الفصل الأول

التغيرات و العوامل المؤثرة على تخزين الحبوب

Changes and factors affecting grain storage

المصدر و المستورد بخزن الحبوب فترة من الزمن حتى يتم بيعها أو استهلاكها أو توزيعها. كما أن الفلاح لابد له أن يخزن كمية من الحبوب لاستعمالها كبذور للموسم القادم.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

و قد تطورت أنظمة تخزين القمح خلال عدة قرون، من حفظ كميات صغيرة من الحبوب المحصودة في حفر تحت الأرض إلى حفظ مئات الآلاف من الأطنان في خلايا إسمنتية. كان الهدف الرئيسي في القرون الماضية هو الحفاظ على نوعية جيدة للحبوب حتى الموسم التالي، أما في هذه الأيام فمن الشائع تخزين الحبوب فترة موسمين أو ثلاثة مواسم حتى في المناطق ذات المناخ غير الملائم.

تمتلك المطاحن القريبة من مناطق زراعة القمح سعة تخزين كبيرة للقمح المحصود، لأنها تستقبل كميات كبيرة من القمح خلال فترة الحصاد السنوية و عادة تكون مصممة تقنياً لتستوعب هذه الكميات. يتم قبول الأقماح المعروفة و فصلها و حفظها في خلايا تخزين مثلى حتى الاستخدام.

1-1- خواص الحبوب المتعلقة بالتخزين Properties related to grain storage:

تشمل مكونات الحبوب, الكربوهيدرات و البروتينات و الفيتامينات و الأملاح المعدنية و الدهون و الألياف و الماء، و يختلف الحجم النسبي لهذه المكونات تبعا لنوع الحبوب و المعاملات التي تعرضت لها أثناء التداول والإعداد.

من خواص الحبوب التي تتعلق بتخزينها:

1-1-1- الطبيعة الحبيبية Granular nature:

تسبب الطبيعة الحبيبية للقمح و جود فراغات بين حباته، و تتراوح نسبة الفراغ من 20%-40% من الحجم الكلي. و تمتلئ هذه الفراغات بالهواء و فتات الحبوب و بعض الشوائب. و تختلف هذه الخاصية تبعا لنوع الحبوب و تعتمد إلى حد كبير على الحجم والشكل.

تيسر الطبيعة الحبيبية عمليات التدخين و التهوية الميكانيكية و التجفيف، حيث يستفاد من عملية التهوية في إزالة روائح الحبوب أو الحرارة و بالتالي إطالة فترة تخزين الحبوب, كما تساعد الطبيعة الحبيبة في عملية النقل بواسطة النواقل المعدنية أو النقل الهوائي.

و قد لوحظ أن غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تنفس الحشرات و الحبوب يتجمع بكميات كبيرة داخل كومة الحبوب ما لم توجد عوامل تحرك الهواء داخل الكومة, و أهم هذه العوامل هي:

أ – عامل الانتشار: و تأثيره بطيء داخل الكومة.

ب – الضغط الجوي: و تأثيره بطيء أيضا و محدود بالنسبة إلى حركة الهواء داخل المسافات البينية.

ج – تيارات الحمل: و هي العامل المؤثر في حركة سريان الهواء في المسافات البينية بشرط وجود فرق حراري واضح بين أجزاء كتلة الحبوب و وجود ممر رأسي لصعود تيارات الهواء و هبوطها, و لذلك لا يتوافر إلا في الصوامع, أما عند التخزين في أكوام كبيرة فإنه لا يوجد تباين كبير في درجات الحرارة و بذلك لا تتكون تيارات حمل.

1-1-2- الخواص الحرارية Thermal properties:

تمتاز الحبوب بضعف ناقليتها للحرارة و هذه الميزة تعتبر سيئة، لأن الحبوب تحتفظ بالحرارة الناتجة عن النشاط الحيوي للحشرات و الكائنات الحية الدقيقة، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الحبوب في مناطق النشاط و احتراقها ذاتياً، و تكوين ما يسمى بالبؤر الساخنة, و تدهور جودتها و تصبح غير صالحة للاستهلاك.

و يترتب على ذلك أن الحبوب الباردة (في حالة بقائها بدون تقليب) تظل باردة, كما أن الحبوب الساخنة تحتفظ أيضا بحرارتها المرتفعة, و في كلا الحالتين تنتقل الحرارة ببطء شديد.

و يتم الانتقال الحراري بين طبقات الحبوب بطريقين:

- نقط التلامس بين الحبوب.
- الهواء الذي يشغل المسافات البينية.

و قد وجد أن الاختلافات اليومية في درجات الحرارة لا تتخلل كومات الحبوب بعمق يزيد عن 15 سم. كما أن تغيرات الحرارة الموسمية (من الصيف إلى الشتاء) لا تسبب إلا تغيرا بطيئا جدا في درجة حرارة كومة الحبوب.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

1-1-3- الهيغروسكوبية Hygroscopic:

تعرف الهيغروسكوبية بأنها توازن رطوبة المادة مع رطوبة الجو المحيط بها, فإذا كانت الرطوبة النسبية للهواء مرتفعة كثيرا فإن الحبة تمتص الرطوبة من الجو، و إذا كان العكس فإن الحبة تفقد نسبة من رطوبتها, و لكل نوع من الحبوب اتزان خاص.

و رطوبة الحبة نوعان:

- ماء يدخل في تركيب خلايا الحبة.
- و ماء حر ينتشر على السطح.

يمكن وصف الهيغروسكوبية بواسطة منحني توازن رطوبة المادة مع الرطوبة النسبية للجو المحيط .

