طرق تخزين الحبوب

للدكتور حسن رجائى *

مقدمة

يلعب

تخزين الحبوب المختلفة دوراً هاما فى حياة الأمم والشعوب من النواحى الاقتصادية والتجارية والزراعية ، ولذا اهتمت الدول جميعها بهذا الموضوع الحيوى . . فمنذ عهد بعيد كانت مصر القديمة مزرعة كبيرة لأنواع مختلفة من الحبوب ، وكانت الأقطار المجاورة تتطلع إليها للحصول على حاجياتها منها « رزق عطية ، ١٩٣٢ » ، وكلنا نذكر قصة سيدنا يوسف وكيف كفى محصول سبع سنوات جيدة حاجات الشعب فى السبع سنوات العجاف التى تلتها ، وكيف نظم المصريون وجيرانهم التخزين فتفادوا هول القحط والجوع طوال سبع سنوات .

تختلف طرق التخزين حسب البلاد المختلفة ، ومن حيث تقدمها الزراعى والاقتصادى إلى طرق بدائية وطرق حديثة . ويختلف لذلك مدى الخسارة الناشئة من استعمال هذه الطرق تحت ظروف التخزين المختلفة . وفى عام ١٩٤٧ قدرت مؤسسة الأغذية والزراعة ما يفقده العالم سنويا من القمح بنحو ٢٦ مليون طن أى ما يوازى ٦ ر ٦ ٪ من مجموع محصول الحبوب فى ٤٨ دولة من أعضائها . وقدرت الخسائر السنوية الناشئة عن طرق التخزين البدائية فى الاقليم المصرى بنحو ربع مليون طن من مختلف الحبوب تبلغ قيمتها بالسعر الدولى نحو ٤ ملايين من الجنيهات المصرية « حسين عارف ، ١٩٦٠ » .

كذلك اهتمت حكومة الثورة المباركة اهتماما كبيرا وأولت موضوع تخزين الحبوب عناية كبيرة وترتب على هذا تكوين الهيئة العامة للتخزين التى قامت ببناء الصوامع الحديثة والتى سنتكلم عنها فيما بعد .

طـــرق التخزين :

أولا : الطرق القديمة :

كان المصريون القدماء يخزنون حبوبهم كما يلى :

---

* الدكتور حسن رجائى : رئيس بحوث بقسم فسيولوجيا المحاصيل بوزارة الزراعة .

١ — فى حفر بالأرض تبطن جوانبها بحصير من القش ويوضع فيها الحب بين طبقتين من القش أحدهما فى القاع والأخرى فوق سطح الحبوب .

٢ — فى سلال مصنوعة من البوص لها أغطية من نفس البوص توضع فى الحفر وكانت تطلى بالطين من الداخل قبل الاستعمال .

٣ — فى صوامع صغيرة مصنوعة من الطين توضع فوق سطح الأرض وأبعادها ٣٥ بوصة ارتفاعا وقطرها عند القاعدة حوالى ٣٦ بوصة وعند القمة حوالى ١٨ بوصة ، ويوجد عند القمة ثقب توضع منه الحبوب التى كانت تسحب من نفس الثقب .

أما فيما يلى ذلك من العصور التاريخية فقد كان التخزين بإحدى الطرق الآتية :

١ — فى العراء على هيئة أكوام فى مكان ذى أسوار .

٢ — بغرف خاصة منفصلة عن منزل المالك .

٣ — بصوامع كبيرة مخروطية الشكل تقريبا ويبلغ قطرها حوالى ٦ أقدام وارتفاعها حوالى ١٦ قدما لها فتحات من أعلا يمكن الوصول إليها بسلم ومنها يملأ المخزن ، ويؤخذ القمح عادة من فتحات عند قواعد الصوامع تفتح عند الحاجة ثم تغلق .

٤ — فى مستودع كبير يتكون من صف أو صفين من المقصورات متقابلين يفصلهما دهليز به سلم يوصل إلى سطح هذه المقصورات .

ثانيا : الطرق الحالية :

ويمكن اجمالها فيما يلى :

١ — طمر الحبوب فى جوف الأرض فى حفر وسط الرمال ويستعملها سكان الواحات بالصحراء فى تخزين الفول بجنوب الإقليم المصرى فى الجهات الغربية من الصحراء .

٢ — تخزين الحبوب فى العراء سائبة على هيئة أكوام كبيرة « أهراى » وتشوينها فوق الثرى .

٣ — التخزين فى غرارات ترص فى طبقات منتظمة على عروق من الخشب .

٤ — التخزين فى صوامع من الطين المختلط مع القش وهى بأحجام مختلفة تختلف سعتها من أردب واحد إلى ١٢٥ أردبا .

٥ — التخزين بغرف عادية هى جزء من مسكن المنتج أو التاجر .

٦ — التخزين فى مخازن كبيرة .

٧ — الشون الحكومية : وتقع فيها طريقتا ٢ ، ٣ . ويبلغ العدد الحالى لها نحوا من خمسمائة موزعة على مناطق الإنتاج بالريف والاستهلاك بالمدن والمحافظات . ولم يكن الغرض الأول من إنشاء هذه الشون فى عام ١٩٣١ هو تخزين المحاصلات بل كان هو معونة الفلاح وتقديم القروض له بضمان محاصلاته .

٨ — الصوامع الحكومية : فى عام ١٩٤٠ قام بنك التسليف ببناء ثلاث مجموعات من صوامع أفقية صغيرة الحجم سعة الصومعة الواحدة سبعون أردبا فى الجيزة وكفر الزيات والمنصورة وفى عام ١٩٤٢ بنى البنك ١٩ مجموعة أخرى من هذا النوع فوق أراضيه فى السنبلاوين ودكرنس وميت غمر وفاقوس والدلنجات والمنصورة وكفر الزيات . وفى عام ١٩٤٣ بنت الحكومة ٢٨٠٠ صومعة سعة الواحدة ١٠٠ أردب على أراضيها بمديرية البحيرة والغربية والدقهلية والشرقية والمنوفية والقليوبية . وعموما لم تكن هذه الصوامع وليدة دراسات فنية سليمة ولذلك تختلف عن تحقيق الأغراض التى تتطلبها عملية التخزين الحديثة .

