تأثير درجة الحرارة والرطوبة النسبية على جودة بذور القطن أثناء التخزين

أحمد زعتر د. نسرين البيطار د. عبدالعزيز عبارة

الملخص

تكمن الأهمية التخزينية لبذور القطن والتي تمتد لمدة /9-12/شهر أهمية بالغة لما كان لها دور في الحفاظ على جودة البذور المخزنة وحيويتها ، وكان من الضروري الأخذ بعين الاعتبار أهم الظروف المتعلقة بتخزين هذه البذور ومن ضمنها درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين من أجل ضمان تخزين سليم للبذور ضمن الفترة المحددة والتي بدورها تنعكس على جودة وكمية الزيت الناتج عن هذه البذور المخزنة.

لذلك تم في هذا البحث قياس مؤشرات درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف تخزين البذور التقليدية والتي استمرت لفترة/ 12/ شهر وقد لاحظنا تغييرات في قيم درجات الحرارة والرطوبة النسبية للبذور بما يتناسب مع الوسط الخارجي للطقس ، حيث كان لدرجة الحرارة تأثير ضعيف إلى متوسط عند (r=0.3401) وهذه التغييرات رافقتها تغيرات في قيم رطوبة البذور المخزنة حيث انخفضت رطوبة البذور خلال فترة التخزين من 11.20% الى 8.90% وهذا الانخفاض في رطوبة البذور كان له ارتباط عكسي وقوي جدا مع ارتفاع في قيم الأحماض الدهنية الحرة للزيت في بذور القطن من 1.85% الى 3.52% وذلك عند قيم (r=-0.8071, p=0.0015) والذي بدوره انعكس سلباً على كمية فاقد الزيت ولون الزيت الناتج خلال عمليات التكرير والمعالجة اللاحقة للزيت حيث ازداد الفاقد من 7.47% الى 11.14% والذي بدوره رافقه استهلاك كميات أكبر من مادة الصودا المستخدمة في عمليات التكرير للزيت حيث ازدادت الكميات المستهلكة من 3.66 الى 13.5 كغ ماءات

صوديوم / 1 طن زيت ، وكما أظهرت معادلة التحديد المعدل (0.81) وهذه القيمة تدل أن الظروف البيئية للمستودع التقليدي أدت الى تدهور حوالي (81%) من جودة البذور المخزنة.

كلمات مفتاحية : بذور قطن، درجات حرارة، رطوبة نسبية ، حموض دسمة حرة

Effect of Temperature and Relative Humidity on Cotton Seed Quality During Storage

Ahmad Zaatar Nesreen Al-Bitar Abdul Aziz Abbara

Summary

The storage of cotton seeds, which extends for a period of 9-12 months, is of great importance because of its role in preserving the quality and vitality of the stored seeds. It was necessary to take into account the most important conditions related to the storage of these seeds, including the temperature and relative humidity of the storage rooms, in order to ensure proper storage of the seeds within the specified period, which in turn is reflected in the quality and quantity of oil produced from these stored seeds.

Therefore, this study measured temperature and relative humidity indicators within traditional seed storage rooms over a 12-month period. Variations in seed temperature and relative humidity were observed in correlation with external weather conditions; temperature exhibited a weak-to-moderate effect ($r = 0.3401$). These fluctuations were accompanied by changes in the moisture content of the stored seeds, which decreased from 11.20% to 8.90% during the storage period.This decrease in seed moisture led to an increase in the free fatty acid values of cottonseed oil from 1.85% to 3.52%, which in turn negatively impacted the amount of oil lost and the color of the resulting oil during refining and post-treatment processes. Losses increased from 7.47% to 11.14%, which was accompanied by a greater consumption of soda ash used in oil refining processes, with consumption increasing from 3.66 to 13.5 kg of soda ash per

ton of oil This decrease in seed moisture showed a very strong inverse correlation with the rise in free fatty acid levels in the cottonseed oil—increasing from 1.85% to 3.52% ($r = -0.8071$, $p = 0.0015$). This, in turn, negatively impacted oil loss and the color of the resulting oil during subsequent refining and processing; oil loss rose from 7.47% to 11.14%, accompanied by an increase in the caustic soda consumed during refining—rising from 3.66 kg to 13.5 kg per ton of oil. Furthermore, the adjusted coefficient of determination (0.81) indicates that the environmental conditions of the traditional warehouse caused a degradation of approximately 81% in the quality of the stored seeds..

Keywords: cottonseed, temperature, relative humidity, free fatty acids

مقدمة

تعتبر بذور القطن من المحاصيل الاستراتيجية الهامة في إنتاج العديد من المنتجات وفي مقدمتها زيت القطن الذي يستخدم كمنتج غذائي بالإضافة الى مادة اللينت والصابون والكسبة العلفية ، وأن وجود البذور الخام ضمن مستودعات التخزين لفترات زمنية طويلة /9-12/ شهر وتعرضها للعوامل الجوية المختلفة مثل الرطوبة ودرجات الحرارة العالية قد تؤدي الى حدوث بعض المشاكل المتعلقة بالبذور ومن ضمن هذه المشاكل التسخين الذاتي للبذور والتي تؤدي الى تدهور في الخصائص البيولوجية والميكانيكية والكيميائية للبذور والذي ينعكس على تدهور مواصفات الزيت في البذور والتي تؤدي من خلال مراحل التصنيع اللاحقة للبذور الى مواصفات زيت قطن سيئة من حيث المواصفات الكيميائية والتحليلية للزيت الخام وبالتالي صعوبات في عمليات التصنيع والتكرير لتحقيق الجودة المطلوبة ، اضافة الى انخفاض في المردود النهائي للزيت .

ويمكن تخزين بذور القطن لعدة سنوات في حال تم التحكم الدقيق في ظروف التخزين ضمن المستودعات مثل الرطوبة النسبية للهواء ودرجات الحرارة وتعتبر بذور القطن من البذور الغنية بالزيت وعرضة للتلف السريع .

لذلك كان الهدف من هذه البحث اعداد دراسة متكاملة عن أهم الشروط المتبعة والواجب توافرها في مستودعات تخزين وحفظ بذور القطن كمادة أولية مستخدمة لاحقا في انتاج زيت القطن مع امكانية الوصول الى أفضل مردود.