فمثلاً عند وجود قمح ذو رطوبة 8% في هواء ذو رطوبة نسبية 75% تنتقل الرطوبة إلى القمح حتى تصل إلى حالة التوازن و تصبح رطوبة القمح بعد 8 أيام 14,5% و يعرف محتوى الرطوبة التوازني للحبوب بأنه محتوى الرطوبة المتوازن مع الرطوبة النسبية للجو المحيط.

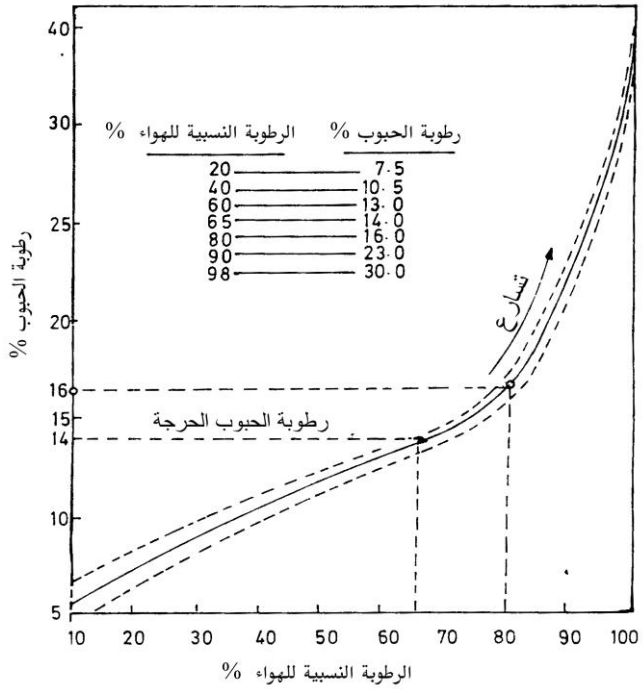
تتأثر رطوبة الهواء بدرجة الحرارة فمن المعروف أن كمية بخار الماء التي يمكن وجودها في الهواء في حالة الإشباع تتوقف على درجة حرارة الهواء فمثلا:

في درجة الحرارة 0 م° يمكن احتواء 4,9 غ ماء في م3 هواء.

أما في الدرجة 10 م° يمكن احتواء 9,4 غ ماء في م3 هواء.

و في الدرجة 20 م° فيمكن احتواء 17,5 غ ماء في م3 هواء.

و يبين الشكل (1) العلاقة بين الرطوبة النسبية للهواء مع رطوبة القمح في حالة التوازن و منه يتبين أن الرطوبة الحرجة للتخزين هي 14% للقمح تقابل رطوبة نسبية للهواء قدرها 65%.



الشكل (1) : علاقة رطوبة الحبوب بالرطوبة النسبية للهواء المحيط.

1-1-4- السيولة flow:

بالرغم من أن كتلة الحبوب تكون شبه صلبة إلا أنها تنساب في سيولة مميزة, و لكل نوع من الحبوب درجة سيولة خاصة به و تقاس بما يعرف بالزاوية الطبيعية للاستقرار (natural angle of repose)و مقدارها 30 درجة تقريبا إلا أنها تختلف تبعا لحجم الحبوب و شكلها و محتواها المائي و درجة نظافتها, و خاصية السيولة تسمح بإجراء عمليات التفريغ و التحميل و استعمال أنواع مختلفة من العبوات, أي أنها تسهل ميكانيكية تداول الحبوب.

1-1-5- الامتصاص absorption:

الرطوبة الموجودة في الحبة تكون في شكلين: الماء الداخل في التركيب و الماء الممتص, ويلعب الماء الحر دورا مهما في معدل تدهور الحبوب فهناك تبادل في الرطوبة بين الحبوب و بين الجو المحيط, و ذلك على الاتزان الذي يوجد على الدوام بين رطوبة الحبة و رطوبة الجو, و تتوقف خاصية الامتصاص على الشعرات الدقيقة

التي تنتشر على الطبقة السطحية للحبوب, و قد ثبت أن السطح الماص للحبة يزيد ألفي مرة عن مساحة سطح الحبة نفسها, و تتحرك الرطوبة من موقع لآخر تبعا لوجود فرق في درجات الحرارة أو اختلاف في الضغط البخاري, فقد تحمل الرطوبة عن طريق الهواء الدافئ الذي يصعد لأعلى إلى المواقع الباردة حيث تتكثف على السطح البارد.

1-1-6- الضغط pressure:

تشكل الحبوب المخزنة داخل الوعاء ضغطا رأسيا و آخر جانبيا على جدران هذا الوعاء, و في حالة تخزين كميات صغيرة من الحبوب يختلف الضغط الجانبي على الجدران باختلاف عمق الحبوب و يزداد تدريجيا إلى أن يصل عمق الحبوب إلى 2.5 – 3 مرات قطر عمود الحبوب, و يزداد الضغط الرأسي سريعا حتى عمق 6 أمتار, بعدها يكون معدل الزيادة قليلا.

و يختلف الضغط باختلاف المحتوى المائي للحبوب نتيجة التغيرات في معامل الاحتكاك الذي يكون أعلى في حالة انخفاض المحتوى المائي, كما يتأثر الحجم الذي تشغله الحبوب بالمحتوى المائي لها, و على سبيل المثال فإن الحبوب ذات المحتوى المائي المرتفع (22%) يمكن أن تشغل حجما يزيد بمقدار 0.22 متر مكعب/ طن عن الحبوب ذات المحتوى المائي المنخفض (12%) .