ثالثا : الطرق الحديثة :

وتتلخص تخزين الغلال على حالة سائبة وعلى نطاق كبير . . ويشترك فيها الفن الهندسى والزراعى ، والأول مسئول عن إقامة مخازن أفقية أو ذات مواصفات معينة تتفق مع كفاءة التخزين المطلوبة ثم تجهيز هذه المخازن بآلات

ميكانيكية لاستقبال ونقل ووزن وتجهيز وشحن القمح والثانى مسئول عن صفات الحبوب وخواصها الحيوية وصيانتها من التلف الحيوى والميكروبيولوجى والحشرى .

وتنقسم مخازن الحبوب السائبة إلى نوعين يعرف أحدهما بالمخازن الأفقية والثانى بالصوامع .

١ — المخازن الأفقية : الحجم المعتاد للمخزن الأفقى الواحد هو ٤٠٠٠ طن. ويقام عادة من طابق واحد ويستخدم فى تشييده مواد البناء العادية وتقام أرضيته وأسقفه من الأسمنت المسلح ، ويبلغ طوله ٦٠ مترا وعرضه ٢٠ مترا وارتفاعه الكامل ١٠ أمتار ويلحق به بدروم ارتفاعه ٣ أمتار يعد للتفريغ والنقل للخارج . وتخزن الحبوب فيه فى كومات كبيرة هرمية الشكل على نمط النظام المتبع فى الشون المصرية .. ويشغل الطن الواحد من القمح مسطحا قدره ٣٠ سم٢ وفى الصوامع ٦ سم٢ .

وأهم عيوب هذا النوع هو بطء حركة تشغيله مما يعده للتخزين الطويل فى مناطق الإنتاج وخاصة فى المناطق المطيرة وهو لذلك لا يصلح اقتصاديا للمخزن التوزيع ولا يزيد عدد مرات ملء وتفريغ هذا النوع فى العام عن المرة الواحدة غالبا ويقابل ذلك ٤ — ٨ مرات فى العام بالنسبة للصوامع ، ولا يصلح هذا النوع للبلدان الحارة لصعوبة تهوية محتوياته .

٢ — الصوامع : لاتختلف فى شكلها العام عن خلية النحل . وتتكون الوحدة الكاملة منها من خلايا عميقة متراصة فى صفوف ويتراوح عدد الخلايا فى الصف الواحد منها ما بين ٤ — ٥ خلايا فى الصوامع متوسطة الحجم إلى اثنى عشر خلية أو مكرراتها فى الصوامع الكبيرة .. والشكل العادى لهذه الخلايا هو الشكل الأسطوانى وقد تكون أحيانا مربعة الشكل أو سداسيته .. وتقام جدرانها من من الأسمنت المسلح لزاياه العديدة عن الخشب أو الألواح المعدنية .

وفضلا عن متانة الأسمنت المسلح وقوة متانته فإنه موصل ردىء للحرارة

لذلك لانتأثر الحبوب المخزونة بداخله كثيرا بتقلبات الحرارة الجوية وعلاوة على هذا فإن تطهير الصوامع المصنوعة من الأسمنت المسلح أكثر يسرا من غيرها المبنية جدرانها من الخشب أو الحجر.

ويستخدم الخشب في الخارج في تشييد الصوامع القروية الصغيرة وكذلك في إقامة صوامع المطاحن القروية ويفضل ألا يزيد قطرها عن ٣ أمتار.. وأما الألواح المعدنية فاستعمالها شائع في تشييد الصوامع الصغيرة غير أن تكاليف صيانتها مرتفعة بالإضافة إلى كونها مادة جيدة التوصيل للحرارة تؤدي إلى تبخر الرطوبة من الطبقات السفلى وتعرض حبوب الطبقات العليا للبلل.

وعلى العموم لاتوجد أنواع خاصة من الصوامع للأنواع المختلفة من الحبوب بل تصلح الصومعة الواحدة لتخزين جميع أنواع الحبوب بشرط تطهير خلايا التخزين قبل الاستعمال للتخلص من مصادر العدوى الحشرية والمرضية.. يتراوح قطر الواحدة ما بين ٢ — ١٠ أمتار وارتفاعها ما بين ٢٥ — ٣٥ مترا، وتتراوح سعة الخلية الواحدة من الصوامع الكبيرة ما بين ٥٠٠ — ١٠٠٠ طن من القمح الذي تبلغ كثافته النوعية ٠,٧٥.

وفي الإقليم المصري، قام مجلس الإنتاج القومي بدراسة موضوع التخزين واستعان في دراساته ببعض الخبراء الأجانب وبدأ العمل في إبريل سنة ١٩٥٨ في بناء صومعتين كبيرتين إحداهما بالإسكندرية والأخرى بالقاهرة سعة الأولى ٣٠ ألف طن والثانية ٤٠ ألف طن زيدتا فيما بعد إلى ٤٨ ألف طن و٥٨ ألف طن على التوالي وذلك بتكاليف كلية قدرها ٢,٥ مليون جنيه مصري وتشمل مصروفات إنشاء رصيف بحري بميناء الإسكندرية ورصيف نهري بالقاهرة.

التغيرات الفسيولوجية التي تحدث عند تخزين الحبوب:

تتعرض الحبوب المخزونة لكثير من التغيرات الفسيولوجية تبعا لظروف التخزين وطبيعة الحبوب المخزونة. وأن من الأهمية بمكان في تخزين الحبوب بطريقة سليمة معرفة التفاعلات التي تحدث بين ظروف الحبوب والعوامل الجوية والكائنات

الحية الدقيقة والتى تؤثر على عملية التنفس والعمليات المتصلة بها . والتهوية مكان التخزين أثر كبير على نسبة الأوكسيجين وثانى أوكسيد الكربون الموجودين فى الجو كما تؤثر على الحرارة والرطوبة ، وبؤثر كل هـــذا على تنفس الحبوب ونمو الكائنات الحية الدقيقة وعلى التغيرات غير المرغوب فيها الأنزيمات داخل الحبوب المخزونة .