الدراسة المرجعية

تم اجراء العديد من الدراســات حول أهم الشــروط المتبعة في تخزين بذور القطن ضــمن مســتودعات التخزين من أجل الوصول الى أفضل مردود وجودة في عمليات تصنيع البذور وانتاج زيت قطن ضمن مواصــفات قياســية كمنتج غذائي قابل للاســتهلاك وقابل للتخزين ويمكن تعريف مفهوم تدهور البذور على أنه فقدان الجودة والحيوية والقوة وذلك اما بســبب الضــعف أو تأثير العوامل البيئية اثناء عملية التخزين ومن المفترض ان محتواها من الزيت يتأكسد بسهولة مما يؤدي غلى تدهور صحة البذور في الـــــتـــــخـــــزيـــــن.

(Kausar et al.2009) بناء على عوامل مختلفة مثل الظروف الجوية أثناء مرحلة انتاج البذور ،والأمراض، والآفات، وزيت البذور ، ومحتوى الرطوبة، والاضـرار الميكانيكية ، وفترة التخزين، ودرجة الحرارة والرطوبة النســبية في هواء المســتودعات، يمكن أن تؤثر على قوة البذور *.(Alaa M. E et al.2022)*

تحتوي بذور القطن على نسبة 15−20% زيت ويستخلص زيت القطن من البذور الخام إما بالعصر الميكانيكي أو باستخدام المذيبات وتختلف هذه النسبة من الزيت حسب نوعية البذور وظروف التخزين المتبعة.

ويختلف مردود زيت القطن الناتج باختلاف صنف البذور، الظروف المناخية، السنة المحصولية ،طرق المعالجة وظروف التخزين المتبعة ضمن المستودعات.

وتعتبر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للزيت مثل ارتفاع نسبة الأحماض الدسمة الحرة والنكهة الكريهة والرائحة غير المرغوبة ووجود البيروكسيدات والأصباغ اللونية وتكوين الأحماض الدسمة الحرة وعوامل الأكسدة وتزنخ الزيت من أهم العوامل التي تحدد استقرارية وتخزين الزيت.

وتتعرض بذور القطن نظراً لمحتواها العالي من الزيت الى التلف الذي يكون بطيء(ذاتي) أو سريع نتيجة ظروف التخزين غير الملائمة والذي يكون بسبب تأثير فعاليات الأنزيمات المحللة للدسم

(الليباز Lipases) ويقود تلف البذور الى تلف الزيت بشكل أساسي والذي يظهر على شكل ارتفاع في قيم الأحماض الدهنية الحرة.*(Baily, A.E. 1948)*

ودرس *(Kausar* et al *, 2009)* سلوك البذور أثناء عملية التخزين واعتبر أن البذور الزيتية حساسة للغاية للظروف البيئية القاسية ويمكن أن تؤثر العوامل المختلفة مثل الظروف الجوية بالإضافة الى الامراض التي تصيب البذور والآفات والرطوبة والاضرار الميكانيكية ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين وكل هذه العوامل أثرت بشكل منفرد أو مجتمعة على قوة البذور المخزنة وبالتالي سيكون الزيت عرضة للتأكسد بسهولة وللتزنخ السريع وبالتالي مدة تخزين قصيرة للزيت مع جودة منخفضة.

وقد اعتبر*(Soltani et al,2008)* أن جميع المكونات الحية تعتبر خاضعة للتقدم في العمر والهرم وتتناقص جودتها تدريجيا مع مدة التخزين ، وأن هناك عاملان رئيسيان للبيئة يؤثران على معدل تدهور وضعف البذور وهما الرطوبة النسبية والتي تتحكم في محتوى رطوبة البذور ودرجة الحرارة ،وتعتمد حساسية البذور للشيخوخة المتسارعة على درجة الحرارة والرطوبة النسبية ،حيث اعتبر أن التأثير المستمر لحيوية البذور من ناحية الحرارة يكون أكبر من تأثير الرطوبة النسبية.

وقد لاحظ *(Iqbal et al,2002)* سلوكية العوامل الجوية في تأثير البذور المخزنة واعتبر أن رطوبة البذور ودرجة الحرارة لهما دور كاف في طول عمر البذور واعتبر أن التوازن بين محتوى رطوبة البذور والرطوبة النسبية أمراً ضرورياً لتخزين البذور.

كما أظهر *(Kavitha et al,2017)* أنه عند تخزين بذور القطن ثلاثة أيام في ظروف بيئية قاسية غير مضبوطة أدت الى تدهور في خصائص البذور بشكل تدريجي وتسارع في حدوث الشيخوخة وبالمقابل فإنها كانت تعادل عشرة أشهر من التخزين الطبيعي في ذلك الوقت.

وقد وجد أن انتاج الحرارة ومعدل تكوين الأحماض الدسمة الحرة في كتلة بذور القطن يعتمد على الرطوبة الأولية للبذور ومحتوى الأحماض الدسمة الحرة فيها

وعلى الرغم من أن التهوية المستمرة تتحكم في درجة حرارة البذور وتقلل من محتوى الرطوبة بشكل ملحوظ الا أن معدل تكوين الأحماض الدسمة الحرة كان سريعا في جميع الاختبارات باستثناء البذور ذات الرطوبة المنخفضة أو المتوسطة في بداية التخزين ومحتوى الأحماض الدسمة الحرة المنخفضة حيث حدثت خسائر في محتوى الزيت تتناسب مع فترة التخزين.

حيث تعمل أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) على أكسدة طبقة الدهون الثنائية لتسريع تدهور البذور*(Balesevic-Tubic et al., 2005)*

علاوة على ذلك، فإن تخزين البذور في الأكياس التقليدية لا يمكنه الحفاظ على مستويات الرطوبة المنخفضة أثناء التخزين بسبب الاتصال المباشر مع الرطوبة النسبية المحيطة ويولد الحرارة الأيضية و ROSمما يؤدي إلى تدهور الجودة.*(Irfan et al.2020)*

ودرس (*J. M. Woodruff et la.1967)* حيث أُجريت تجربتان معمليتان لدراسة تأثير الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة وشدة الإضاءة على جودة بذور القطن.

