b, 492). وعلى الرغم من أنه لم يظهر من خلال النتائج أي تغيير معنوي في النسبة المئوية للنشاء في النشاء المستخلص بين الصنفين (غوطة1 وغوطة82) وكذلك بين منطقتي الزراعة، إلا أنه قد يكون من المفيد الإشارة إلى أنه قد لوحظت أعلى نسبة مئوية للنشاء في النشاء المستخلص من الصنفين غوطة1 وغوطة82 المزروعين في ريف اللاذقية وبلغت 87.92% و87.55% على التوالي، فيما امتلك النشاء المستخلص من الصنفين المزروعين في سهل الغاب أدنى نسبة مئوية للنشاء وبلغت 87.13 و86.85% وذلك للصنفين غوطة1 وغوطة82 على التوالي، ويمكن أن يعزى هذا الانخفاض وفقاً لما بينه (Singh and Eckhoff, 1996, 665; Lee *et al.*, 2007, 10760) إلى زيادة نسبة المواد غير النشوية في الحبة، خاصةً زيادة بروتين الإندوسبرم على حساب النشاء، وذلك عند اختلاف موقع الزراعة، كما بين (Rausch and Eckhoff, 2016, 469) أنه من الصعب أن يعزى التباين في النسبة المئوية للنشاء إلى عامل محدد، وأن الاختلاف في مردود النشاء ينجم عن كل من الظروف الوراثية والبيئية معاً، وأن الظروف البيئية والمعاملات الزراعية المختلفة المتبعة عند الزراعة التي ينتج عنها زيادة في نسبة البروتين في إندوسبرم الحبة، ستعمل على خفض النسبة المئوية للنشاء حتى ضمن الصنف الواحد، كما بين (Michel *et al.*, 2020, 7) أن زيادة محتوى الحبة من البروتين تعني نشاء أقل كون البروتين والنشاء في علاقة عكسية، وأنه وعلى الرغم من ضآلة الفروق في مردود النشاء في بعض الحالات، إلا أنها ومع مرور الزمن ستكبد صناعة الطحن الرطب الكثير من الأموال.

الجدول (3): الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص.

	ريف اللاذقية		سهل الغاب	
	الصنف غوطة1	الصنف غوطة82	الصنف غوطة1	الصنف غوطة82
الرطوبة (%)	11.18 ± 0.10^{a}	11.15 ± 0.21^{a}	11.12 ± 0.06^{a}	11.09 ± 0.33^{a}
الرماد (%)	0.20 ± 0.01^{a}	0.28 ± 0.05^{a}	0.38 ± 0.04^{b}	0.46 ± 0.01^{b}
البروتين (%)	0.25 ± 0.02^{a}	0.43 ± 0.01^{b}	0.58 ± 0.04^{c}	0.63 ± 0.01^{c}
اللون (درجة)	1.80 ± 0.04^{a}	2.10 ± 0.01^{b}	2.35 ± 0.05^{c}	2.48 ± 0.06^{d}
الليبيدات (%)	0.26 ± 0.01^{a}	0.32 ± 0.07^{b}	0.43 ± 0.02^{c}	0.51 ± 0.04^{d}
الألياف الكلية (%)	0.19 ± 0.02^{a}	0.27 ± 0.01^{b}	0.36 ± 0.01^{c}	0.46 ± 0.05^{d}
النشاء (%)	87.92 ± 1.40^{a}	87.55 ± 2.24^{a}	87.13 ± 1.98^{a}	86.85 ± 2.55^{a}

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

4- توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة في الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص:

اعتبرت العديد من الدراسات أن التغيرات (التباينات) في الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب وبغض النظر عن مصدر هذه التباينات سواء كانت وراثية (الصنف) أو بيئية (موقع الزراعة) مسؤولة مباشرةً عن التغيرات في مؤشرات جودة النشاء المستخلص (Vázquez-Carrillo *et al.*, 2012, 233)، وقد بيَّن البعض من هذه الدراسات أن صنف الذرة هو ما يحكم وبشكل أساسي الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص (Fox *et al.*, 1995, 10; Vega-Rojas *et al.*, 2016, 118). إلا أن النتائج المبينة في الجدول (4) بينت أن صنف الذرة (العامل الوراثي)، عدا عن أنه لم يؤثر معنوياً في محتوى النشاء المستخلص من الرطوبة والرماد، فقد جاء تأثيره في المرتبة الثانية بالنسبة لبقية الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص مقارنةً بتأثير موقع الزراعة (العوامل البيئية)، والذي كان مسؤولاً بالدرجة الأولى عن النسب العظمى من تباين جميع الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء، فقد بلغ التأثير النسبي (توزع التباين) لموقع الزراعة في محتوى النشاء المستخلص من الرطوبة، الرماد، الألياف الكلية، اللون، البروتين واللبيدات (55.91، 81.39، 75.55، 74.64، 77.29، 80.62%) على التوالي، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (Vázquez-Carrillo *et al.*, 2012, 232; Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11759) الذين بينوا أنه بالإضافة لتأثير صنف الذرة، فإن أهم ما يحكم خصائص جودة النشاء المستخلص هي الظروف الزراعية والبيئية التي ينمو ضمنها هذا الصنف، وذلك لأن هذه الظروف ستكون مسؤولة عن خصائص جودة الحبوب، وهو الأمر الذي لوحظ من الجدول (2)، وكفاءة عملية الطحن الرطب، وبالتالي ستكون هناك تباينات في الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص من صنف ذرة معين ينمو في ظروف مختلفة، وأن هذه العوامل ستتحكم بمجملها بالهدف الرئيسي للطحن الرطب، وهي النسبة المئوية للنشاء في النشاء المستخلص، وهو ما لوحظ من خلال النتائج، حيث أن أهم ما بينه الجدول (4) أن موقع الزراعة كان له أعلى تأثير نسبي في مؤشر النسبة المئوية للنشاء مقارنةً ببقية مؤشرات جودة النشاء المستخلص المدروسة، حيث كان مسؤولاً عن (83.21%) من التباين الكلي، فيما لم يبدِ التفاعل المتبادل بين الصنف وموقع الزراعة تأثيراً نسبياً معنوياً في خصائص جودة النشاء المستخلص باستثناء تأثيره الضعيف في كل من الرطوبة واللون والذي بلغت نسبته (24.75 و 3.91%) على التوالي.