ونظراً لتداخل كثير من العوامل المؤثرة على عملية التخزين فإننا سنحاول أن نفرد تأثير كل عامل من هذه العوامل الرئيسية على العمليات الحيوية المختلفة التى تحدث للحبوب أثناء تخزينها .

أولا : عامل الرطوبة :

تعتبر نسبة الرطوبة فى الحبوب عاملا من العوامل الرئيسية المحددة لدرجة تنفس الحبوب المخزونة . ولقد ثبت ذلك فى دراسات Bailey and Gurian « ١٩١٨ » على القمح ، Bailey « ١٩٢١ » على الذرة و Bailey « ١٩٤٠ » على الشوفان والشعير والزيلم والكتان ، Coleman وآخرون « ١٩٢٨ » على الذرة الرفيعة . وتختلف هذه الحبوب فى درجة تنفسها النسبية على درجة متكافئة من الرطوبة وكذلك فى شكل المنحنى الذى يربط الرطوبة بالتنفس .

وعموما فإن الحبوب الزيتية تتنفس بدرجة أعلى من الحبوب النشوية والتى لها نفس الدرجة من الرطوبة .

وجد رجائى « ١٩٥٣ » أن تنفس حبوب الذرة الناضجة يتزايد لوغاريتميا بازدياد نسبة الرطوبة بها على حسب المعادلة الآتية :

$$ص = ا \times ب^{س} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

حيث ص = درجة التنفس ، س = نسبة الرطوبة ٪ ، و = أساس اللوغارتم الطبيعى ، ا = ثابت ، ب = درجة الزيادة فى التنفس .

وتبين الجداول التالية تأثير اختلاف نسبة الرطوبة على تنفس حبوب الذرة .

جدول رقم «١»

تنفس حبوب الذرة الناضجة على درجة ٨ مئوية

نسبة الرطوبة ٪	نسبة الإنبات ٪	درجة التنفس ملليلتر ك ا ٢ / كجم مادة جافة / اليوم
١٧,٠	٩٤	٥,٧
١٩,٨	٩٦	٢٢,٠
٢١,٣	٩٦	٤٤,٥
٢٤,٥	٩٨	١٠٤,٥

جدول رقم «٢»

تنفس حبوب الذرة الناضجة على درجة ٢١ مئوية

نسبة الرطوبة ٪	نسبة الإنبات ٪	درجة التنفس ملليلتر ك ا ٢ / كجم مادة جافة / اليوم
١٤,٧	١٠٠	٣,٥
١٧,٦	١٠٠	٢٨,٥
١٨,٨	١٠٠	٩٩,٤
٢١,٠	١٠٠	١٨٥,٠
٢٣,٢	١٠٠	٤٢٢,٠

جدول رقم «٣»

تنفس حبوب الذرة الناضجة على درجة ٣٠ مئوية

نسبة الرطوبة ٪	نسبة الإنبات ٪	درجة التنفس ملليلتر ك ا ٢ / كجم مادة جافة / اليوم
١٤,٧	١٠٠	١١,٢
١٧,٥	٩٨	٨٣,٥
١٩,٨	١٠٠	١٥٤,٠
٢١,٨	٩٨	٢٨٥,٠
٢٣,٧	٩٨	٦٤٦,٠

وجد Malowan «١٩٢١ ، ب» أنه عند زيادة نسبة الرطوبة فى بذور القطن ازدادت درجة التنفس أيضا ، وأنه عند وضع البذور الرطبة والتى لها درجة عالية من التنفس فى أوانى معزولة جيداً من تسرب الحرارة لوحظ ارتفاع فى درجة حرارة الجو المحيط بالبذور ، وكان أقصى ارتفاع فى درجة الحرارة تحت ظروف تجارية هو ١٥٧°ف.

بينما لوحظ فى بعض شحنات بذور القطن إلى المعاصر أن وصلت درجة الحرارة إلى ١٧٥°ف . أجرى Simpson «١٩٤٢» تجاربه على بذور القطن لدراسة تأثير عامل الحرارة والرطوبة على تحليل الدهنيات « Lipolysis » وتكوين الأحماض العضوية الحرة ، وكانت النتائج كالآتى :

جدول رقم «٤٠»

أثر الحرارة والرطوبة على نسبة الأحماض

العضوية الحرة فى بذور القطن بعد سنتين من التخزين

نسبة الرطوبة ٪ وزن رطب	درجة الحرارة «فهرنهيت»		
	٣٣	٧٠	٩٠
	الأحماض العضوية الحرة ٪		
٨,١	٠,٤	٠,٧	٠,٩
٨,٨	٠,٤	٠,٨	٠,٧
١٠,٦	٠,٧	١,٠	٢,٧
١٢,٦	٠,٦	١,٨	١٠,٠
١٤,٧	١,٠	٣,٠	٢١,٩

وتدل نتائج «Simpson» على أن بذور القطن التى بها ٧٪ رطوبة والمخزونة على درجة ٩٠ فهرنهيت لمدة سنتين، احتفظت بحيويتها. وأنه على درجة ٣٣ فهرنهيت تخزن البذور التى بها ١٤٪ رطوبة لمدة ٣ سنوات بدون نقص فى حيويتها. إن لعامل الرطوبة النسبية فى الجو المحيط بالحبوب المخزونة أثر كبير على النشاط الحيوى للبذور المخزونة إذ دلت تجارب كثير من البحاث (Simpson ١٩٤٢، Larmour وآخرون ١٩٤٤، Karon وآخرون ١٩٤٦) على أن بذور القطن المعرضة لدرجات رطوبة نسبية فى الجو المحيط بها، تصل إلى حالة إتزان رطوبى بعد فترة.. ويكون لكل درجة رطوبة نسبية فى الجو مقابل من نسبة الرطوبة المتزنة فى البذور وترتفع من حوالى ٥٪ على درجة رطوبة نسبية ٢٠٪ فتصل إلى حوالى ١٠٪ عند درجة رطوبة نسبية ٧٠٪

قدر Larmour وآخرون ١٩٤٤ تنفس بذور الكتان وعباد الشمس ومن نتائجها عدل Karon and Altschul ١٩٤٦، فى هذه النتائج ليحصلوا على متوسط شدة التنفس بنفس الطريقة التى حصلوا عليها فى تجاربهم . والجدول التالى يبين نتيجة هذه المقارنة .