حيث انخفضت جودة البذور مع ارتفاع الرطوبة النسبية فوق 60% خلال فترة تعريض مدتها 21 يوماً، وتسببت ارتفاع الرطوبة النسبية من 60% إلى 70% في انخفاض سريع في معدل نمو جذور الشتلات بعمر 5 أيام. أما رفع الرطوبة النسبية إلى 80% فأكثر فقد أدى إلى زيادة سريعة في الأحماض الدسمة الحرة المتراكمة في زيت البذور خلال فترة التعريض .

ولوحظ أنه لم يكن لرفع درجة حرارة فترة التعرض من 25 درجة مئوية إلى 40 درجة مئوية مع ثبات الرطوبة النسبية تأثير يُذكر على جودة البذور.

المواد وطرق البحث

تم إجراء هذه الدراسة في شركة زيوت حماة لتصنيع بذور القطن وبشكل خاص في مستودعات تخزين وحفظ بذور القطن الخام(المستودعات التقليدية) وتم أخذ عينات من بذور القطن إنتاج محلي لعام 2024 خلال فترات زمنية محددة بدءاً من لحظة ادخال البذور للمستودعات وحتى انتهاء موسم التخزين التي استمرت تقريبا /12/ شهراً حيث تم أخذ العينات بشكل عشوائي بواسطة عصا العينات المخصصة من مستويات مختلفة (السطح، الوسط، والقاعدة) ومن عدة نقاط موزعة على أركان الكومة أو الأكياس المخزونة، ثم تخلط معاً وتُقلّص للحصول على عينة نهائية ممثلة بوزن نصف إلى كيلوجرام واحد وتمت العملية السحب /5/ مرات في الشهر الواحد ومن ثم تم أخذ المتوسطات الحسابية للعينات المسحوبة خلال الشهر الواحد ،وتم مراقبة التغيرات البيئية المتعلقة بشروط التخزين من درجة الحرارة (البذور، هواء غرف التخزين) والرطوبة (رطوبة البذور البدائية ،الرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين) ،ودراسة الشروط المثلى للتخزين وربطها مع عملية انتاج زيت القطن وانعكاسها على جودة الزيت ومدة حفظه.

طرائق البحث

تم انتاج زيت القطن من البذور المخزنة بواسطة طريقة العصر الميكانيكي في شركة زيوت حماة وتم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والحسية في شركة زيوت حماة ومخابر كلية الهندسة الغذائية في جامعة حمص

العوامل المؤثرة في التخزين:

- **الرطوبة الأولية للبذور**(الرطوبة الحرجة للتخزين): تم استخدام فرن تجفيف على درجة حرارة 105مْ ومن ثم حساب الفرق .

$$\text{الرطوبة \%} = \frac{\text{بالوزن الفقد}}{\text{العينة وزن}} \times 100$$

- **درجة حرارة الوسط** : تم قياس درجات الحرارة لهواء غرف التخزين باستخدام جهاز *Thermometer*
- **الرطوبة النسبية للهواء:** تم قياس الرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين باستخدام جهاز قياس الرطوبة النسبية *Hygrometer*
- **الشوائب:** يقصد بها جميع المواد المخلوطة مع بذور القطن والتي ليست من البذرة نفسها، مثل الأتربة، الحصى، الأوراق، الأجزاء النباتية الغريبة، أو الحبوب التالفة والشوائب المعدنية أو العضوية

$$\text{الشوائب } \% = \frac{\text{وزن الشوائب}}{\text{وزن العينة}} \times 100$$



شكل (1) بذور قطن مع وجود اللينت والشوائب



شكل(2) بذور قطن بعد إزالة اللينت والشوائب

الاختبارات الكيميائية

- **تقدير نسبة الزيت في البذور:** تم باستخدام طريقة سوكسليت Soxhlet والمذيب العضوي الهكسان النقي وذلك لمدة /4/ ساعات واستخدام فرن التجفيف عند 105م حتى ثبات الوزن في تحديد نسبة الليبيدات وذلك وفق AOAC.2000



شكل (3) جهاز استخلاص الزيت من بذور القطن

- **الأحماض الدهنية الحرة(%FFA):** من خلال المعايرة باستخدام NaOH وفق طريقة AOAC.2000

اختبارات جودة زيت القطن المكرر

- **الأحماض الدهنية الحرة(FFA):** من خلال المعايرة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم في وجود مؤشر الفينول فتالين وفق طريقة AOAC.2000
- **اللون:** تم تحديد لون زيت بذرة القطن من حيث وحدات Lovibond وفق طريقة AOAC.2000

فاقد الزيت : تم اعتماد معادلة وايسون في تحديد نسبة فاقد الزيت بالاعتماد على النسبة المئوية للأحماض الدسمة الحرة

فاقد الزيت %=(2.2 × %FFA)+3.4

(الشعار– تكنولوجيا الزيوت–جامعة حمص/1994/)

ويُقصد باللينت (Lint) :في بذور القطن ألياف الوبر القصيرة أو الزغب المتبقي على قشرة البذرة بعد عملية الحلج الأولية، والتي يتم استخلاصها عبر آلات حلاقة أو نزع خاصة لتشكل مادة غنية بالسليلوز ذات أهمية صناعية واقتصادية بالغة

النتائج والمناقشة

جدول (1) مواصفات بذور القطن المستلمة وفق المكتب الهندسي لشركة زيوت حماة

الشوائب %	الأحماض الدهنية الحرة %	نسبة الزيت%	الرطوبة %	اللينت%
حد أعلى	حد أعلى	حد أدنى	حد أعلى	حد أدنى
1	0.8	18.5	9	13

جدول (2) مواصفات زيت القطن الخام وفق المكتب الهندسي لشركة زيوت حماة

فاقد الزيت %	الأحماض الدهنية الحرة %	استهلاك ترابة التصفية %	الرطوبة %	تفل %	اللون (أحمر)	
					مكابس	مذيب
15–12	2.5	2–1.5	0.1	0.1	10–8	5–3

جدول (3) مواصفات زيت القطن المكرر والمبيض والمزال الرائحة حسب م .ق. س لعام/ 2019

صابون ppm	الأحماض الدهنية الحرة %	بيروكسيد% mg/1kg oil	الرطوبة %	اللون وحدة لوفيبوند
حد أعلى 50	حد أعلى 0.6	حد أعلى 10	حد أعلى 0	0.3