الجدول (4): توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة في الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص.

	المكررات		صنف الذرة		موقع الزراعة		الموقع × الصنف	
	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*
الرطوبة	2.12	0.23	15.20	1.00	55.91	0.02	24.75	0.04
الرماد	0.63	0.72	11.05	0.19	81.39	0.02	3.03	0.44
البروتين	0.09	0.67	18.56	0.01	77.29	0.00	3.65	0.06
اللون	0.10	0.65	20.98	0.01	74.64	0.00	3.91	0.05
اللبيدات	0.85	0.40	17.17	0.02	80.62	0.00	0.48	0.52
الألياف الكلية	0.53	0.01	21.92	0.00	75.55	0.00	0.88	0.07
النشاء	0.20	1.00	15.84	0.01	83.21	0.00	0.45	0.41

5- علاقة الخصائص الفيزيكيميائية لحبوب الذرة في الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص:

بينت العديد من الدراسات السابقة أن الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص من حبوب أصناف الذرة الصفراء (الجزء الأكثر أهمية من وجهة نظر صناعة الطحن الرطب، والذي يملك قيمة مضافة أكثر من الحبوب بحد ذاتها) ليست مؤشرات مستقلة أو معزولة عن الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب، والتي تتعلق بخصائص الصنف بحد ذاته وبظروف زراعته، وهذا يقع في مجال اهتمام العاملين في قطاع زراعة الذرة الصفراء، بل هي نتيجة مباشرة لها (Mussolini *et al.*, 2014, 526; Vega-Rojas *et al.*, 2016, 125). وبالتالي فإنه وضمن هذا الإطار (زراعة الذرة الصفراء، صناعة الطحن الرطب) فإن الصورة لن تكون كاملة ما لم يتم تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب، وكذلك للنشاء المستخلص، في دراسة متكاملة تشمل هذه الخصائص وتحدد علاقتها مع بعضها البعض. وقد أجريت لهذه الغاية العديد من الأبحاث بهدف إيجاد صيغة أو علاقة تحكم هذه المتغيرات، في محاولات مستمرة للإجابة عن سؤال أساسي (إلى أي مدى تؤثر خصائص صنف الذرة الصفراء في النسبة المئوية للنشاء المستخلص منها وفي خصائص جودة هذا النشاء). وكانت النتائج متباينة وذلك لأسباب مختلفة، منها ما يتعلق بخصائص الصنف نفسه، ومنها ما يعود إلى ظروف النمو والزراعة، ومنها ما له علاقة بظروف عملية الطحن الرطب نفسها (Singh *et al.*, 2013, 66). في هذه الدراسة، ومن خلال الجدول (5) ارتبطت رطوبة النشاء المستخلص ارتباطاً معنوياً سلبياً مع الوزن النوعي للحبوب وبلغ ($r= 0.99-$)، وإيجابياً وبشكل معنوي مع وزن الألف حبة ($r= 0.97$)، وهذ يتفق مع ما توصل إليه (Lee *et al.*, 2007, 10762) الذي بيَّن أن الحبوب ذات الحجم الأكبر (وزن نوعي أقل ووزن ألف حبة أكبر) تبدي محتوى رطوبة أكبر في النشاء المستخلص، إلا أن النتائج لم تُظهر وجود ارتباط معنوي بين رطوبة النشاء المستخلص والمحتوى الرطوبي للحبوب، وربما يكون ذلك عائداً لظروف عملية الطحن الرطب وذلك وفقاً لـ (Fox *et al.*, 1992, 196; 1995, 13; Singh *et al.*, 2013, 67) الذين بينوا أن التباينات النسبية في محتوى النشاء المستخلص من الرطوبة، يعزى إلى حد كبير لتباين ظروف عملية الطحن (زمن نقع ومجانسة الحبوب والمواد المستخدمة فيها، مدة غسيل ناتج الطحن، زمن ودرجة حرارة تجفيف النشاء الناتج والتي تختلف من مطحنة إلى أخرى)، كما استنتجوا أيضاً أنه عند توحيد ظروف عملية الطحن حتى لأصناف متباينة المحتوى الرطوبي، سينتج نشاء بمحتوى رطوبي متقارب نسبياً. وفي هذا السياق، بينت النتائج أيضاً أن نسبة الرطوبة في النشاء المستخلص ارتبطت معنوياً وبشكل سلبي مع كل من محتوى الرماد والبروتين في حبوب الذرة وبلغت قيمة معامل الارتباط ($r= 0.99-$ و $r= 1.00-$) على التوالي، وربما يعود السبب في ذلك إلى أن الحبوب الأصغر حجماً (وزن نوعي أكبر ووزن ألف حبة أقل) تبدي محتوى عالٍ من العناصر المعدنية والبروتينات والمواد الأخرى الذائبة على حساب المحتوى المائي، وهذا يتفق مع ما توصل اليه (Duarte *et al.*, 2005, 1963)، إلا أنه يناقض ما بينه (Fox *et al.*, 1992, 196; 1995, 13; Singh *et al.*, 2013, 67) الذين وجدوا أن رطوبة النشاء المستخلص مرتبطة أساساً بظروف عملية الطحن الرطب. ووفقاً لـ (Salinas-Moreno *et al.*, 2013, 27) إن الخصائص الفيزيائية لحبوب الذرة (حجم الحبوب ووزنها النوعي) تؤثر في محتوى النشاء المستخلص من العناصر المعدنية، وقد لوحظ من خلال النتائج أن محتوى الرماد في النشاء المستخلص قد أبدى ارتباطاً معنوياً إيجابياً مع الوزن النوعي، وسلبياً مع وزن الألف حبة وبلغت قيم معامل الارتباط ($r= 0.99$ و $r= 0.97-$) على التوالي، وهذا يدل على أن محتوى النشاء المستخلص من الرماد يزداد مع انخفاض حجم الحبوب، أي مع زيادة الوزن النوعي وانخفاض وزن الألف حبة. وقد بين (Duarte *et al.*, 2005, 1963) أن العمليات الزراعية المختلفة (المستويات المختلفة للسماد الآزوتي والأسمدة الأخرى) والظروف البيئية السائدة أثناء النمو (وبشكل خاص