جدول رقم « ٥ »

مقارنة تنفس بذور القطن بتنفس بذور الكتان وعباد الشمس

نوع البذور		نسبة الرطوبة ٪ (وزن رطب)	متوسط شدة التنفس سم٣/جرام مادة جافة/ اليوم
قطن	بذور صنف «دلفوس»	١٣,١	٠,٠٧٦
	« « «كوكر»	١٢,٥	٠,٠٢٧
	« « «أوكلاهوما»	١٣,٣	٠,٠٥١
	بذور كتان	١٢,٨	٠,٠٢٣
	« «	١٣,٧	٠,٠٦٤
	« «	١٦,٥	٠,١٩
	« عباد الشمس	١١,٨	٠,٠٣٩
		١٣,٢	٠,٠٧٣
		١٤,٠	٠,١٥

ويلاحظ من الجدول السابق أن بذور القطن والكتان وعباد الشمس تتنفس بمتوسط واحد تقريبا فى حالة وجودهم على درجة واحدة من الرطوبة .

ثانيا : عامل الحرارة :

تؤثر درجة حرارة التخزين على تنفس الحبوب المخزونه فتزداد بازديادها كما هو موضح فى الجداول أرقام ١ ، ٢ ، ٣ . . وأعطت النتائج المتحصل عليها العلاقة التاليه :

ص = ا و ب ح .. .. ٢٥»

حيث ص = درجة التنفس ، ا = ثابت ، و = أساس اللوغاريتم الطبيعي
ب = درجة الزيادة فى التنفس ، ح = درجة الحرارة المئوية .

ويبين الجدول رقم ٤ تأثير الحرارة على نسبة الأحماض العضوية الحرة فى بذور القطن ويلاحظ أنه بارتفاع درجة الحرارة تزداد نسبة الأحماض العضوية الحرة .

قام Rusca and Geddes ١٩٤٢ بتجفيف بذور القطن على درجات حرارة عالية لتسهيل عملية الحليج - ولاحظا أن الطريقة المتبعة كانت موفقة فى إنقاص رطوبة التيلة ولكنها لم تؤثر على رطوبة البذور ، ولكن كان هناك نقص واضح فى نسبة الأحماض العضوية الحرة ، كما هو مبين فى الجدول التالى :

جدول رقم «٦»

تأثير التجفيف بالحرارة على نسبة الرطوبة والأحماض

العضوية الحرة فى بذور القطن

حالة بذور القطن	نسبة الرطوبة ٪ وزن رطب		نسبة الأحماض العضوية الحرة ٪	
	عند الحليج	بعد ٩٠ يوما	عند الحليج	بعد ٩٠ يوما
غير مجففة	١٥,٧	١٤,٥	١,٠	١٩,٣
مجففة على ١٦٠° ف	١٥,١	١٤,٣	١,٠	١٧,٦
» » ١٩٠° ف	١٥,٣	١٤,١	١,٠	١٦,٠
» » ٢٢٠° ف	١٥,٠	١٤,٠	١,٠	١٢,٣

وقد حصل Ropertson and Campbell ١٩٣٣» على نتائج متشابهة بتسخين بذور القطن الرطبة إلى ١٧٠° ف . ولكن عند تسخين البذور الجافة إلى ١٧٥° ف لمدة ٨ ساعات ثم أعقب ذلك تخزين لمدة أسبوعين فى جو رطب ،

وجد أن تأثير التسخين السابق أسرع فى عملية تكوين الأحماض العضوية الحرة .

والمقصود من استعمال الحرارة فى تجفيف البذور هو وقف نشاط تكوين الأحماض العضوية الحرة لأن الأنزيمات الموجودة فى البذور تصبح غير نشطة بهذه المعاملة ، ولكن يجب ملاحظة أنه قد يتكون فى عملية رفع درجة الحرارة ظروف تساعد على تكوين الأحماض العضوية والعمليات الهدمية الأخرى. وعلى ذلك فإن لم تكن عملية التجفيف سريعة وتأثيرها كاف فقد تترك البذور فى حالة تسمح بازدياد النشاط الحيوى وربما يفسر هذا بعض التأثيرات غير المتوقعة التى تحدث أحيانا فى حالة تجفيف البذور قبل تخزينها كما يحدث فى الخارج.

ثالثا : الجو المحيط بالحبوب أثناء التخزين :

بناء على الفكرة القائلة بأن غاز الأوكسجين ضرورى لعملية تسخين الحبوب بذلت عدة محاولات لتقليل هـــذا النشاط وذلك باستعمال غازات غير نشطة inert gases فى الجو المحيط ببذور القطن . وعند استعمال غاز الأزوت دلت بعض النتائج المتحصل عليها على أنه غير قادر على التحكم فى التسخين .

وقد وجد Heinemann أن استعمال غاز ثانى أكسيد الكربون كان نسبيا عديم التأثير فى تجارب أولية عن تخزين البذور ، واستعملت طريقتان لاستخدام ثانى أكسيد الكربون وهى :

١ — وضعت البذور الرطبة فى صهريج يحتوى على طن واحد منها ثم أضيف غاز ثانى أكسيد الكربون من أعلى الصهريج ليتخلل البذور الموجودة .

٢ — استعملت طبقات متبادلة من البذور الرطبة والثلج الجاف (ثانى أكسيد الكربون فى حالة صلبة) بمعدل ٧٥٠ رطل من الثلج الجاف لكل طن من البذور .

أخذت عينات على فترات من البذور المخزونة فى كل تجربة وقدرت فيها نسبة الأحماض العضوية الحرة كما هو مبين فى الجدول الآتى :

جدول رقم (٧)

تأثير ثانى أكسيد الكربون على معدل تكوين الأحماض العضوية الحرة فى بذور القطن

رقم التجربة	المعاملة	نسبة الرطوبة ٪	طول فترة التخزين (بالأيام)					
			صفر	٧	٣٠	٤٠	٦٥	٨٠
			نسبة الأحماض العضوية الحرة ٪					
١	مقارنة	١٧,٧	٠,٠٥	٠,٠٥	٢,٠	٤,١	٦,٣	٨,٧
٢	مقارنة	١٧,٨	٠,٠٥	٠,٠٥	٢,٣	٤,١	٥,٩	٩,٤
٣	غاز ك أ٢	١٧,٢	٠,٠٥	٠,٠٥	٢,٤	٤,٠	٦,١	٩,٤
٤	ثلج جاف	١٩,٠	٠,٠٥	٠,٠٥	٢,٩	٨,٠	٨,٩	أوقفت التجربة

رفعت الرطوبة فى البذور إلى هذه النسبة صناعيا (وزن رطب) قبل البدء فى التجارب .