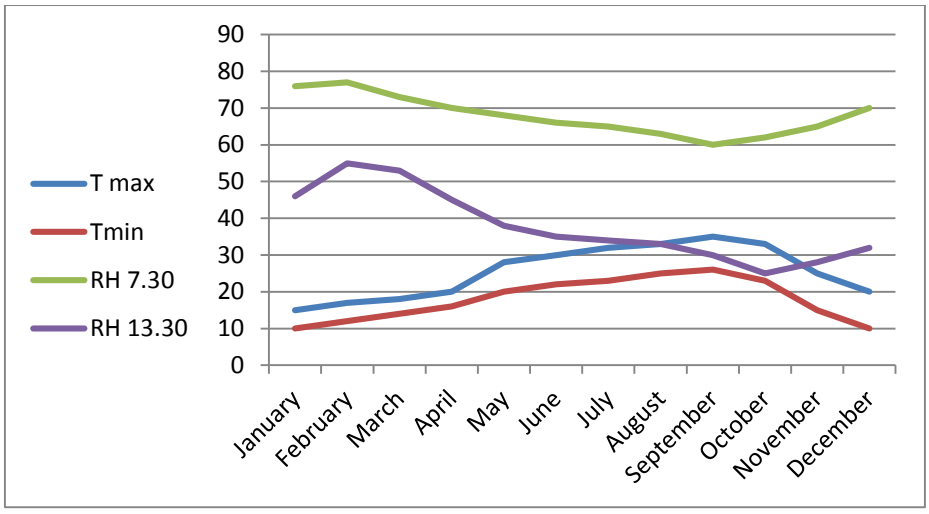
1-الاختبارات الفيزيائية التي تم اجرائها

تم قياس درجة حرارة الوسط المحيط بالبذور باستخدام ميزان حرارة وذلك خلال فترة صباحية وفترة الذروة عند الساعة الواحدة ظهرا وذلك خلال فترات زمنية معينة شهرية وتم تسجيل القراءات المتوسطات الشهرية لدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية ضمن مستودعات التخزين التقليدية

جدول(4) يبين المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف تخزين البذور

الشهر	عدد العينات (n)	درجة الحرارة العظمى (°م)	درجة الحرارة الصغرى (°م)	الرطوبة النسبية 7:30 صباحاً(%)	الرطوبة النسبية 13:30 مساءً(%)
January	5	15.00 ± 0.65 **g**	10.00 ± 0.42 **f**	76.00 ± 2.10 **a**	46.00 ± 1.80 **c**
February	5	17.00 ± 0.72 **fg**	12.00 ± 0.51 **ef**	77.00 ± 1.95 **a**	55.00 ± 2.20 **a**

53.00 ± 1.75 **ab**	73.00 ± 2.40 **ab**	14.00 ± 0.49 **de**	18.00 ± 0.58 **ef**	5	**March**
45.00 ± 1.90 **cd**	70.00 ± 2.15 **bc**	16.00 ± 0.62 **d**	20.00 ± 0.81 **e**	5	**April**
38.00 ± 1.40 **e**	68.00 ± 1.85 **cd**	20.00 ± 0.88 **bc**	28.00 ± 1.10 **c**	5	**May**
35.00 ± 1.65 **ef**	66.00 ± 2.30 **de**	22.00 ± 0.76 **ab**	30.00 ± 0.95 **bc**	5	**June**
34.00 ± 1.50 **ef**	65.00 ± 1.90 **de**	23.00 ± 0.82 **ab**	32.00 ± 1.15 **ab**	5	**July**
33.00 ± 1.35 **ef**	63.00 ± 2.05 **ef**	25.00 ± 0.91 **a**	33.00 ± 1.02 **ab**	5	**August**
30.00 ± 1.20 **f**	60.00 ± 2.50 **f**	26.00 ± 0.98 **a**	35.00 ± 1.28 **a**	5	**September**
25.00 ± 1.10 **g**	62.00 ± 1.80 **f**	23.00 ± 0.70 **ab**	33.00 ± 0.89 **ab**	5	**October**
28.00 ± 1.45 **fg**	65.00 ± 2.10 **de**	15.00 ± 0.55 **d**	25.00 ± 0.74 **d**	5	**November**
32.00 ± 1.30 **f**	70.00 ± 1.95 **bc**	10.00 ± 0.40 **f**	20.00 ± 0.61 **e**	5	**December**



مخطط (1) يوضح العلاقة بين درجات الحرارة والرطوبة النسبية مع الزمن

لوحظ أن الفارق في الرطوبة النسبية من شهر 1 الى الشهر12 (الفترة القياسية لتخزين البذور) لا يتجاوز الفارق حوالي 10 % وبالتالي توجد رطوبة نسبية عالية ضمن مستودعات التخزين التقليدية.

أما بالنسبة لدرجات الحرارة لهواء غرف التخزين لوحظ ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة ضمن غرف التخزين مع ارتفاع درجة حرارة الوسط الخارجي

ومن خلال الجدول السابق لوحظ التغيير في الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة لهواء غرف تخزين البذور بما يتناسب مع الوسط الخارجي وهذا التغير في الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة يصاحبه تغير في خصائص البذور المخزنة وتدهورها مع الزمن.