1-1-7- التنفس respiration:

تتنفس الحبوب السليمة, شأنها في ذلك شأن أي كائن حي, و ينتج عن تنفسها حرارة و رطوبة و ثاني أكسيد كربون, و تكون الحبوب الزيتية عادة أسرع في تنفسها من الحبوب النجيلية, و يختلف معدل تنفس الحبوب تبعا للمحتوى المائي لها, و درجة حرارة الحبوب, و توافر الأكسجين و الرطوبة النسبية في الجو المحيط, كما يتأثر التنفس أيضا بنوع الحبوب, و درجة نضجها, و نوع الضرر الميكانيكي في الحبوب.

و يلاحظ أن التنفس عملية تزداد تلقائيا, فقد وجد أن ارتفاع المحتوى المائي يزيد من تنفسها, و بالتالي تتسبب الحرارة الناتجة في زيادة معدل التنفس, و عادة ما يكون معدل

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

تنفس الحبوب تحت ظروف تخزين جيدة منخفضا جدا. و قد ثبت أن إزالة جنين الحبوب لا يؤثر إلا بنسبة ضئيلة على التنفس, و هذا يبين أن التنفس يتركز أساسا في القصرة (pericarp) نتيجة لوجود الكائنات الحية الدقيقة تحت الغطاء الخارجي للحبوب.

1-1-8- عمليات النضج بعد الحصاد post harvest ripening:

تحدث بعد الحصاد بعض التغيرات الكيميائية داخل الحبة تتحول فيها بعض المواد البسيطة إلى مواد أخرى معقدة, مثل تحول السكريات البسيطة إلى نشاء, و تحول الأحماض الأمينية إلى بروتينات.

و قد اتضح أن انخفاض معدل التنفس والارتفاع في معدل الإنبات و تحسين نوعية الغلوتين و بعض الخصائص التكنولوجية الأخرى في الحبة هي من ضمن عمليات النضج التي تتم بعد الحصاد, و تختلف المدة التي تتم فيها عمليات النضج من نوع لآخر من الحبوب, فبعض الحبوب تتم فيها هذه العمليات بطبيعتها أسرع من غيرها, و قد تتم هذه العمليات في فترة 2 -3 أسابيع و قد تستمر عدة شهور.

1-2- العوامل المؤثرة على تخزين الحبوب Factors affecting grain storage :

تتعرض الحبوب أثناء تخزينها للتلف بتأثير الرطوبة أو الحرارة أو الإصابة بالحشرات أو الفطريات أو القوارض، لذلك لا بد من حفظها سليمة دون تلفها و تقليل الأضرار التي تحصل نتيجة التخزين التي يمكن أن تقلل من قيمتها الغذائية أو تلفها بالكامل، إذ تصبح غير صالحة للاستهلاك البشري أو الحيواني أو حتى إنها تصبح ذات سمية. يمكن حفظ و تخزين الحبوب لسنوات عديدة عند شروط تخزين صحيحة. من أجل حماية المحصول أثناء فترة تخزينه من الأضرار من حيث الكمية و النوعية يجب معرفة و تطبيق مبادئ التخزين بشكل جيد.

تتأثر الحبوب أثناء تخزينها بعدة عوامل تشمل:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

1-2-1- درجة حرارة و رطوبة الحبوب:

تعد رطوبة و درجة حرارة الحبوب من أهم العوامل المؤثرة في الحفاظ على سلامة الحبوب أثناء تخزينها، فالحبوب كما هي المواد الغذائية الأخرى يسهل حمايتها من التلف عند تخزينها عند درجات حرارة منخفضة أو خفض رطوبتها، حيث يمكن تخزين الحبوب السليمة في درجة حرارة 18 م° ورطوبة 17% لمدة 4 أسابيع أما في حال انخفاض رطوبة الحبوب إلى 15% فإنه يمكن تخزينها لمدة 6 أشهر مع وجوب تهويتها. لذلك عند استلام حبوب ذات رطوبة أعلى من الرطوبة الحرجة للتخزين (14%) يجب تجفيفها مباشرة من أجل سهولة تخزينها. كما أن ارتفاع درجة حرارة الحبوب يزيد من سرعة تدهور مواصفات الحبوب و ذلك لزيادة نشاط تنفس الحبوب و نشاط الكائنات الحية المتواجدة مع الحبوب, حيث تموت معظم الحبوب و يقف تنفسها إذا ارتفعت درجة حرارة التخزين عن 50 م° و لكن يستمر تطور أنواع معينة من الفطر و البكتيريا و تنفسها حتى 80 م°, كما تؤثر الحرارة المرتفعة على الغلوتين, و ينعكس ذلك على خصائص التجهيز الصناعي. إن ارتفاع درجة حرارة الحبوب داخل المخزن فوق المعدل الذي تخزن عليه هو علامة على التدهور.

- و ينشأ ارتفاع درجة الحرارة في الحبوب نتيجة أحد العاملين:
  - تنفس الحبوب.
  - الإصابة البكتيرية أو الحشرية أو الفطرية.

و يكون نشاط الحبوب مصحوبا بزيادة في إنتاج ثاني أكسيد الكربون, و زيادة تركيزه في أماكن التخزين يعد أيضا علامة من علامات تدهور الحبوب.

تعتبر الرطوبة هي المفتاح الرئيسي للتخزين السليم إذ لا يحدث أي نشاط بيولوجي إلا في وجود الرطوبة, فإنبات البذور يحتاج لكمية كبيرة من الرطوبة (الماء). كما أن نمو البكتيريا و الفطر و الاكاروسات و الحشرات تحتاج أيضا إلى درجات متفاوتة من الرطوبة.

و لا يمكن القول بوجود درجة رطوبة مأمونة للحبوب من جهة التخزين, و لكن توجد درجات من الرطوبة يمكن أن تخزن عليها الحبوب دون حدوث أنواع معينة من التلف,

و تتوقف هذه إلى حد كبير على درجة الحرارة, إذ كلما ارتفعت درجة الحرارة وجب أن ينخفض المحتوى المائي للحبة, و كي لا تتعرض الحبوب للتلف أو العطب أثناء التخزين يجب ألا تتجاوز رطوبة الحبة 12% قبل التخزين.