وفى حالة استعمال الثلج الجاف كانت البذور متجمدة ولكن بعد أن انصهر الثلج نتج عن ذلك تهرء واختلاف فى مكونات الخلايا مما أدى إلى زيادة فى نشاط الأنواع المختلفة من الأنزيمات وانعكس ذلك فى ارتفاع درجة حرارة البذور المعاملة بهذه الطريقة بعد ٤٠ يوما من التخزين . وكذلك ارتفاع فى معدل تكوين الأحماض العضوية الحرة أعلى بكثير منها فى بذور المقارنة التى بها نفس النسبة من الرطوبة .

درس Glass وآخرون (١٩٥٩) تأثير تخزين قمح سليم (٩٧٪ إنبات) فى جو من الأوكسجين أو الأزوت على درجتى حرارة ٢٠ و ٣٠ مئوية وبدرجات

رطوبة تتراوح من ١٣ إلى ١٨ ٪ . وأخذت عينات على فترات من ٢ إلى ٤ أسابيع واختبرت لظاهرة التدهور وهي نقص الإنبات ، وزيادة فى الضرر الحادث بالأجنة Germ damage وزيادة فى نسبة الأحماض العضوية الحرة ، وزيادة فى السكريات المختزلة وزيادة فى إنتاج ثانى أوكسيد الكربون وعدد الفطريات .

ودلت النتائج المتحصل عليها على أنه فى الحبوب المخزونة على درجة ٣٠ مئوية تأخر التدهور فى حبوب القمح المخزونة فى جو من الأزوت بدرجة بسيطة عنه فى الجو العادى (٢١ ٪ أوكسجين) وعند ابتداء التدهور استمر بنفس السرعة تقريبا فى كل من الأزوت والأوكسجين .

والتخزين فى جو من الأزوت أوقف نمو الفطريات ولكنه لم يمنع النقص فى السكريات غير المختزلة والزيادة فى السكريات المختزلة ، وعلى ذلك فلا بد أن تكون هذه التغيرات فى الحبوب المخزونة فى الأزوت راجعة إلى نشاط الأنزيمات الخاصة ببذور القمح . أما عند التخزين فى جو من الهواء العادى فقد تكون الفطر وكان النقص فى السكريات غير المختزلة بدرجة أعلى من مثيلاتها المخزونة فى الأزوت ويرجع ذلك إلى التأثير المشترك للأنزيمات الموجودة فى القمح وتلك التى أفرزها الفطر ، وبالعكس فإن الزيادة فى السكريات المختزلة كانت بدرجة أقل فى العينات المخزونة فى الهواء ويحتمل أن يكون هذا راجعاً إلى استعمال الفطريات لهذه السكريات فى عمليات الهدم والبناء والدليل على ذلك هو الكميات الكبيرة من ثانى أوكسيد الكربون المتكونة فى الجو العادى . أن تكون بعض غاز ثانى أوكسيد الكربون فى جو الأزوت دليل على حدوث عملية التخمر وعزز ذلك وجود الطعم والرائحة المميزة لها فى حبوب القمح .

ويظهر أن تكوين الأحماض العضوية راجع إلى أنزيم ليباز لكل من القمح والفطر وعلى درجة ٣٠ مئوية ودرجات رطوبة أقل من ١٥ ٪ يحتمل أن تكون الزيادة البطيئة للأحماض العضوية غالبا راجعة إلى ليباز حبوب القمح . وفى درجات الرطوبة الأعلى من ١٥ ٪ والتى عليها يتكاثر الفطر سريعاً يحتمل أن يكون ليباز الفطر هو المسبب لنسبة كبيرة من الأحماض العضوية المتفردة .

وفى العينات الموجودة فى جو من الأزوت وعلى درجة حرارة معينة كان التدهور الموجود أقل بكثير منه فى العينات الموجودة فى جو من الأوكسيجين وكانت نسبة الإنبات طالية (حوالى ٨٠٪) فى العينات المخزونة لمدة ١٦ أسبوعا والتى بها ١٨٪ رطوبة . أما العينات التى بها ١٦٪ رطوبة والتى خزنت لمدة من أسبوع إلى ٤٨ أسبوع لصنفى القمح الربيعى والماركيز على التوالى فكانتا خاليتين من الضرر الحادث للجنين Germ demage . ولكن معدلات التغيرات البيولوجية فى العينات المخزونة فى الأزوت على درجة ٢٠ مئوية أقل بكثير منها على درجة ٣٠ مئوية فإن ذلك يدل على أن عمليتى البناء والهدم metabolism تتأثر بدرجة كبيرة بانخفاض درجة الحرارة .

ودلت نتائج هذا الاختبار على أن تخزين حبوب القمح فى جو معزول تماما عن الوسط الخارجى قد يكون له تأثير بسيط فى إطالة فترة التخزين على درجة فوق ٢٠°م .

ولقد أمكن حفظ حبوب القمح صنف الماركيز لمدة سنة تقريبا والذى به ١٦٪ رطوبة فى جو من الأزوت بدون أن يصاب بأى ضرر للجنين ، بينما أصيبت الحبوب المخزونة فى الهواء بحوالى ٩٥٪ .