طبيعة التربة ومحتواها من العناصر المعدنية)، والتي من شأنها زيادة تركيز المغذيات، كالبروتينات والأحماض الأمينية والعناصر المعدنية في إندوسبرم الحبة، ستؤدي وبشكل مباشر إلى زيادة نسبتها في النشاء المستخلص، حيث بينت النتائج أن محتوى النشاء المستخلص من الرماد قد أبدى ارتباطاً إيجابياً معنوياً مع كل من محتوى الحبوب من الرماد، وكذلك مع محتواها من البروتين لتبلغ قيم معامل الارتباط (0.98 و1.00 =r) على التوالي، فيما لم يلاحظ أي ارتباط معنوي بين محتوى الحبوب من الرطوبة ومحتوى الرماد في النشاء المستخلص، وذلك لكون محتوى الرماد في النشاء يعتمد بالدرجة الأولى على تركيب إندوسبرم الحبة ومحتواه من العناصر المعدنية (Singh *et al.*, 2013, 67). أما بالنسبة لمحتوى النشاء المستخلص من الألياف الكلية، فإنه لم يكن بمنأى عن هذه التغيرات في الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب، فقد أظهرت النتائج وجود ارتباط إيجابي معنوي لمحتوى الألياف الكلية في النشاء المستخلص مع الوزن النوعي لحبوب الذرة، وسلبي مع وزن الألف حبة بلغت قيمه (0.99 و−0.98 =r) على التوالي، وجاءت هذه النتائج متفقة مع ما توصل إليه (Singh *et al.*, 2013, 65; Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11760) الذين بينوا أن زيادة الوزن النوعي وانخفاض وزن الألف حبة سيؤدي إلى زيادة نسبة الألياف في النشاء المستخلص، وذلك نتيجة زيادة مساحة السطح بالنسبة الى الحجم (حبوب ذات حجم أقل ومساحة سطح أكبر، ما يعني انخفاض نسبة الإندوسبرم إلى القشرة). وبينما لم يلاحظ وجود ارتباط معنوي بين رطوبة الحبوب ومحتوى الألياف الكلية في النشاء المستخلص، إلا أنه لوحظ من خلال النتائج أن محتوى الألياف في النشاء المستخلص قد امتلك قيمة إيجابية معنوية لمعامل الارتباط مع محتوى الحبوب من الرماد، وكذلك مع محتواها من البروتين بلغت قيمه (0.99 و1.00 =r)على التوالي، أي أن زيادة النسبة المئوية للألياف في النشاء كانت مقترنة بزيادة محتوى الحبوب من الرماد والبروتين وهو أمر فسره(Correa *et al.*, 2002, 3011) بأن ارتفاع النسبة المئوية للألياف في النشاء المستخلص يعود لزيادة محتوى الحبوب من البروتين والعناصر المعدنية، وبالتالي فإن هذه الحبوب ستبدي صلابة (قساوة) أعلى لحبات الذرة نتيجة لزيادة نسبة الإندوسبرم القرني، وسيكون من الصعب عندها فصل الإندوسبرم عن النخالة وستزداد نسبة النخالة (التي تحوي الجزء الأكبر من ألياف الحبوب). وكما ذكر سابقاً، ونظراً لكون الألياف هي موقع الأصبغة في الحبوب، فإن محتوى الألياف في النشاء المستخلص سيكون مسؤولاً عن لون النشاء، حيث ارتبطت درجة لون النشاء المستخلص ارتباطاً معنوياً موجباً مع الوزن النوعي، وسالباً مع وزن الألف حبة (0.96 و−0.92 =r) على التوالي، وذلك لأنه ووفقاً لما بينه (Fox *et al.*, 1992, 196; Duarte *et al.*, 2005, 1964; Singh *et al.*, 2014, 673) فإنه عند زيادة الوزن النوعي وانخفاض وزن الألف حبة سترتفع نسبة الألياف في النشاء المستخلص، وبالتالي ستزداد درجة لون النشاء. ولم تبدِ النتائج وجود ارتباط معنوي بين رطوبة الحبوب ودرجة لون النشاء المستخلص، حيث أن لون النشاء المستخلص هو أمر مرتبط بمحتواه من الألياف والبروتين (Uriarte-Aceves *et al.*, 2015, 496). وقد بين (Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11762) أن محتويات الحبوب من الرماد والبروتين هي مؤشرات مرتبطة بقساوة الحبوب، وتؤدي زيادتها عموماً إلى ضعف خصائص عملية الطحن الرطب، وإلى إنتاج نشاء أقل جودة (نشاء ذو لون أعلى)، وهما مؤشران يرتبطان إيجاباً وبشكل مستمر، حيث لوحظ من النتائج أن درجة اللون قد ارتبطت معنوياً أيضاً وبشكل إيجابي مع محتوى الحبة من الرماد والبروتين (0.97 و0.99 =r)، وربما يكون السبب في ذلك هو أن جزء من أصبغة الحبوب ترتبط بالبروتينات الكارهة للماء (مثل الزيين الذي يشكل النسبة العظمى من بروتين الذرة) والتي انتقل جزء منها إلى النشاء المستخلص، وذلك وفقاً لما بينه (Shukla and Cheryan, 2001, 176; Sandhu *et al.*, 2007, 943; Thakur *et al.*, 2015, 1085). ونظراً لفصل النشاء عن البروتينات (الزيين) في المراحل الأخيرة من عمليات الطحن الرطب، فإن سهولة أو