جدول(5) يبين المتوسطات الشهرية لنسب رطوبة البذور ونسبة الشوائب واللينت في بذور القطن

الشهر	عدد العينات (n)	رطوبة البذور(%)	الشوائب(%)	اللينت(%)
January	5	11.20 ± 0.35 **a**	1.51 ± 0.08 **a**	11.82 ± 0.41 **a**
February	5	10.53 ± 0.29 **b**	1.72 ± 0.11 **a**	11.74 ± 0.38 **a**
March	5	10.06 ± 0.31 **bc**	1.56 ± 0.07 **a**	11.65 ± 0.45 **a**
April	5	9.72 ± 0.24 **cd**	1.69 ± 0.12 **a**	11.82 ± 0.39 **a**
May	5	9.40 ± 0.18 **de**	1.43 ± 0.06 **a**	11.90 ± 0.52 **a**
June	5	9.35 ± 0.22 **de**	1.61 ± 0.09 **a**	11.53 ± 0.33 **a**
July	5	9.17 ± 0.15 **e**	1.30 ± 0.05 **a**	11.66 ± 0.40 **a**
August	5	9.16 ± 0.19 **e**	1.52 ± 0.10 **a**	11.88 ± 0.47 **a**

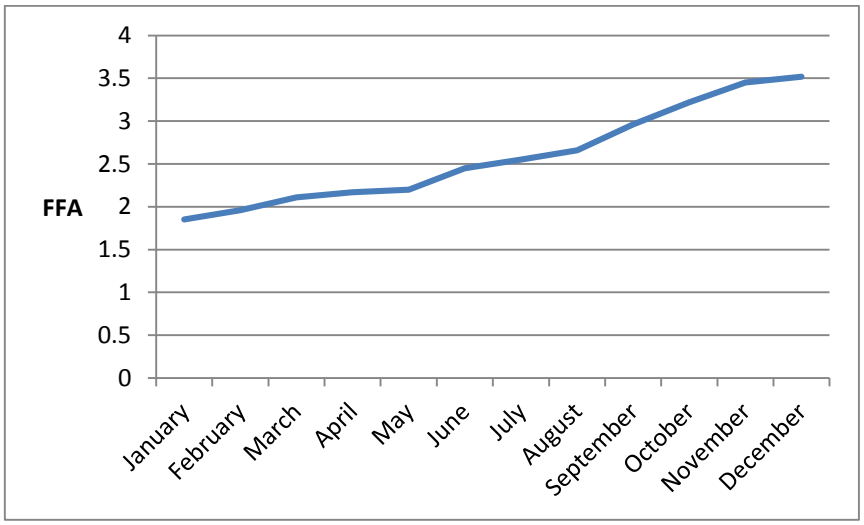
11.82 ± 0.36 **a**	1.82 ± 0.14 **a**	9.08 ± 0.21 **e**	5	**September**
11.80 ± 0.42 **a**	1.38 ± 0.08 **a**	9.06 ± 0.17 **e**	5	**October**
11.65 ± 0.39 **a**	1.73 ± 0.11 **a**	9.02 ± 0.14 **e**	5	**November**
11.50 ± 0.31 **a**	1.55 ± 0.07 **a**	8.90 ± 0.11 **e**	5	**December**

لوحظ من خلال الجدول السابق انخفاض رطوبة البذور بشكل تدريجي مع الزمن وهذا الانخفاض نتيجة التغييرات الحاصلة في درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين، وأما بالنسبة للأجرام واللينت لوحظ تغير طفيف لقيم اللينت والشوائب ناتجة عن تغيرات ظروف التخزين أو بسبب الاختلاف في سحب العينات المتفاوتة .

جدول(6) يبين نسبة الزيت والأحماض الدهنية الحرة (FFA) لبذور القطن المخزنة

الشهر	عدد العينات (n)	نسبة الزيت(%)	الأحماض الدهنية الحرة(%) FFA
January	5	20.55 ± 0.48 **a**	1.85 ± 0.09 **g**
February	5	20.48 ± 0.51 **a**	1.96 ± 0.11 **fg**
March	5	20.25 ± 0.39 **ab**	2.11 ± 0.08 **ef**
April	5	20.27 ± 0.42 **ab**	2.17 ± 0.12 **ef**

2.20 ± 0.14 **ef**	19.96 ± 0.55 **b**	5	**May**
2.45 ± 0.15 **de**	20.45 ± 0.37 **a**	5	**June**
2.55 ± 0.18 **cd**	20.36 ± 0.46 **ab**	5	**July**
2.66 ± 0.13 **c**	20.44 ± 0.41 **a**	5	**August**
2.96 ± 0.22 **b**	20.00 ± 0.60 **b**	5	**September**
3.22 ± 0.19 **a**	20.13 ± 0.52 **ab**	5	**October**
3.45 ± 0.25 **a**	19.94 ± 0.49 **b**	5	**November**
3.52 ± 0.21 **a**	19.97 ± 0.44 **b**	5	**December**



مخطط (2) يبين العلاقة بين الزمن و FFA

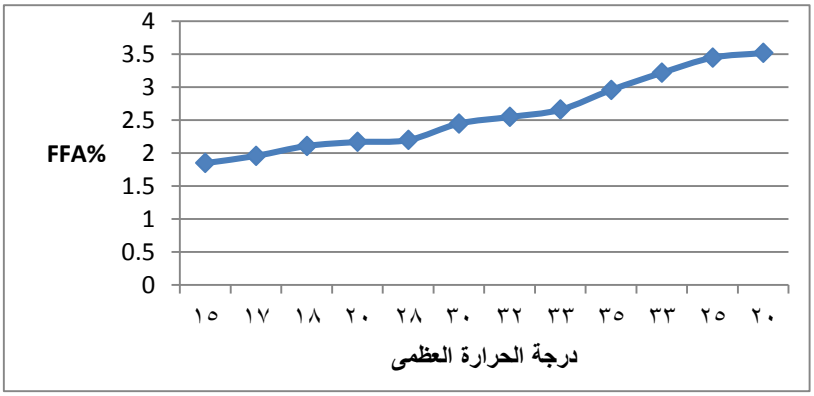
لوحظ من خلال الجدول السابق ارتفاع نسبة الأحماض الدهنية الحرة بشكل كبير في بذور القطن المخزنة مع تزايد الفترة الزمنية لتخزين البذور ويعود هذا الارتفاع الى التدهور الحاصل في بذور القطن المخزنة ضمن المستودعات والتي تعرضت مسبقاً الى تغييرات في درجات حرارة الوسط المحيط والرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين وتغيرات في رطوبة البذور هذا التدهور في خصائص البذور نتج عنه ارتفاع في نسبة الأحماض الدهنية الحرة في زيت بذور القطن وأما بالنسبة لنسبة الزيت في البذور لوحظ انخفاض النسبة في البذور مع الزمن بشكل طفيف جدا.