ومن الطبيعى لا يمكن من نتائج الاختبارات المعملية السابقة الحصول على معلومات يمكن تطبيقها فى التخزين التجارى والذى يتدخل فيه عوامل كثيرة ومعقدة ، فمثلا كانت الرطوبة الموجودة فى حبوب القمح موزعة بدرجة ثابتة ومعدل بتسارى طوال فترة الاختبار بينما هى تختلف فى حدود بضعة درجات مئوية فى الكميات الكبيرة من الحبوب المخزونة فى الصوامع . وإن أمكن الاحتفاظ بدرجة حرارة ٢٠°م أو أقل والا تكون الرطوبة الموجودة أعلى من ١٦٪ فإنه يمكن تخزين القمح لمدة طويلة فى جو من غاز غير فعال بدون خسارة ظاهرية ولا بد من إجراء اختبارات على كميات كبيرة من القمح وتحت ظروف متشابهة للموجودة فى الطبيعة قبل الحكم على صلاحية هذا النوع من التخزين .

رابعاً : الكائنات الحية الدقيقة :

توجد الكائنات الحية الدقيقة بغزارة فى الحبوب ذات الحرارة المرتفعة ولكنه من الصعب تقدير الدور الذى تلعبه هذه الكائنات فى رفع درجة حرارة وفساد هذه الحبوب (Semeniuk ١٩٤٤) . وجد Swanson (١٩٣٤) .. أن نمو الفطريات كان دليلا على خسارة الحبوب المخزونة ، وباستعمال المواد المانعة لنمو الفطريات أو استبعاد الهواء لم يقف الضرر الناشئ لخواص القمح .

وكانت هناك علاقة واضحة بين الزيادة فى الحموضة الدهنية ونمو الفطريات .

بين Bakke و Neoker (١٩٣٣) و Robertson وزملاؤه (١٩٣٩) أنه عند تخزين الحبوب تحت ظروف تؤدى إلى تسخينها فإنها تفقد حيويتها . . استعمال المواد المعقمة أو المعاملات القوية الأخرى التى تؤدى إلى قتل ومنع البكتريا وجراثيم الفطريات معرض للنقد لما قد يكون لها من تأثير على تنفس الحبوب ذاتها ، وذلك عند دراسة تأثير هذه المواد على تنفس الحبوب تحت الظروف الطبيعية المؤدية إلى نمو هذه الكائنات الحية الدقيقة . عامل Larmour وزملاؤه (١٩٣٥) حبوب القمح برابع كلورور الكربون وجدا أنه لم يحدث نمو للفطريات أو تسخين للحبوب حتى عند درجة رطوبة ٢٥ ٪ ، وعلى أساس تجارب التنفس والتسخين قرر هؤلاء الباحثون أن الفطر يلعب دورا هاما فى تسخين حبوب القمح المخزونة وأن معاملة حبوب القمح برابع كلورور الكربون ، وخصوصا على درجات الرطوبة العالية يميل إلى الحد من نشاط جنين القمح .

اختبر Milner وزملاؤه (١٩٤٧) تأثير ١٠٧ مبيد فطرى على تنفس حبوب القمح الرطبة وكان لبعضها تأثير واضح على نقص تنفس الحبوب وكان Thiourea, 8-hydroxyl quinoline أكثرها فاعلية .

اختبر Matz, Milner (١٩٥١) حوالى المائة مركب عضوى ، بعد الاختبارات الأولية اختبرت ٨ مركبات لعمل دراسات تكميلية عليها . . أضيفت المواد السائلة والصلبة بخلط الحبوب الرطبة بالكميات المطلوبة من هذه المواد فى أوعية صغيرة منافة بأحكام ثم تقليبها بأحكام ، بينما أضيفت المواد الغازية

إلى الأرعية الخاصة مباشرة . ولقد وجد أنه يمكن استعمال معدل ثابت من غاز رابع كلورور الكربون يعادل ٢ جرام من الغاز فى اليوم طوال مدة التجربة بأن مرور الهواء الداخل إلى الحبوب خلال المادة السائلة . وفى المعاملات التى استعملت فيها رابع كلورور الكربون وجد أنه فى حالة الاحتفاظ بتركيز المادة الفعالة توقف نمو الفطريات وهند ما تخلص من تأثير هذه بإحلال الهواء محلها خلال حبوب القمح ابتدأ نمو جراثيم وأجسام الفطريات بسرعة وانعكس ذلك فى ازدياد درجة التنفس . وفى جميع العينات المعاملة برابع كلورور الكربون حدث نقص واضح فى إنبات هذه الحبوب وباستعمال المواد الكيميائية الأخرى كانت نتائج معاملة حبوب القمح بمادة Propylene oxide أكثر فاعلية فى خفض أو منع التنفس .

أثرت مادة Methionine بدرجة أحسن من Propylene oxide بتخفيض فى تكون الأحماض الدهنية الحرة . واستعمال Propylene oxide بتركيز ٢ ,٠ ٪ أو أكثر أدى إلى نزول سريع فى الإنبات إلى درجات واطئة جداً وقرر الباحثان أنه من الممكن التأخير فى التدهور الذى يحدث بالتخزين باستعمال بعض المواد الكيميائية المبيدة للفطريات ومع ذلك لم يكن هناك أى مركب عضوى أمكن به التغلب على الأضرار الناشئة من زيادة الرطوبة والتى كانت نتيجة تخزين العينات غير المعاملة تحت ظروف غير هوائية على أشدها . وأن الأضرار الناشئة عن تخزين القمح الرطب بالرغم من وجود مواد مبيدة للفطريات وخصوصا فى غاز الأركسجين تحتاج إلى مزيد من الإيضاح والدراسة قبل النصح باستعمال طرق الحفظ الكيميائى كوسيلة من الوسائل العملية فى التخزين .

أجرى رجائى (١٩٥٣) تعقيم حبوب الذرة بأنه نقعها لمدة ١٥ دقيقة فى محلول Ceresan M واحد إلى عشرة آلاف وكانت نتيجة تعقيم هذه الحبوب استبعاد جميع الفطريات عند إنبات هذه الحبوب على بيئة آجار مغذى ، ماعدا بعض العينات فقد لوحظ بها نمو بكتيرى بطىء .

والجدول التالى يبين تنفس حبوب الذرة الناضجة المعاملة وغير المعاملة بمحلول Ceresan M .