صعوبة عملية الفصل بين البروتين والنشاء من إندوسبرم الحبة ستكون مسؤولة عن محتوى البروتين في النشاء المستخلص (Vignaux *et al.*, 2006, 489)، كما بيَّن (Fox *et al.*, 1992, 197; Singh *et al.*, 2014, 677) أن الاختلافات في الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب ستؤثر في محتوى البروتين في النشاء المستخلص، وبالعودة إلى النتائج، فقد كان محتوى البروتين في النشاء المستخلص مرتبطاً معنوياً بشكل إيجابي مع الوزن النوعي وسلبي مع وزن الألف حبة (0.95 و−0.90 =r) على التوالي، أي أن الحبوب صغيرة الحجم أبدت محتوى بروتين أعلى في النشاء المستخلص، وهي نتائج متفقة مع دراسات سابقة (Singh *et al.*, 2001, 334; Correa *et al.*, 2002, 3012)، وبينت هذه الدراسات أن هذه الخصائص الفيزيائية للحبوب هي خصائص مرتبطة أيضاً بصلابة الحبة (قساوتها) وأن الحبوب ذات الوزن النوعي العالي سيكون لها مستوى عالٍ من الجسم القرني (الإندوسبرم القرني)، وبالتالي صلابة الحبة، نظراً للارتباط الكبير بين كثافة الحبة (وزنها النوعي) والجسم القرني. وقد بيَّن(Taboada-Gaytan *et al.*, 2010b, 180) أن ارتفاع نسبة الإندوسبرم القرني بالنسبة للنشوي سينتج عنه ارتفاع نسبة البروتين في النشاء المستخلص. كما أنه إضافة للخصائص الفيزيائية للحبوب (حجم الحبوب وكثافتها)، تعد خصائصها الكيميائية عاملاً إضافياً آخر مسؤولاً عن قساوة الحبوب، حيث وكما ذكر سابقاً تزداد قساوة الحبوب بارتفاع محتواها من العناصر المعدنية والبروتينات، وأنهما مؤشران يرتبطان إيجاباً وبشكل مستمر، وبالتالي فإن الأصناف الأقسى ستعطي بروتين أعلى في النشاء المستخلص (Taboada-Gaytan *et al.*, 2010b, 180)، وقد بيَّن (Singh *et al.*, 2001, 335; Milašinovic *et al.*, 2007, 290; Somavat *et al.*, 2016, 271) أن الهجين الذي يملك أعلى محتوى رماد وبروتين في الحبة، سيبدي نسبة بروتين أعلى في النشاء المستخلص، مع وجود علاقة خطية معنوية بين البروتين المتبقي في النشاء ومحتوى الرماد والبروتين في الحبوب. وبينما لم تكن رطوبة الحبوب مسؤولة عن محتوى النشاء المستخلص من البروتين، إلا أنه ونتيجة لزيادة قساوة الحبوب عند زيادة محتواها من الرماد والبروتين، ازدادت المستويات المتبقية من البروتين في النشاء المستخلص، وقد لوحظ ذلك من خلال النتائج التي بينت وجود ارتباط إيجابي معنوي بين محتوى النشاء من البروتين ومحتوى الحبوب من الرماد والبروتين بلغت قيمته (0.95 و0.98 =r) على التوالي، ويمكن أن يعزى ذلك وفقاً لما أشار إليه (Singh *et al.*, 2014, 676) إلى صعوبة فصل البروتين عن النشاء بسبب ارتفاع محتوى البروتين في الحبة، حيث سيكون من الصعب تحقيق فصل كامل للنشاء عن البروتين، وهذا سينعكس بشكل زيادة لمحتوى البروتين في النشاء. من جهة أخرى، بين العديد من الباحثين أن التباينات في الخصائص أو البنية التشريحية لحبوب الذرة والتي تمتلك عموماً (82−83% إندوسبرم، 10−11% جنين و5−6% بيركارب) تؤثر وبشكل مباشر في الخصائص الفيزيائية للحبوب وفي تركيبها الكيميائي، وهو الأمر الذي سيؤثر بالضرورة في الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص (Singh *et al.*, 2013, 67)، وبالعودة إلى الجدول (5) فقد بينت النتائج أن محتوى اللبيدات في النشاء المستخلص قد ارتبط إيجاباً وبشكل معنوي بالوزن النوعي للحبوب، وسلباً بوزن الألف حبة وبلغت قيم معامل الارتباط (1.00 و−0.98 =r) على التوالي، وكانت درجة المعنوية مساوية لـ (0.05 =P) لمعامل الارتباط الذي بلغ (−0.95 =r) بين محتوى اللبيدات في النشاء ومحتوى الرطوبة في حبوب الذرة، أي أن الحبوب صغيرة الحجم وذات المحتوى المنخفض من الرطوبة ستحتوي على نسبة أعلى من اللبيدات في النشاء المستخلص. وهنا يتضح تأثير التغير في البنية التشريحية للحبوب، فقد بين (Figueroa-Cárdenas *et al.*, 2013, 312) أن الحبوب صغيرة الحجم تمتلك جنين أكبر (على حساب بقية مكونات الحبة) وهو ثاني أكبر مكون في حبة الذرة والذي يحتوي النسبة العظمى من لبيدات الحبة، هذه الحبوب الصغيرة الحجم ستبدي (كما تمت الإشارة إليه سابقاً) محتوى أعلى من الرماد والبروتين، واللذين وكما