جدول(7) يبين مؤشرات تكرير الزيت وكميات هيدروكسيد الصوديوم وفاقد الزيت

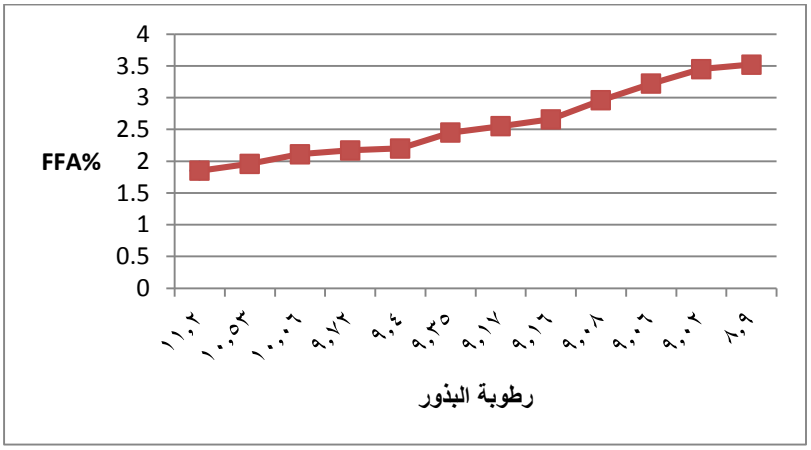
الشهر	عدد العينات (n)	الأحماض الدهنية الحرة FFA (%)	كمية هيدروكسيد الصوديوم (كغ/1 طن زيت)	فاقد الزيت (%)	اللون (أحمر) وحدة لوفيبوند
January	5	1.85 ± 0.09 **g**	3.66 ± 0.12 **g**	7.47 ± 0.25 **g**	8 ± 0.0 **d**
February	5	1.96 ± 0.11 **fg**	3.90 ± 0.15 **fg**	7.71 ± 0.29 **fg**	8 ± 0.0 **d**
March	5	2.11 ± 0.08 **ef**	4.18 ± 0.11 **ef**	8.04 ± 0.18 **ef**	9 ± 0.5 **c**
April	5	2.17 ± 0.12 **ef**	4.30 ± 0.14 **ef**	8.17 ± 0.22 **ef**	9 ± 0.5 **c**
May	5	2.20 ± 0.14 **ef**	4.36 ± 0.18 **ef**	8.24 ± 0.31 **ef**	9 ± 0.5 **c**

June	5	2.45 ± 0.15 **de**	4.86 ± 0.16 **de**	8.79 ± 0.35 **de**	10 ± 0.0 **b**
July	5	2.55 ± 0.18 **cd**	5.06 ± 0.22 **cd**	9.01 ± 0.41 **cd**	10 ± 0.0 **b**
August	5	2.66 ± 0.13 **c**	5.28 ± 0.15 **c**	9.25 ± 0.28 **c**	10 ± 0.0 **b**
September	5	2.96 ± 0.22 **b**	5.88 ± 0.26 **b**	9.91 ± 0.50 **b**	10 ± 0.0 **b**
October	5	3.22 ± 0.19 **a**	6.40 ± 0.20 **a**	10.48 ± 0.44 **a**	10 ± 0.0 **b**
November	5	3.45 ± 0.25 **a**	6.84 ± 0.29 **a**	11.00 ± 0.55 **a**	11 ± 0.5 **a**
December	5	3.52 ± 0.21 **a**	6.98 ± 0.24 **a**	11.14 ± 0.48 **a**	11 ± 0.5 **a**

القيم في الجداول تمثل المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لـ (n=5) تكرارات. المتوسطات التي تحمل حروفاً مختلفة عمودياً ضمن نفس العمود توجد بينها فروق ذات دلالة إحصائية حسب اختبار ANOVA ومن ثم الاختبار البعدي توكي (Tukey's HSD) عند مستوى دلالة ($p<0.05$)

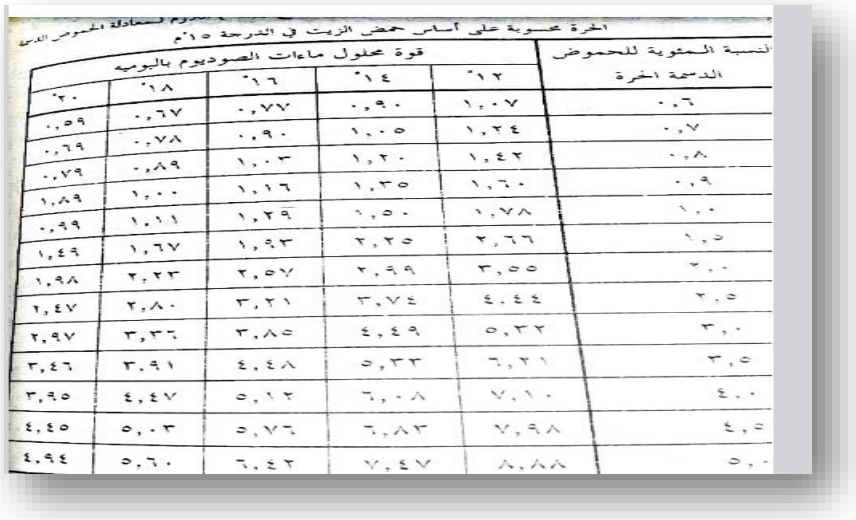


مخطط (3) يبين scatter plot بين درجة الحرارة FFA

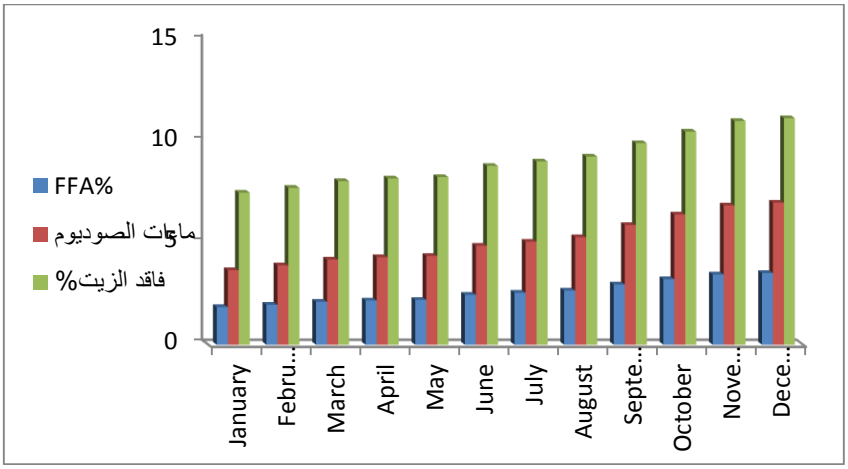


مخطط (4) يبين scatter plot بين رطوبة البذور و%FFA

جدول (8) يوضح كمية ماءات الصوديوم اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية الحرة محسوبة على أساس حمض الزيت أثناء تكرير الزيت الخام