- العوامل التي تؤدي إلى ارتفاع المحتوى المائي للحبة:

1. الحصاد قبل إتمام النضج أو بعد أيام ممطرة أو عالية الرطوبة.
2. تعرض الحبوب لماء الندى أو المطر أو الضباب.
3. النقل البحري للحبوب.
4. نقل الحبوب من منطقة جافة إلى أخرى رطبة.
5. عدم تجانس الحبوب كأن تكون خليطا من أنواع مبكرة و أخرى متأخرة النضج.
6. وجود حشائش مع الحبوب بكثرة.

- الظواهر التي تترتب على ارتفاع المحتوى المائي للحبة:

يؤدي ارتفاع رطوبة الحبة إلى انخفاض الوزن النوعي للحبوب (أصبحت القاعدة الأساسية الآن لتداول الحبوب بين الدول هو التعامل على أساس الوزن النوعي بعد حسم زيادة في رطوبة الحبة), كما يؤدي أيضا إلى انخفاض ناتج الطحن.

و قد يؤدي تخزين الحبوب ذات الرطوبة العالية إلى ارتفاع مفاجئ في درجة الحرارة قد لا تتحمله اليد (62 م°) و هو ما يعرف بسخونة الحبوب الرطبة, و يحتمل أن تنبت الحبوب على سطح الكومة و تتعفن ويغمق لونها, و تكتسب رائحة كريهة و ترتفع نسبة الحموضة في الدقيق الناتج عنها.

- ظاهرة سخونة الحبوب grain heating :
- وتحدث هذه الظاهرة في الحبوب ذات المحتوى المائي العالي أو الحبوب الجافة.

❖ سخونة الحبوب الرطبة damp grain heating :

❖ و تنشأ هذه الظاهرة من عاملين:

- الأول: هو عمليات التأكسد الناتجة عن تنفس الحبوب إذ أن أي عامل ينشط تنفس الحبوب يزيد من درجة حرارتها, و أول هذه العوامل ارتفاع المحتوى المائي للحبة. و

إذا بدأت الحرارة في الارتفاع و لو لدرجة بسيطة فإنها لا تقف و إنما تأخذ في الزيادة, لأن ارتفاع الحرارة نفسه يزيد التنفس.

- الثاني: هو وجود كائنات حية دقيقة (جراثيم, فطور) على السطح الخارجي للحبوب و تحت قصرتها عند الحصاد. و يتراوح عددها على الحبة الواحدة من 3 – 57 ألف جرثومة.

و ارتفاع المحتوى المائي للحبة قبل التخزين أو تعرضها لعوامل تزيد من نسبة الرطوبة أثناء التخزين تسبب نمو الجراثيم الساكنة و نشاطها مما يسبب ارتفاع في درجة حرارة الحبوب. و يفرز الفطر أثناء نموه على الحبوب إنزيمات عديدة تؤثر على محتويات الحبة الكربوهيدراتية و البروتينية و الدهنية, و تسبب ارتفاع الحموضة, و تقلل نسبة الإنبات, و تسبب للحبوب لونا و رائحة غير مرغوب فيهم.

و يبدأ ارتفاع الحرارة عادة في مناطق صغيرة من كتلة الحبوب تعرف بالجيوب (pockets)ترتفع فيها المحتويات المائية لأي سبب من الأسباب, و يتحرك الهواء الساخن من وسط كتلة الحبوب و يتكثف عند تعرضه للهواء البارد مما يزيد من المحتوى المائي للمنطقة المحيطة بالجيب, و ترتفع درجة حرارة المنطقة و تستمر الحرارة بالانتشار حتى تعم الكومة كلها.

و تتميز سخونة الحبوب الرطبة بما يلي:

1. لا تحدث إلا في الحبوب ذات المحتوى المائي العالي (أكثر من 15% و تصل إلى 17 – 18%).
2. ترتفع درجة حرارة الحبوب عن 42 م° و قد تصل إلى 63 م°.
3. قد توجد أو لا توجد حشرات حية في الحبوب.

❖ سخونة الحبوب الجافة dry grain heating:

تعتبر هذه الظاهرة أقل خطورة من سابقتها, و تحدث في مناطق صغيرة, و قلما تنتشر إلى باقي الحبوب, و يكون الارتفاع مفاجئا و سريعا مثل الحالة الأولى, و لكن تكون

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

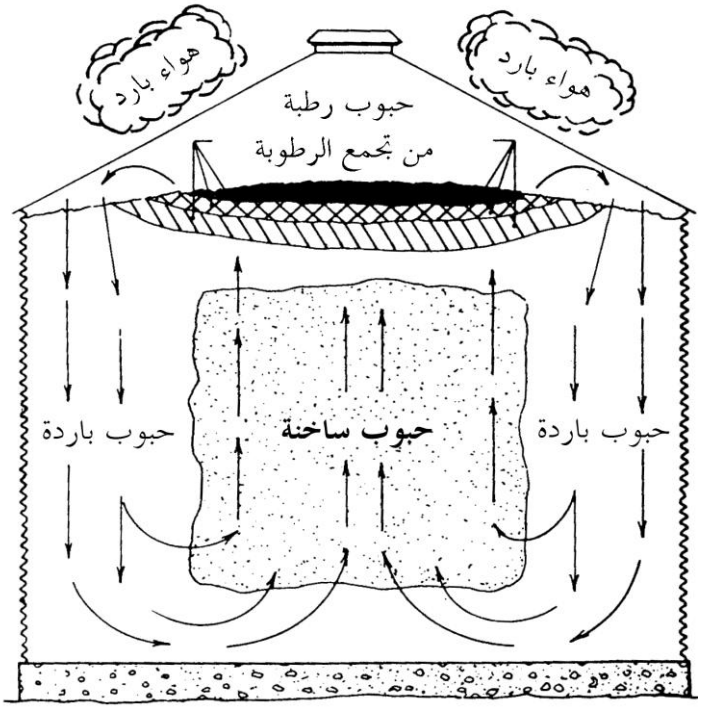
درجة الحرارة محتملة, و يعزى ارتفاع الحرارة في هذه الحالة إلى تنفس الحشرات و تعالج هذه الحالة بالتهوية و القضاء على الحشرات.