بينت النتائج ارتبطا أيضاً بشكل إيجابي معنوي مع محتوى اللبيدات في النشاء المستخلص، حيث بلغت قيم معامل الارتباط (0.97 و0.99 =r) على التوالي، بمعنى آخر سيزداد محتوى اللبيدات في النشاء المستخلص من الحبوب صغيرة الحجم التي تمتلك نسبة أكبر من الجنين / الإندوسبرم الذي يزداد فيه تركيز العناصر المعدنية والبروتينات، وهي نتائج موافقة لما توصل إليه (Michel *et al.*, 2020, 8). وتشكل هذه الاختلافات في الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب وعلاقتها مع بعضها البعض، ومع الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص، علاقة معقدة وتحتوي جملة من المتغيرات التي يتفاوت تأثير كل منها سلباً أو إيجاباً على المتغير الآخر، إلا أنه من المؤكد أنها جميعها تشكل منظومة متكاملة لا يمكن فصل أحدها عن الآخر عند دراسة الجزء الأكثر قيمة بالنسبة للطحن الرطب للذرة، وهي النسبة المئوية للنشاء المستخلص (Singh *et al.*, 2013, 67)، وهو الأمر الذي لوحظ من النتائج التي بينت أن حبوب الذرة ذات الوزن النوعي الأدنى ووزن الألف حبة الأعلى قد أبدت أعلى نسبة مئوية للنشاء في النشاء المستخلص وكانت القيم المعنوية لمعامل الارتباط (−0.99 =r) مع الوزن النوعي و(0.96 =r) مع وزن الألف حبة، وهي نتائج متفقة مع ما توصل إليه (Singh *et al.*, 2001, 335; 2014, 669) الذين بينوا أن الذرة ذات وزن الألف حبة المرتفع والوزن النوعي المنخفض، تبدي مردود عالي من النشاء في الطحن الرطب بسبب انخفاض نسبة مساحة السطح: الحجم (حبوب ذات حجم أكبر ومساحة سطح أقل، ما يعني زيادة نسبة الإندوسبرم الذي يحوي النسبة العظمى من النشاء إلى القشرة)، كما بينوا أن هذه الخصائص الفيزيائية (وزن الألف حبة والوزن النوعي) هي العوامل المسؤولة عن نسبة مساحة السطح: الحجم، حيث ستؤدي زيادة هذه النسبة إلى انخفاض النسبة المئوية للنشاء نتيجة لزيادة النسبة المئوية للألياف أثناء الطحن الرطب، وبالتالي ستزداد محتويات النشاء المتبقية في الألياف، وذلك لكون هذه الخصائص الفيزيائية هي عوامل مرتبطة بقساوة الحبوب، والتي تشير إلى الحصة النسبية للإندوسبرم القرني إلى النشوي، وإن زيادة نسبة الإندوسبرم النشوي سيعطي نسبة مئوية أعلى من النشاء المستخلص (Correa *et al.*, 2002, 2011)، ووفقاً لـ (Qamar *et al.*, 2016, 717) فإن الحبوب الأكثر قساوة والتي تبدي محتوى مرتفع من الرماد والبروتين، ستزداد فيها نسبة الإندوسبرم القرني إلى النشوي، وستبدي نسبة مئوية منخفضة من النشاء المستخلص مقارنةً مع الحبوب الأقل قساوة. وهو ما لوحظ من خلال النتائج، حيث ارتبطت النسبة المئوية للنشاء ارتباطاً معنوياً سلبياً مع محتوى الحبوب من الرماد والبروتين وكانت قيمه (−0.97 و−1.00 =r) على التوالي، أي أن زيادة نسبة الرماد والبروتين في الحبوب (زيادة قساوة الحبوب) أدى لانخفاض النسبة المئوية للنشاء في النشاء المستخلص منها، ووفقاً لـ (Singh *et al.*, 2001, 333; 2014, 677) يعزى الانخفاض في مردود النشاء أثناء الطحن الرطب إلى صعوبة فصل النشاء عن البروتين بسبب ارتفاع محتوى البروتين في الحبة، مما يجعل تحرير حبيبات النشاء أكثر صعوبة، حيث ستكون حبيبات النشاء مرتبطة بمزيد من مصفوفات البروتين، والتي لا يمكن استعادتها بسهولة أثناء الطحن الرطب للحبوب الصلبة، علاوةً عن صعوبة فصل النشاء عن الألياف عند زيادة قساوة الحبوب، مما ينتج عنه محتوى عالي من الألياف والبروتين في النشاء المستخلص، وانخفاض النسبة المئوية للنشاء. ولم يلاحظ من النتائج وجود أي ارتباط معنوي بين رطوبة الحبوب والنسبة المئوية للنشاء في النشاء المستخلص كون هذا المؤشر يتعلق بشكل مباشر بقساوة الحبوب(Correa *et al.*, 2002, 3010; Uriarte-Aceves *et al.*, 2019, 11762).

الجدول (5): قيم معامل الارتباط بين الخصائص الفيزيوكيميائية لحبوب الذرة والخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص.

		الوزن النوعي	وزن الألف حبة	الرطوبة	الرماد	البروتين
الرطوبة	r	-0.99	0.97	0.92	-0.99	-1.00
	P	0.01	0.03	0.08	0.01	0.00
الرماد	r	0.99	-0.97	-0.94	0.98	1.00
	P	0.01	0.03	0.06	0.02	0.00
البروتين	r	0.95	-0.90	-0.91	0.95	0.98
	P	0.05	0.10	0.09	0.05	0.02
اللون	r	0.96	-0.92	-0.92	0.97	0.99
	P	0.04	0.08	0.09	0.03	0.01
اللبيدات	r	1.00	-0.98	-0.95	0.97	0.99
	P	0.00	0.02	0.05	0.04	0.01
الألياف الكلية	r	0.99	-0.98	-0.92	0.99	1.00
	P	0.01	0.02	0.08	0.02	0.01
النشاء	r	-0.99	0.96	0.94	-0.97	-1.00
	P	0.01	0.04	0.06	0.03	0.00

الاستنتاجات:

1. أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين أصناف الذرة الصفراء المدروسة ضمن الموقعين المحددين لجميع المؤشرات الفيزيوكيميائية المدروسة، وتعزى هذه التباينات في الخصائص الفيزيائية إلى عوامل قابلة أو غير قابلة للقياس وتتضمن الظروف البيئية، العمليات الزراعية، العوامل الوراثية، ظروف النمو، ومعاملات ما بعد الحصاد.
2. كانت العوامل البيئية، متمثلة في موقع الزراعة، مسؤولة عن النسب الأكبر من التأثير في جميع المتغيرات الفيزيوكيميائية للحبوب، وبلغت نسبة تأثيرها في كل من الوزن النوعي، وزن الألف حبة، الرطوبة، الرماد والبروتين (83.01، 75.17، 87.95، 53.25 و71.21%) على التوالي.
3. أكدت الدراسة أن الخصائص الفيزيوكيميائية المختلفة لحبوب الذرة، وبغض النظر عن مصدر هذه التباينات سواء كانت وراثية (الصنف) أو بيئية (موقع الزراعة)، مسؤولة مباشرةً عن التغيرات في مؤشرات جودة النشاء المستخلص.
4. كان موقع الزراعة (العوامل البيئية) مسؤولاً بالدرجة الأولى عن النسب العظمى من تباين جميع الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص، فقد بلغ التأثير النسبي لموقع الزراعة في محتوى النشاء المستخلص من الرطوبة، الرماد، الألياف الكلية، اللون، البروتين واللبيدات (55.91، 81.39، 75.55، 74.64، 77.29، 80.62%) على التوالي.
5. بينت دراسة معاملات الارتباط بين المتغيرات المدروسة للحبوب والنشاء المستخلص أن الاختلافات في الخصائص الفيزيوكيميائية للحبوب وعلاقتها مع بعضها البعض، ومع الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء المستخلص تشكل علاقة معقدة وتحتوي جملة من المتغيرات التي يتفاوت تأثير كل منها سلباً أو إيجاباً على المتغير الآخر، إلا أنه من المؤكد أنها جميعها تشكل منظومة متكاملة لا يمكن فصل أحدها عن الآخر عند دراسة الجزء الأكثر قيمة بالنسبة للطحن الرطب للذرة، وهي النسبة المئوية للنشاء المستخلص.

التوصيات:

1. إمكانية اعتماد الخصائص الفيزيائية لحبوب الذرة وتركيبها الكيميائي للتنبؤ بإنتاجية الحبوب من النشاء، وانتقاء هجين (صنف) الذرة المناسب للطحن الرطب.
2. استخدام مستويات البروتين المتبقية في النشاء المستخلص كمقياس أولي لنقاء النشاء، حيث تشير إلى مدى سهولة وكفاءة الفصل بين البروتين والنشاء من الإندوسبيرم.

المراجع References:

1. AACC. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 55-10, 44-15A, 08-01, 46-10, 30-25, 32-45. St Paul, MN. AACC.
2. Aini, N. and Hariyadi, P. 2010. **Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated-oxidized modification.** International Food Research Journal, 17, 961-968.
3. Alcázar-Alay, S. C. and Meireles, M. A. A. 2015. **Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources.** Food Science and Technology (Campinas), 35, 215-236.
4. Befikadu, D. 2014. **Factors affecting quality of grain stored in Ethiopian traditional storage structures and opportunities for improvement.** International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), 18, 235-257.
5. Bemiller, J. and Huber, K. 2015. **Physical modification of food starch functionalities.** Annual Review of Food Science and Technology, 6, 19-69.
6. Berski, W., Ptaszek, A., Ptaszek, P., Ziobro, R., Kowalski, G., Grzesik, M. and Achremowicz, B. 2011. **Pasting and rheological properties of oat starch and its derivatives.** Carbohydrate Polymers, 83, 665-671.
7. Butts-Wilmsmeyer, C. J., Mumm, R. H. and Bohn, M. O. 2017. **Concentration of beneficial phytochemicals in harvested grain of U.S. yellow dent maize (*Zea mays* L.) germplasm.** Journal of Agriculture and Food Chemistry, 65, 8311-8318.
8. Correa, C. E. S., Shaver, R. D., Pereira, M. N., Lauer, J. G. and Kohn, K. 2002. **Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability.** Journal of Dairy Science, 85, 3008-3012.
9. Duarte, A. P., Mason, S. C., Jackson, D.S. and Kiehl, J. C. 2005. **Grain quality of Brazilian maize genotypes as influenced by nitrogen level.** Crop Science, 45, 1958-1964.
10. Eckhoff, S. R., Singh, S. K., Zehr, B. E., Rausch, K. D., Fox, E. J., Mistry, A. K., Haken, A. E., Niu, Y. X., Zou, S. H., Buriak, P., Tumbleson, M. E. and Keeling, P. L. 1996. **A 100-g laboratory corn wet milling procedure.** Cereal Chem., 73, 54-57.
11. FAO. 2021. World cereal markets heading towards a record production in 2021/22 but only a marginal increase foreseen for stocks. Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nation.
12. Fazary, N. T. A. A. and Younis, Y. M. 2015. **Seed properties and fatty acid composition of flaxseed oil (*Linum Usitatissimum*).** World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 4, 69-99.
13. Figueroa-Cárdenas, J. D., Narváez-González, D. E., Mauricio-Sánchez, A., Taba, S., Gaytán-Martínez, M., Véles-Medina, J.J., Rincón-Sánchez, F. and Aragón Cuevas, F. 2013. **Physical properties of the grain and quality of the groups RACIALS OF MAIZES native (Creoles) of Mexico.** Mexican Phytotechnics Magazine, 36, 305-314.
14. Fox, S. R., Johnson, L. A., Hurburgh, C. R. and Dorsey-Redding, C. 1995. **Relations of grain proximate composition and physical properties to wet-milling characteristics of maize.** Agriculture and Natural Resources Journal, 45, 6-15.
15. Fox, S. R., Johnson, L. A., Hurburgh, C. R., Dorsey-Redding, C. and Bailey, T. B. 1992. **Relation of grain proximate composition and physical properties to wet-milling characteristics of maize.** Cereal Chemistry, 69, 191-197.
16. Gökşenh, G. and Ekiz, I. H. 2019. **Pasting and gel texture properties of starch-molasses combinations.** Food Sci. Technol., 39, 1-10.