جدول رقم (٨)

تنفس حبوب الذرة الناضجة المعاملة على درجة ٣٠° م

نسبة الرطوبة	حالة الحبوب	نسبة الإنبات ٪ قبل إجراء التجربة	نسبة الإنبات ٪ بعد إجراء التجربة	معدل التنفس ملليجرام / كجم مادة جافة / اليوم
١٧,٢	غير معاملة	١٠٠	٩٦	٨٦,٢
١٧,٧	»	١٠٠	٩٨	٦٨,٢
١٨,١	معاملة	١٠٠	٩٦	٨٦,٧
٢١,٤	»	١٠٠	٦٨	٢١٠,٠
٢٢,٠	غير معاملة	١٠٠	٨٦	٢٢٤,٠
٢٣,٠	معاملة	١٠٠	١٠٠	٣٨٨,٠
٢٣,٦	»	١٠٠	٧٢	٣٦٣,٠
١٣,٨	»	١٠٠	٨٢	٤٥١,٠
٢٤,٨	غير معاملة	١٠٠	٩٦	٥٦٧,٠
٢٥,٢	»	١٠٠	٨٢	٦٦٩,٠
٢٦,٤	معاملة	١٠٠	٩٤	٨٠٣,٠
٢٦,٤	»	١٠٠	٩٠	٧٣٢,٠
٢٦,٤	غير معاملة	١٠٠	٨٦	٧٦٧,٠
٢٦,٨	»	١٠٠	٩٤	٧٧٦,٠

وعند عمل منحنى يربط درجات تنفس الحبوب المعاملة وغير المعاملة مقابل نسبة الرطوبة فى الحبوب وجد أنه يمكن ربط هذه العلاقة بدرجة مرضية بمنحنى واحد مما يدل على أنه لا توجد فروق فى تنفس حبوب الذرة بعد استبعاد كل الفطريات ومعظم البكتيريا . ولو أن هذه النتائج قد تختلف مع نتائج عينات أخرى وخصوصا الأصناف الأقل جودة ، إلا أنها تدل بدرجة مرضية على أن حبوب الذرة لها تنفس خاص بها ويزداد بدرجة أسية بازدياد نسبة الرطوبة فى الحبوب . وكان متوسط إنبات العينات المعاملة بعد إجراء التجربة هو ٨٦٪ بينما كان المتوسط ٩١٪ فى العينات غير المعاملة .

جدول رقم (٩)

يبين تأثير نسبة الرطوبة والثيوبوريا على درجة التنفس ونمو الفطر والحموضة العضوية وحيوية حبوب القمح

نسبة الرطوبة ٪	درجة التنفس جم ك ٢١ / ١٠٠ جم / يوم		مجموع الفطريات / جم		الحموضة العضوية حجم بوايد / ١٠٠ جم م ج		الحيوية (٪)	
	غير معامل	معامل	غير معامل	معامل	غير معامل	معامل	غير معامل	معامل
١٤,٢	٠,١٦	٠,١٧	٥,٥٠٠	٥,٧٦	١٤,٠	١٨,٧	٩٦	٩٧
١٧,٩	١٠٠,٥	٦,٩	١٠,١٦٦	٥,٠٠٠	٥٠,١	١٤,١	٢٦	٩٤
٢١,٣	٤٦١,٢	٤٢,٨	٥,٣١٠,٠٠٠	٢٣,٧٠٠	١٤١,٢	٢٠,٤	١١	٩٣
٢٦,٩	١٣٧٥,٤	١٨٤,٤	٢,٥٨٠,٠٠٠	١٠,٦٦٠	٨٧,٠	٢١,٢	٨	١٩
٣٣,٠	٢٢٧٦,٤	٢٩١,٨	٨٨,٠٠٠,٠٠٠	٥,٥٨٥	٢٢٢,٣	١٩,٣	—	١٠

جدول رقم (١٠)

يبين تأثير التسخين المفاجىء على التركيب الكيميائى والتلوث بالفطر وإنبات بذور فول الصويا المحتوية على ٢٢,٨٪ رطوبة

الأيام	درجة الحرارة م°	البروتين الخام أزوت × ٦,٢٥ أساسى جاف	أزوت غير بروتينى مجم ١٠/جم	سكريات كلية مجم/١٠ جم	سكريات غير مختزلة جليكوز مجم/١٠ جم	سكريات مختزلة جليكوز مجم/١٠ جم	سكريات مختزلة من الكلى ٪	حبوب مصابة: الفطريات ٪	حبوب مصابة: مستخرج الإثير الخام أساس جاف	الإنبات ٪
صفر	٢٤,٤	٣٥,٤	٢٢,٤	٤٤٤	٤٠٠	٤٤	١٠,٠	٣	٢١,٦	٩٣
٥	٣٧,١	٣٥,٨	٢١,٢	٤٠٥	٢٧٣	٣٢	٦,٩	١٦	٢٠,٢	٥٢
٨	٤٩,٣	٣٥,٢	٢٣,٦	٤٢٣	٣٨٢	٥١	١١,٨	٦٤	٢٢,٣	صفر
١٢	٥٥,١	٣٥,٧	٣٤,٧	٤٩١	٢٤٥	٢٤٦	٥٠,١	١٤	١٥,٢	»
١٥	٥٩,٧	٣٦,١	٣٢,٣	٤٤٣	٢٢٦	٢١٧	٤٨,٩	٩	١٣,٦	»
١٩	٧٧,٠	٣٦,٦	٣٥,٠	٢٩١	٢٧	٢٦٤	٩٠,٨	صفر	١٠,٥	»

جدول رقم(١١)

يبين العلاقة بين الضرر الناشيء من الصقيع والحيوية والتركيب الكيميائي والتلوث بالفطريات وتنفس بذور فول الصويا

الحبوب المصابة ٪	نسبة الإنبات ٪	حبوب مصابة بكائنات حية دقيقة من الداخل	حموضة عضوية بجم بو ا يد/ ١٠ جم زيت	السكريات المختزله (بجم/١٠ جم)	التنفس (بجم ك ٢١ /١٠٠ جم /اليوم) (بذور بها ١٥,٩ ٪ رطوبة)
١٠,٣	٥٣	٣٠	١٥,٦	٦٥	١٠٧
١٢,٣	٤٤	٢٣	١٩,٤	٧٨	١١٢
٢١,٠	٢٧	٥٠	١٧,٩	٨١	١٨٥
٢٩,٠	٢٩	٥١	١٧,٨	٨٣	٢٢٨
٣١,٠	١٤	٥٨	١٩,٤	٨١	٢٣٩
٥٥,٠	٥	٧٣	٢٨,٨	١١٠	٢٥٧