و تتميز سخونة الحبوب الجافة بما يلي:

1. تحدث في الحبوب ذات الرطوبة المنخفضة نسبيا (11% و لا تزيد عن 15%).
2. تصل درجة حرارة الحبوب إلى 38 م° و لا تتعدى 42 م°.
3. توجد حشرات حية كثيرة مع الحبوب.

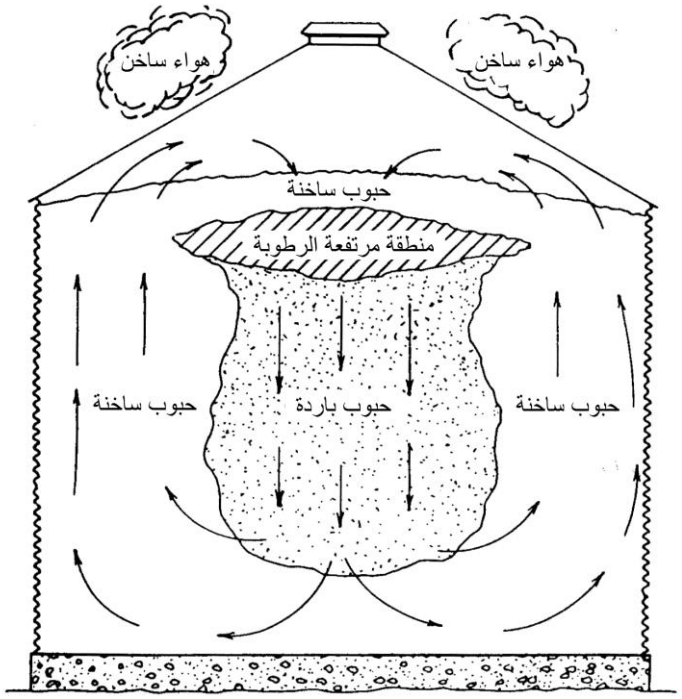
1-2-2- درجة حرارة و رطوبة الوسط المحيط:

عند ارتفاع درجة حرارة الهواء يتم حمل بخار الماء من الحبوب الى الهواء، و بالعكس عند تماس الهواء بكتلة باردة فإن بخار الماء المحمول في الهواء يتكاثف على الحبوب و يمتص من قبل الحبوب. و عند تخزين الحبوب في منطقة تتغير درجات حرارتها الموسمية بشكل كبير تؤدي إلى تغير درجة حرارة الحبوب بشكل غير متجانس، فعندما تكون حرارة الوسط المحيط للخلية أقل من حرارة الحبوب فإن الهواء داخل الخلية، المجاور للجدران سيبرد و يشكل تياراً هوائياً هابطاً إلى أسفل الخلية و تيار هواء صاعد في وسط الخلية، حيث الحبوب ماتزال ساخنة، و بذلك يصادف التيار الهوائي الصاعد الذي يحتوي كمية بخار كبيرة الحبوب الباردة في وسط و أعلى الخلية مما يسبب تكاثف البخار على هذه الحبوب مؤدياً إلى زيادة رطوبتها.



الشكل (2) : حركة تيارات الهواء داخل الخلية في جو بارد.

أما إذا كانت حرارة الجو المحيط حارة فإنه ينشأ تيار هوائي حار صاعد في جوار الجدار و تيار هوائي بارد في وسط الخلية و يتكاثف بخار الماء في نقطة منخفضة عن سطح الحبوب و مجاورة للحبوب الباردة في وسط الخلية ولا تتجمع الرطوبة في أعلى الخلية بسبب حرارة الحبوب المرتفعة.



الشكل (3) : حركة تيارات الهواء داخل الخلية في جو حار.

قد يحدث تدهور للحبوب الجافة أثناء التخزين نتيجة وجود تفاوت بين درجة حرارة الحبوب داخل المخزن أو الصومعة و درجة حرارة الهواء الخارجي, إذ يؤثر الفرق بين درجتي الحرارة على الحبوب من خلال جدر المخزن أو الصومعة خاصة إذا كانت مبنية من المعدن, و حيث أن التوصيل الحراري للحبوب بطيء فإن هذا التأثير ينتقل من الجزء الخارجي من كتلة الحبوب إلى مركز الكتلة ببطيء شديد, و قد ترتفع درجة حرارة الحبوب في مركز الكتلة نتيجة لوجود إصابة حشرية, و يتم انتقال الحرارة ببطء شديد إلى الطبقة الخارجية من الحبوب.

إن التفاوت الكبير في درجات الحرارة يولد تيارات هوائية محملة بالرطوبة تنتقل من مناطق الحرارة المرتفعة إلى مناطق الحرارة المنخفضة, و قد ذكر أن الهواء عندما يبرد ترتفع رطوبته النسبية, و قد تصل إلى درجة التشبع و حينئذ يترسب الماء الزائد على سطح الحبوب الباردة, و يهيئ ظروفا لنمو الفطريات, و مزيدا من التدهور.