17. Gwirtz, J. A. and Garcia-Casal, M. N. 2014. **Processing maize flour and corn meal food products.** Annals of the New York Academy of Sciences, 1312, 66-75.
18. Johnston, D. B. and Singh, V. 2011. **Use of protease to reduce steep time and SO_2 requirements in corn wet-milling process.** Cereal Chem., 78, 401-411.
19. Katsenios, N., Sparangis, P., Chanioti, S., Giannoglou, M., Leonidakis, D., Christopoulos, M. V., Katsaros, G., Efthimiadou, A. 2021. **Genotype × environment interaction of yield and grain quality traits of maize hybrids in Greece.** Agronomy, 11, 357-374.
20. Kebede, H., Sui, R. X. and Fisher, D. K. 2014. **Corn yield response to reduced water use at different growth stages.** Agric. Sci., 5, 1305-1315
21. Lee, K. M., Herrman, T. J., Rooney, L., Jackson, D. S., Lingenfelser, J., Rausch, K. D., McKinney, J., Iiams, C., Byrum, L., Hurburgh, C. R., Johnson, L. A. and Fox, S. R. 2007. **Corroborative study on maize quality, dry milling and wet milling properties of selected maize hybrids.** Journal of Agriculture and Food Chemistry, 55, 10751-10763.
22. Malumba, P., Janas, S., Sindic, M. and Béra, F. 2012. **Influence of drying temperature on the corn wet-milling process: Review.** Milling: Operations, Applications and Industrial Effects, 249-260.
23. Michel, M. R., Aguilar-Zárate, P., Espinoza-Velázquez, J., Cristóbal N. Aguilar, C. N. and Rodríguez-Herrera, R. 2020. **Environmental effects on chemical composition and physical properties of polyembryonic maize grain.** TIP Specialized Journal in Chemical-Biological Sciences, 23, 1-9.
24. Milašinović, M., Radosavljević, M., Dokić, L.J. and Jakovljević, J. 2007. **Wet-milling properties of ZP maize hybrids.** Maydica, 52, 289-292.
25. Miranda, A., Vásquez-Carrillo, G., García-Lara, S., San Vicente, F., Torres, J.L., Ortiz-Islas, S., Salinas-Moreno, Y. and Palacios-Rojas, N. 2013. **Influence of genotype and environmental adaptation into the maize grain quality traits for nixtamalization.** CyTA - Journal of Food, 11, 54-61.
26. Mussolini, R. C., Lopes-Filho, J. F., Duarte, A. P. 2014. **Physical-chemical characterization and wet milling yield of four maize hybrids.** Agricultural Engineering, 34, 523-529.
27. Mutungi, C., Muthoni, F., Bekunda, M., Gaspar, A., Kabula, E. and Abass, A. 2019. **Physical quality of maize grain harvested and stored by smallholder farmers in the Northern Highlands of Tanzania.** Journal of Stored Products Research, 84, 1-12.
28. Neelam, K., Vijay, S. and Lalit, S. 2012. **Various techniques for the modification of starch and the applications of its derivatives.** International Research Journal of Pharmacy, 3, 25-31.
29. Pasjanant, H., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N. 2016. **Combined effects of fermentation and germination on nutritional compositions, functional properties and volatiles of maize seeds.** Journal of Cereal Science, 71, 207-216.
30. Qamar, S., Aslam, M. and Javed, M. A. 2016. **Determination of proximate chemical composition and detection of inorganic nutrients in maize (*Zea mays* L.).** Materials Today: Proceedings, 3, 715-718.
31. Ramchandran, D., Hojilla-Evangelista, M. P., Moose, S. P., Rausch, K. D., Tumbleson, M. E. and Singh, V. 2016. **Maize proximate composition and physical properties correlations to dry-grind ethanol concentrations.** Cereal Chemistry, 93, 414-418.
32. Ramírez, E. C., Johnston, D. B., McAloon, A. J. and Singh, A. 2009. **Enzymatic corn wet milling: Engineering process and cost model.** Biotechnology for Biofuels, 2, 1-9.
33. Rausch, K. and Eckhoff, S.R. 2016. **Maize: Wet milling.** In: Wrigley, C., Corke, H., Seetharaman, K. and Faubion, J. (Eds) Encyclopedia of food grains, vol 2. Academic Press, Oxford, pp: 467-481.