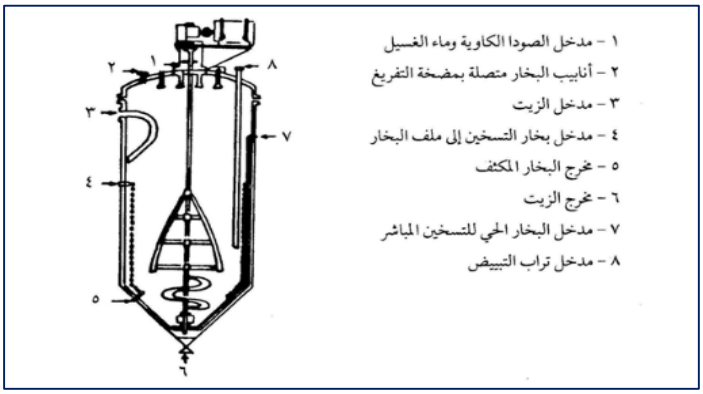
النسبة المئوية للحموض الدسمة الحرة	قوة محلول ماءات الصوديوم بالبومية				
	°١٢	°١٤	°١٦	°١٨	°٢٠
٠,٦	١,٠٧	٠,٩٠	٠,٧٧	٠,٦٧	٠,٥٩
٠,٧	١,٢٤	١,٠٥	٠,٩٠	٠,٧٨	٠,٦٩
٠,٨	١,٤٢	١,٢٠	١,٠٣	٠,٨٩	٠,٧٩
٠,٩	١,٦٠	١,٣٥	١,١٦	١,٠٠	٠,٨٩
١,٠	١,٧٨	١,٥٠	١,٢٩	١,١١	٠,٩٩
١,٥	٢,٦٦	٢,٢٥	١,٩٣	١,٦٧	١,٤٩
٢,٠	٣,٥٥	٢,٩٩	٢,٥٧	٢,٢٣	١,٩٨
٢,٥	٤,٤٤	٣,٧٤	٣,٢١	٢,٨٠	٢,٤٧
٣,٠	٥,٣٢	٤,٤٩	٣,٨٥	٣,٣٦	٢,٩٧
٣,٥	٦,٢١	٥,٢٣	٤,٤٨	٣,٩١	٣,٤٦
٤,٠	٧,١٠	٦,٠٨	٥,١٢	٤,٤٧	٣,٩٥
٤,٥	٧,٩٨	٦,٨٣	٥,٧٦	٥,٠٣	٤,٤٥
٥,٠	٨,٨٨	٧,٤٧	٦,٤٢	٥,٦٠	٤,٩٤



مخطط (5) العلاقة بين الحموض الدهنية الحرة وماءات الصوديوم المستهلكة وفاقد الزيت

من خلال المخطط البياني السابق لوحظ ارتفاع النسبة المئوية للحموض الدسمة الحرة لزيت القطن الخام مع الزمن وبالتالي ارتفاع النسبة المئوية لكمية ماءات الصوديوم المستخدمة في معايرة الزيت خلال عملية التكرير تزامنا مع ارتفاع النسبة المئوية لفاقد الزيت.

شكل (4)عملية تكرير زيت القطن الخام الناتج عن بذور القطن المخزنة



جدول(9) يوضح التغيرات من بداية التخزين January/2024 – *December*/2024

خلال فترة تخزينية للبذور 12 شهر كما يلي

	FFA البذور %	رطوبة البذور %	ماءات الصوديوم كغ/1طن زيت	فاقد الزيت %
January	1.85	11.20	3.66	7.47
December	3.52	8.90	6.98	11.14

لوحظ من خلال الجدول السابق

-انخفاض رطوبة البذور من 11.20% الى 8.90%

-زيادة النسبة المئوية للحموض الدسمة الحرة في بذور القطن من 1.85% الى 3.52% وذلك نتيجة التخزين السيء والتغيرات في درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف تخزين البذور والذي نتج عنه :

- ارتفاع كمية ماءات الصوديوم المستخدمة أثناء معالجة الزيت الخام وتكريره من 3.66 الى 6.98 كغ ماءات صوديوم / 1 طن زيت
- ارتفاع النسبة المئوية لفاقد الزيت من 7.47% الى 11.14%

التحليلات الإحصائية المتقدمة للبحث

1- اختبار ارتباط بيرسون (Pearson Correlation)

تم حساب الارتباط بين الأحماض الدهنية الحرة (FFA) والمتغيرات البيئية (باعتماد متوسط الحرارة والرطوبة الشهرية):

- **درجة الحرارة وFFA** : وجد ارتباط طردي ضعيف إلى متوسط ($r=0.3401$)، وهو غير دال إحصائياً عند هذه العينة المقارنة ($p=0.2793$)
- **الرطوبة النسبية المحيطة وFFA** : وجد ارتباط عكسي قوي جداً ودال إحصائياً ($r=-0.7918$, $p=0.0021$).
- **رطوبة البذور الداخلية وFFA** : وجد ارتباط عكسي قوي جداً وعالي الدلالة ($r=-0.8071$, $p=0.0015$)، مما يؤكد حقيقة التحلل الإنزيمي الذاتي المتسارع مع جفاف البذور تدريجياً في المخازن التقليدي حيث أن الرطوبة المرتفعة ببداية التخزين تحصل نوع من الاحتراق الذاتي والتي تساعد على عملية الأكسدة وبالتالي ارتفاع في قيم الحموض الدهنية الحرة.