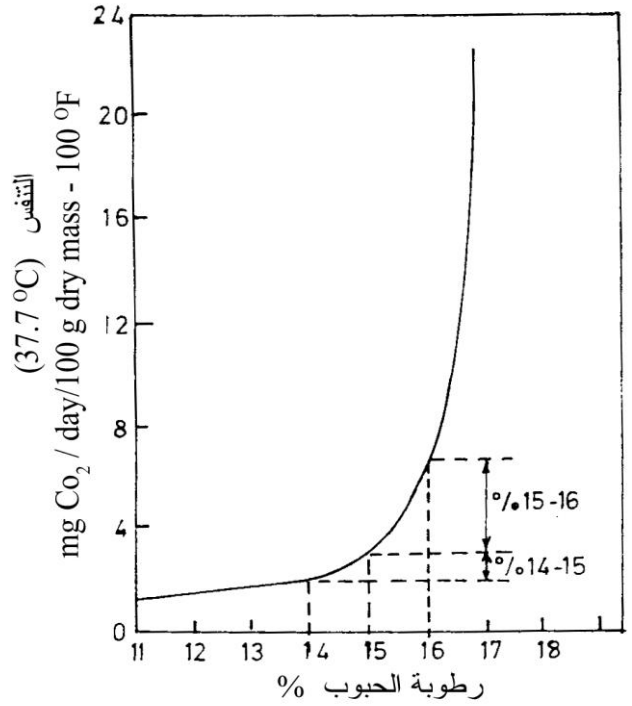
فإذا انخفضت درجة حرارة الهواء الخارجي عن درجة حرارة الحبوب في الداخل و استمرت هذه الحالة لعدة أسابيع فإن طبقة الهواء الملامسة لجدار الصومعة من الداخل تبرد, و ترتفع رطوبتها النسبية, و قد يصل هذا الارتفاع إلى درجة التشبع, بحيث تؤدي أي زيادة في المحتوى المائي للهواء أو أي انخفاض في درجة الحرارة إلى ترسيب ماء سائل على الحبوب. و في الوقت نفسه فإن المحتوى المائي للحبوب الموجودة في القاع يزداد بدرجة تسمح بحدوث تدهور, أما الهواء الجاف الصاعد من مركز الصومعة الدافئ فإنه يحمل جزءا من رطوبة الحبوب, و عند ملامسته للسطح العلوي البارد للحبوب تترسب الرطوبة لتنشأ منطقة تدهور أخرى.

و تكون حركة الهواء عكسية عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي أعلى من مثيلاتها داخل الصومعة, و عادة تتكون طبقة من الحبوب تتميز بارتفاع محتواها المائي في قاعدة الصومعة إذا لم يكن هناك نظام تهوية أسفل القاع.

و لتفادي مشكلة التكثف المائي في الصوامع المعدنية يجب أن تكون فاتحة اللون, حتى تعكس الأشعة خلال النهار, و يؤدي التظليل الكافي للصوامع إلى تلافي التغيرات الحرارية التي تؤدي إلى عملية التكثف.

1-2-3- الأحياء الدقيقة Microbiology :

الحبوب و الأحياء الدقيقة التي تتواجد على سطح الحبوب بشكل بطيء جداً عند رطوبة أقل من 14% و درجات حرارة منخفضة تتنفس Respiration إلا أنه تزداد سرعة التنفس بارتفاع درجة الحرارة و الرطوبة. ينتج عن عملية التنفس طرح ثاني أوكسيد الكربون و الماء و نشر كمية من الحرارة و تزداد سرعة نمو الأحياء الدقيقة نتيجة انتشار الماء و الحرارة الناتجة عن عملية التنفس و بذلك تزداد سرعة انتشار الماء و الحرارة و بما أن الحبوب ناقل غير جيد للحرارة فإن الحرارة المتولدة لا تنتشر مما يؤدي إلى احتراق الحبوب وتفحمها.



الشكل (4) : العلاقة بين كمية ثاني أوكسيد الكربون المنطلقة ورطوبة الحبوب.

1-2-4- الحشرات Insects:

يمكن تقسيم الحشرات التي تصاحب الحبوب أثناء التخزين إلى ما يلي:

1-2-4-1- حشرات أولية primary insects:

و هي التي تستطيع إصابة الحبوب السليمة و تشمل:

*حشرات تصيب حبوب النجيليات, و من أهمها سوسة الأرز (Sitophilus oryzane L.) و سوسة المخزن (S. granaries L.) و فراش الحبوب (Sitotroga cerealella Oliv.) و ثاقبة الحبوب الصغرى (Rhizopertha dominica Fab.) و خنفساء الكادل (tenebroides mauritanicus L.).

*حشرات تصيب حبوب البقول, و من أهمها خنفساء اللوبيا (callosobruchus chinensis L) و خنفساء الفول الصغيرة (Bruchidius incarnates Schm).

1-2-4-2- حشرات ثانوية secondary insects:

و هي تعجز عن إصابة الحبوب السليمة, و لكنها تصيب الحبوب التي سبق إصابتها بإحدى الحشرات الأولية أو تتغذى على كسر الحبوب أو منتجات الدقيق, و من أمثلتها خنفساء الحبوب المنشارية (Oryzaephilus surinamensis L.) و فراش الدقيق (Ephestia kuehniella Zeller).

1-2-4-3- حشرات عرضية Accidental insects:

لا تصيب الحبوب أصلا, و لكنها قد توجد أحيانا في المخازن على أكوام الحبوب, و من أمثلتها خنفساء السجاير (Lasioderm serricorne Fab) .