34. Rocha-Villarreal, V., Hoffmann, J. F., Levien Vanier, N., Serna-Saldívar, S. O. and Garcia-Lara, S. 2018. **Hydrothermal treatment of maize: Changes in physical, chemical, and functional properties.** Food Chemistry, 263, 225-231.
35. Rooney, L. W., McDonough, C. M. and Waniska, R. D. 2004. **The corn kernel.** In: Smith, C. W., Betran, J. and Runge, E. C. A. (Eds) Corn: origin, history, technology, and production. Wiley, Hoboken, pp: 273-303.
36. Salinas-Moreno, Y., Aragón Cuevas, F., Ybarra-Moncada, C., Aguilar-Villarreal, J., Altunar-López, B. and Sosa-Montes, E. 2013. **Physical characterization and chemical composition of blue / purple grain maize races from the tropical and subtropical regions of Oaxaca, Mexican.** Phytotechnics Magazine, 36, 22-31.
37. Samaan, J. 2007. **Characterisation of grain quality of Syrian durum wheat genotypes affecting milling performance and end-use quality.** PhD Thesis, School of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Plymouth, UK.
38. Sandhu, K. S., Singh, N. and Malhi, N. S. 2007. **Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapatimaking properties of flours.** Food Chemistry, 101, 938-946.
39. Shukla, R. and Cheryan, M. 2001. **Zein: the industrial protein from corn.** Ind. Crops Prod., 13, 171-192.
40. Singh, J., Kaur, L. and McCarthy, O. J. 2007. **Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications: A review.** Food Hydrocolloids, 21, 1-22.
41. Singh, N. and Eckhoff, S. R. 1996. **Wet milling of corn: a review of laboratory-scale and pilot plant-scale procedures.** Cereal Chemistry, 73, 659-667.
42. Singh, N., Kaur, A. and Shevkani, K. 2013. **Maize: grain structure, composition, milling, and starch characteristics.** In Chaudhary, D. P., Kumar, S. and Singh, S., Maize: Nutrition Dynamics and Novel Uses, Springer India pp: 65-76.
43. Singh, N., Shevkani, K., Kaur, A., Thakur, S., Parmar, N. and Virdi, A. 2014. **Characteristics of starch obtained at different stages of purification during commercial wet milling of maize.** Starch, 66, 668-677.
44. Singh, S. K., Johnson, L. A., Pollak, L. M. and Hurburgh, C.R. 2001. **Compositional, physical, and wet-milling properties of accessions used in germplasm enhancement of maize project.** Cereal Chemistry, 78, 330-335.
45. Somavat, P., Li, Q., de Mejia, E. G., Liu, W. and Singh, V. 2016. **Coproduct yield comparisons of purple, blue and yellow dent corn for various milling processes.** Ind. Crops Prod., 87, 266-272.
46. Sweedman, M. C., Tizzotti, M. J., Schäfer, C. and Gilbert, R. G. 2013. **Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: A review.** Carbohydrate Polymers, 92, 905-920.
47. Taboada-Gaytan, O., Pollak, L. M., Johnson, L. A. and Fox, S. R. 2009. **Wet milling characteristics of 10 lines from germplasm enhancement of maize project compared with five corn belt lines.** Cereal Chemistry, 86, 204-209.
48. Taboada-Gaytan, O., Pollak, L. M., Johnson, L. A., Fox, S. R. and Montgomery, K. T. 2010a. **Physical, compositional, and wet milling characteristics of grain from crosses of corn inbreds with exotic and nonexotic background.** Cereal Chemistry, 87, 486-496.
49. Taboada-Gaytan, O., Pollak, L. M., Johnson, L. A., Fox, S. R. and Montgomery, K. T. 2010b. **Variation among physical, compositional, and wet milling characteristics of the F1 generation of corn hybrids of introgressed exotic and adapted inbred lines.** Cereal Chemistry, 87, 175-181.

50. Thakur, R., Pristijono, P., Scarlett, C. J., Bowyer, M., Singh, S. P. and Vuong, Q. V. 2019. **Starch-based films: Major factors affecting their properties.** International Journal of Biological Macromolecules, 132, 1079-1089.
51. Thakur, S., Kaur, A., Singh, N. and Virdi, A. 2015. **Successive reduction dry milling of normal and waxy corn: grain, grit, and flour properties.** Journal of Food Science, 80, C1144-C1155.
52. Toro-Vazquez, J. F. and Gómez-Aldapa, C. A. 2001. **Chemical and physicochemical properties of maize starch after industrial nixtamalization.** Cereal Chemistry Journal, 78, 543-550.
53. Uriarte-Aceves, P. M., Cuevas-Rodríguez, E. O., Gutiérrez-Dorado, R., Mora-Rochin, S., Reyes-Moreno, C., Puangpraphant, S. and Milan-Carrillo, J. 2015. **Physical, compositional, and wet-milling characteristics of Mexican blue maize (*Zea mays* L.) landrace.** Cereal Chemistry, 92, 491-496.
54. Uriarte-Aceves, P. M., Sopade, A. P. and Rangel-Peraza, J. G. 2019. **Evaluation of wet-milling performance of commercial yellow maize hybrids grown in Mexico and relations with grain physicochemical properties.** Journal of Food Science and Technology, 48, 11751-11762.
55. Vázquez-Carrillo, G., Santiago-Ramos, D., Salinas-Moreno, Y., Rojas Martínez, I., Arellano-Vázquez, J. L., Velázquez-Cardenas, G. A. and Espinosa-Calderon, A. 2012. **Genotype-environment interaction of yield and grain and tortilla quality of maize hybrids at the highlands of Tlaxcala, México.** Mexican Fitotécnica Magazine, 35, 229-237.
56. Vega-Rojas, L. J., Contreras-Padilla, M., Natalia Rincon-Londoño, N., López A. R., Lima-Garcia, R. M., Palacios-Rojas, N. and Rodriguez-Garcia, M. E. 2016. **The effect of maize grain size on the physicochemical properties of isolated starch, crude maize flour and nixtamalized maize flours.** Agricultural Sciences, 7, 114-125.
57. Vignaux, N., Fox, S. R. and Johnson, L. A. 2006. **A 10-g laboratory wet milling procedure for maize and comparison with larger scale laboratory procedures.** Cereal Chemistry, 83, 482-490.
58. Wang, F. C., Chung, D. S., Seib, P. A. and Kim, Y. S. 2000. **Optimum steeping process for wet milling of sorghum.** Cereal Chemistry, 77, 478-483.
59. Wang, R., Cherkauer, K. and Bowling, L. 2016. **Corn response to climate stress detected with satellite-based NDVI time series.** Remote Sensing, 8, 269-291.
60. Yasothai, R. 2020. **Factors affecting grain quality: A review.** Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 9, 205-210.
61. Zoltán, B. and Pál, P. 2007. **Factors influencing the value of hectolitre weight in maize (*Zea mays* L) .(Review).** University of Debrecen Center for Agricultural and Technical Sciences, Debrecen. Agricultural Sciences Publications, 27, 40-42.