2- تحليل انحدار خطي متعدد (Multiple Linear Regression)

لربط تراكم الـــــFFA بالمتغيرات البيئية المشتركة (درجة الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة)، أظهر النموذج قوة تفسيرية عالية جداً:

- **معامل التحديد المعدل (Adjusted R^2)**: **0.813** أي أن الظروف البيئية للمســتودع التقليدي تفسر 81.3% من تدهور جودة الزيت).
- **معادلة التنبؤ المقترحة**

$$FFA(\%)=9.8889-0.0687(Temp)-0.1097(RH)$$

- **الدلالة الإجمالية للنموذج** : دال جداً إحصائياً ($P<0.00021$)

الاستنتاجات والتوصيات

-مما سبق نستنتج أن الرطوبة النسبية ودرجات حرارة هواء مستودعات تخزين البذور أهم عاملين يتحكمان في جودة بذور القطن المخزنة حيث كان لدرجة الحرارة تأثير ضعيف إلى متوسط عند ($r=0.3401$) وهو غير دال إحصائياً عند هذه العينة المقارنة ($p=0.2793$)

- وهذه التغييرات رافقتها تغيرات في قيم رطوبة البذور المخزنة حيث انخفضت رطوبة البذور خلال فترة التخزين من 11.20% الى 8.90% وهذا الانخفاض في رطوبة البذور كان له ارتباط عكسي وقوي جدا مع ارتفاع في قيم الأحماض الدهنية الحرة للزيت في بذور القطن من 1.85% الى 3.52% وذلك عند قيم ($r=-0.8071$, $p=0.0015$) والذي بدوره انعكس سلباً على كمية فاقد الزيت ولون الزيت الناتج خلال عمليات التكرير والمعالجة اللاحقة للزيت حيث ازداد الفاقد من 7.47% الى 11.14% والذي بدوره رافقه استهلاك كميات أكبر من ماءات الصوديوم المستخدمة في عمليات التكرير للزيت حيث ازدادت الكميات المستهلكة من 3.66 الى 13.5 كغ ماءات صوديوم/ 1 طن زيت ،

-وكما أظهرت معادلة التحديد المعدل (0.81) وهذه القيمة تدل أن الظروف البيئية للمستودع التقليدي أدت الى تدهور حوالي (81%) من جودة البذور المخزنة.

-ومن خلال هذا البحث تم التوصل إلى أن الشيخوخة المتسارعة في بذور القطن المخزنة في المستودعات التقليدية كانت بسبب العوامل البيئية المختلفة من درجات حرارة ورطوبة عالية والتي تعتبر العامل الأهم في عملية التخزين حيث أن رطوبة البذور العالية في بداية عملية التخزين تنخفض مع الزمن وترتفع بذلك الحموض الدهنية الحرة حيث يحصل نوع من الاحتراق الذاتي والذي يساعد على عملية أكسدة الحموض الدهنية وتحويلها إلى حموض دهنية حرة وهذا يتفق مع *(Kavitha et al , 2017)* الذي وجد أن انتاج الحرارة ومعدل تكوين الأحماض الدهنية الحرة في كتلة بذور القطن يعتمد على الرطوبة الأولية للبذور ومحتوى الأحماض الدسمة الحرة فيها .

-لذلك يفضل استخدام أنظمة التهوية الفعالة في مستودعات تخزين البذور مثل مراوح التهوية الفعالة لتخفيف التغييرات البيئية الحاصلة في مستودعات التخزين وذلك من خلال ضبط هذه المؤشرات وبالتالي تقليل التغييرات في مستويات الأحماض الدهنية الحرة ضمن البذور والتي سيتم دراستها في أبحاث مستقبلية متممة لهذا البحث.

المراجع

الشعار، محمد علي، تكنولوجيا الزيوت ومنتجاتها، منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، حمص، سوريا(1994).

A.O.A.C. (2000). Association of official agricultural chemists, official methods of analysis. 14th ed Washington, D.C.

Alaa M. E. A. Shahein1*, Nagwa E. Shalaby1 and Badeaa A Mahmoud (2022). Effect of Storage Period and Condition on Cotton Seed Viability and Its Chemical Compositio. Journal of the Advances in Agricultural Researches (JAAR) Volume:27(3)

Balešević,–Tubić, S., D. Malenčić, M. Tatić and J. Miladinović (2005). Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. Helia. 28(42): 107–114.

Balešević–Tubić, S., M. Tatić, V. orđević, Z. Nikolić and V. ukić (2010). Seed viability of oil crops depending on storage conditions. HELIA. 33(52): 153–160.

Baily, A.E. (1948). Cottonseed Oil In " Cottonseed and Cottonseed Products" A.E. Bailey (ed). Interscience Publish Inc New York

Irfan Afzal a, Muhammad Kamran a , Shahzad Maqsood Ahmed Basra a , Sultan Habib Ullah Khan b, Abid Mahmood c , Muhammad Farooq a ,

Daniel K.Y. T.(2020) Harvesting and post-harvest management approaches ،for preserving cottonseed quality.j, Industrial Crops & Products.155(2020).

Iqbal, N., S.M.A. Basra and K. UR-Rehman (2002). Evaluation of vigour and oil quality in cottonseed during accelerated aging. Int. J. Agri. Biol. 4(3): 318-322.

Kausar, M, T. Mahmood, S. M. A. Basra and M. Arshad (2009). Invigoration of low vigor sunflower hybrids by seed priming. Int J Agric Biol. 11:521-528.

Kavitha, S., C. Menaka and M. Ananthi (2017). Deterioration in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds under natural and accelerated ageing. International Journal of Chemical Studies. 5(4): 1141-1146.

Soltani, E., B. Kamkar, S. Galeshi and F. Akram Ghaderi (2008). The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15(1):13-17.

Sultan, M. S., M. A. Abdel-Moneam, Y. M. EL-Mansy, B. R. Goda and Doha A. Attia (2020). Impact of accelerated ageing process on viability of Egyptian cotton seeds. J. of Plant Production, Mansoura Univ. 11 (2):153 - 157.

Shelar, V.R., 2008. Role of mechanical damage indeterioration of soybean seed qualityduring storage -a review. Agric. Rev. 29 (3), 177-184

McCain, F. S. Hoveland C. S. Woodruff, J. M (1967). Effect of Relative Humidity, Temperature, and Light Intensity During Boll Opening on Cottonseed Quality. AGRONOMY JOURNAL, VOL. 59,p444