1-2-4-4- حشرات كانسة Omnivorous insects:

تعيش على الحبوب الرطبة المتعفنة, و على براز أنواع أخرى من الحشرات, و أجسامها الميتة, كما تتغذى على المادة الدقيقة التي تتساقط من الحبوب المصابة, و من أمثلتها خنافس الدقيق (Tribolium sp.), و السمك الفضي (Lepisma sp.).

1-2-4-5- حشرات طفيلية و مفترسة Parasitic and predaceous insects:

و هي تتطفل على بعض الحشرات السابق ذكرها أو تفترسها و من أمثلتها الطفيليات التابعة للعائلات Chalcididae Braconidae, and Inchneumonidae و من رتبة غشائية الأجنحة بالإضافة إلى المفترسات من أنواع الحلم المفترس و العقارب الكاذبة Pseudoscorpions و يرقات بعض الحشرات.

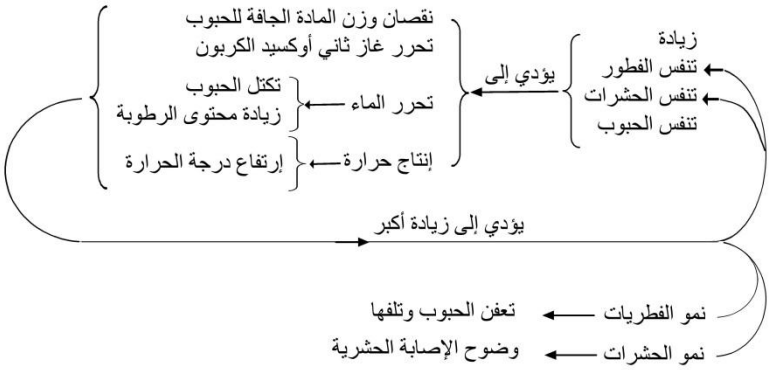
و عادة تبدأ الإصابة طفيفة غير محسوسة, و لكنها لا تلبث أن تزداد خطورتها بعد وقت قصير, نتيجة التكاثر السريع لهذه الحشرات في الجو الحار خاصة الذي يتوافر في المخازن, و تتغذى معظم الحشرات على المحتوى النشوي للحبوب, و لكن اليرقات في بعض الحشرات تبدأ بإتلاف الجنين.

و تنحصر مصادر العدوى بحشرات المخازن فيما يلي:

1. الحبوب المصابة المخزنة في العراء.
2. مخلفات الحبوب من الأعوام السابقة في المخازن و الصوامع.
3. الحشرات التي تبقى في آلات الدراس و التذرية و في وسائل النقل.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

4. الحشرات التي توجد في الأكياس المستعملة.



الشكل (5) : مخطط آلية تأثير الأحياء الدقيقة والحشرات على الحبوب.

كما تصاب الحبوب على اختلاف أنواعها أثناء تخزينها بعدد كبير من آفات المخازن تشمل أنواعاً من:

1- أنواع السوس weevils.

2 - ثاقبة الحبوب الصغرى (F) Rizopertha dominica.

3- خنافس الحبوب Grain beetles:

و تشمل:

أ- خنفساء الخابرا (Everts) trogoderma granarium.

ب- خنفساء الكادل tenebroides mauritanicus.

ت- خنفساء الحبوب المنشارية Oryzaephilus surinamensis.

ث- خنفساء الحبوب المفلطحة cryptolestes ferrugineus.

4- خنافس الدقيق Flour beetles:

و تشمل:

أ- خنفساء الدقيق الصدئية Tribolium castaneum herbst.

ب- خنفساء الدقيق المتشابهة Tribolium confusum duval.

ت- خنفساء الدقيق ذات الرأس الطويل latheticus oryzae waterh.

ث- دودة الجريش الصفراء tenebrio molitor L.

5- خنافس البقول:

و تشمل:

أ- خنفساء اللوبيا callosobruchus chinensis L.

ب- خنفساء الفول الكبيرة bruchus rufimanus.

ت- خنفساء الفول الصغيرة Bruchidius incarnates.

ث- خنفساء العدس bruchus lentis froel.

ج- خنفساء بذور البرسيم Bruchidius trifolii .

6- الفراشات moths:

وتتضمن:

أ- فراش الحبوب sitotroga cerealella (Oliv.).

ب- فراش الدقيق Ephestia Kuehniella (Zell.).

ت- فراش الأرز Corcyra cephalonica (Staint.).

ث- فراش الطحين الهندية Plodia interpunctella (Hubn.).

ج- فراش الحبوب المجروشة Pyralis farinalis L.

1-2-5- الحلم (الاكاروس) Mites:

حيوانات متناهية الصغر تصعب رؤيتها بالعين المجردة, و لكن من السهل تمييزها عن الحشرات, حيث تحمل الحيوانات الكاملة منها و الحوريات أربعة أزواج من الأرجل, بينما تحمل اليرقات 3 أزواج فقط, كما أنه لا يظهر في الحلم تقسيم واضح لمناطق الجسم الثلاث بالإضافة إلى أن معظمها يحمل شعورا طويلة على الجسم, و إذا وجدت هذه الحيوانات بأعداد كبيرة ترى كمادة دقيقة منتشرة على سطح الأكياس أو قاعدة كومة الحبوب.

و يمكن تقسيم الحلم الذي يوجد في المخازن إلى الأقسام التالية:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

1. حلم يتغذى على الحبوب.
2. حلم يتغذى على الفطريات التي توجد في الحبوب.
3. حلم يفترس أنواعا من حلم المخازن, أو يمتص بيض الحشرات و يرقها الصغير.

و يعتبر حلم المخازن من الآفات المهمة إذا توافرت له الظروف المناسبة من الحرارة و الرطوبة المرتفعة، حيث يتكاثر بسرعة مذهلة مكونا مجموعات كثيفة قد تنتج عنها أضرار كثيرة, و مثل هذه الحالات تحدث في المناطق المعتدلة, و لكنها لم تشاهد في المناطق الاستوائية أو شبه الاستوائية.