جدول رقم (١٢)

يبين تأثير بعض المبيدات الفطرية على درجة تنفس والحموضة العضوية وإنبات ونمو الفطريات على حبوب قمح

بها ٢٠٪ رطوبة

المعاملة	درجة التنفس مجم ك أ ٢/١٠٠ جم ج/يوم فى اليوم العاشر	الحموضة العضوية مجم بو ايد/١٠٠ جم م ج	الإنبات ٪	مجموع الفطريات لكل جرام حبوب
غير معامل	٢٧٣,٠	٧٧,٠	١٨	٦,٩٥٠,٠٠٠
Calcium propionate	٢٢٤,٨	٩١,٠	١٥	٤,٣٢٠,٠٠٠
sulfanilamide	١٤٤,١	٦٥,١	٢٦	٢,٤٢٠,٠٠٠
thiourea	٢٦,٣	١٥,٢	٩٢	٢٢,٠٠٠
8-hydroxy quinoline	٢٣,٩	١٦,٦	٦٤	—

جدول رقم (١٣)

يبين تأثير الرطوبة على درجة ونمو الفطريات وحيوية الحبوب والتغيرات التى حدثت فى الحوضة العضوية

والسكريات المختزله فى حبوب قمح Hard Red Spring

نسبة الرطوبة ٪		عمر التجربة بالأيام	درجة التنفس ملليجرام كأ٢ فى آخر يوم	عدد مجموعات الفطريات لكل جرام حبوب	نسبة الحوضة الإنبات العضوية ٪	السكريات الكلية حجم / ١٠ جم مجم بو ايد/ ١٠جم	السكريات المختزله نسبة مئوية من السكريات الكلية ٪
عند الإبتداء	عند الإنتهاء						
١٢و٣	١٢,٠	٢٠	٠,٠٧	٥٠٠	٣٥,٣٩٣	٢٥٢	١٩,٠
١٣و٨	١٣,٧	٢٠	٢,٠٣	١٠٠	٣٥,٣٩٥	٤٦٣	١٧,٩
١٥,٤	١٤,٦	٢٠	٢,٥٣	٤,٨٠٠	٤٢,٣٩١	٥٥٥	٢٠,٠
١٦,٨	١٦,٤	١٧	٢٠,٣	٢٠٩,٠٠٠	٣٨,٦٨٨	٢٤٧	٢٠,٠
٢٠,٨	٢٢,٠	١٧	٦٠٤,٩	١١,٣٠٠,٠٠٠	١٤٩,٣١٤	٢٠٢	٢٧,٢
٢٥,٢	٣٠,٠	١٧	١٧٢٤,٨	٣٧,٥٠٠,٠٠٠	١٤٠,٧٢١	١٨٤	٣٣,٧

جدول رقم (١٤)

يبين تأثير الحرارة على تنفس القمح وفول الصويا

حبوب قمح		بذور فول الصويا	
درجة الحرارة المئوية	التنفس مجم ك أ./١٠٠ جم م ج/يوم	درجة الحرارة المئوية	التنفس مجم ك أ٢/١٠٠ جم م ج/يوم
٤	٠,٢	٢٥	٣٧,٦
٢٥	٠,٤	٣٠	٣٩,٧
٣٥	١,٣	٣٥	٧١,٨
٤٥	٦,٦	٤٠	١٥٤,٧
٥٥	٣١,٧	٤٥	١٣,١
٦٥	١٥,٧		
٧٥	١٠,٣		

المراجع

1) Bailey, C.H. (1921) Respiration of shelled corn. Minn. Agric. Exper. Sta. Tech. Bull. 3.

2) Bailey, C.H., and A.M. Gurjar (1918) Respiration of stored wheat. Jour. Agric. Res., 12 : 686-713.

4) Bakke, A.L., and N.L. Noecker (1933) The relation of moisture to respiration and heating in stored oats. Iowa Agric. Exper. Sta. Res. Bull. 165.

5) Coleman, D.A., B.E. Rofgheb, and R.C. Fellows (1928) Respiration or sorghum grains. U.S. Dept. Agric. Tech. Bull. 100.

6) Glass, R.L., et al (1959) Grain storage studies. XXIII. The influence of temperature and moisture level on the behavior of wheat stored in air and nitrogen. Cereal Chem., 36 : 341-357.

7) Karon, M.L. and A.M. Altschul (1946) Respiration of cotton seed. Plant Physiol., 21 : 506-521.

8) Larmour R.K., et al (1935) A study of the respiration and heating of damp wheat. Canad. Jour. Res., 2 : 627-645.

9) Larmour, R.K., H.B. Sallans, and B. Graig (1944) Respiration of whole and dehulled sunflower seed and of flax seed. Canad. Jour. Res., 22F : 9-18.

10) Malowan, J. (1921a) Some observations on the heating of cotton seed. Cott. Oil Press, 4 : 47-49.

11) Malowan J. (1921b) Changes in cotton seed during heat and storage. Cott. Oil Press, 5 : 40-43.

12) Matz, S.A., and M. Milner (1951) Inhibition of respiration and preservation of damp wheat by means of organic chemicals. Cereal Chem., 28 : 196-207.

13) Milner, M. **et al** (1947) Grain storage studies. VII. Influence of certain mold inhibitors on respiration. Cereal Chem., 24 : 507-517.

14) Ragai, Hassan (1953) Respiration of maize. Iowa State College, Ph. D. Dissertation.

15) Robertson, D. W., **et al** (1939) Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley used in storage. Jour. Agric. Res., 59 : 281-291.

16) **Semeniuk** G., and J.C. Gilman (1944) Relation of molds to the deterioration of corn in storage, a review. Iowa Acad. Sci. Proc., 51 : 269-288.

17) Simpson, D.M. (1942) Factors affecting the longevity of cotton seed. Jour. Agric. Res., 64 : 407-419.

18) Swanson, C.L. (1934) Some factors involved in damage to wheat quality. Cereal Chem., 11 : 173-199.