ومن أنواع حلم المخازن حلم الدقيق (tyroglyphus farinae de geer) وكذلك الحلم Acarus siro L. , وهي تحمل جراثيم فطريات التخزين خارج أجسامها, وفي داخل قناتها الهضمية وفي برازها وهذه الأنواع من الحلم يمكن أن تصيب الحبوب السليمة بجراثيم الفطر, وفي النهاية تتغذى على الفطريات النامية.

1-2-6- القوارض Rodents:

و تشمل الفئران و الجرذان, و هي ثدييات صغيرة أو متوسطة الحجم ذات انف مدبب و ذيل طويل يكسو جسمها الشعر, و يبرز من كل فك زوج من القواطع الحادة و لها ثلاثة أزواج من الضروس الخلفية أما الأنياب و الضروس الأمامية فهي غائبة, أطرافها الأمامية غالبا ما تكون اقصر من الخلفية, و حاسة الإبصار عندها قصيرة و محدودة, و في الاتجاه الأمامي فقط. تعيش القوارض معيشة اجتماعية في جحور أو أنفاق تعملها في مخازن الحبوب, و قد تحتمي في أماكن آمنة داخل المباني, و تقوم بتخزين طعامها في تلك الجحور, لتلجأ إليها وقت الحاجة, و رغم أنه يمكن رؤية القوارض في أي وقت من أوقات النهار أو الليل إلا أنها تكون أكثر نشاطا في الساعات الأولى بعد الغروب, و تمتاز القوارض بكثرة نشاطها, و سرعة تكاثرها, و فرط ذكائها, و حذرها الشديد, و تشككها في كل جديد.

و تعيش القوارض فترة تتراوح بين عام و ثلاثة أعوام, و تبلغ الأنثى سن الحمل في الشهور الأولى من عمرها (3 – 5 شهور), و تحمل عدة مرات في السنة, و تضع في

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

كل مرة عددا من الصغار و يولد الفار أعمى و أصم, و جسمه عار من الشعر, و يبقى كذلك لمدة أسبوعين, ثم يبصر و يسمع و ينمو شعره و يكبر جسمه.

- مظاهر وجود القوارض في المخزن:

1. قرض الأكياس و تمزيقها و بعثرة محتوياتها.
2. تناثر قطع من البراز و وجود آثار بول و وجود رائحة مميزة.
3. وجود آثار الأقدام و الذيل على الأماكن المغطاة بالتراب .
4. وجود فتحات تؤدي جحور القوارض داخل المخازن أو مخارجه.

- مصادر الإصابة بالقوارض:

قد تبدأ القوارض في مهاجمة كثير من محاصيل الحبوب و هي قائمة في الحقل, و قبل الحصاد, و تعمل آلات الحصاد و الدراس و وسائل النقل الأخرى كمرتع للقوارض لوجود متبقيات من الحبوب بداخلها. إن ترك الحبوب في العراء أو تخزينها في مخازن موبوءة يعرض الحبوب لهجوم القوارض.

- الأضرار الناتجة عن القوارض:

يمكن تلخيصها فيما يلي:

1. قرض الأكياس و بعثرة الحبوب.
2. فقد في وزن الحبوب يقدر بحوالي 1 – 3%.
3. فقد في نوعية الحبوب نتيجة تلوثها بقطع البراز و البول و الشعر.

و يلاحظ أن القوارض تتلف من الحبوب نتيجة تلويثها أو بعثرتها أكثر من استهلاكها الحقيقي في غذائها, و هي تستطيع أن تحيل عشرة أمثال ما تستهلكه من حبوب إلى مالا يصلح للاستهلاك الآدمي, و فضلا عن ذلك فإن الفئران و الجرذان تقرض كل ما يصادفها من غذاء أو ملابس أو مفروشات أو أساس, وهي تهاجم كثيرا من المحاصيل الزراعية في وقت الحصاد كالفول السوداني كما تتلف قنوات الري بحفرها الأنفاق التي تصنعها في التربة, كما تهاجم صغار الأرانب و الدجاج.

أما الأضرار الصحية فهي جسيمة و كثيرة فالطاعون و التيفوس من الأمراض التي

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

تنقلها البراغيث و بعض الطفيليات الأخرى التي تعيش على أجسام الفئران و الجرذان. و هي تستطيع أن تنشر مرض الكلب, و تسبب حمى عضة الفأر.

1-2-7- الطيور Birds:

تعتبر الطيور من الآفات المهمة للحبوب, و هي قائمة في الحقل و أثناء تخزينها في العراء.

و يتوقف مقدار الفقد على عدة عوامل:

1. مدة بقاء الحبوب في العراء.
2. عدد الطيور المهاجرة و قرب أو بعد المصدر الذي تأتي منه أسرابها.
3. ما يتخذ من احتياطيات لإبعادها.

و تلتهم الطيور كميات لا يستهان بها من الحبوب المخزونة في العراء كما أنها تلوث ببرازها أكوام الحبوب, خاصة إذا كان عددها كبير, أما في المخازن فلا تشكل الطيور خطرا إلا إذا كانت المنافذ تسمح بدخولها.

1-3- التغيرات التي تحصل أثناء التخزين The changes that you get during storage:

نتيجة تفاعلات الهدم الكيميائية و الإنزيمية تجري على بنية الحبوب التغيرات التالية:

1. نقص وزن الحبوب المخزنة نتيجة التنفس.
2. تناقص كمية السكريات غير المرجعة.
3. تغير الخواص الفيزيائية للنشاء (انخفاض لزوجته).
4. تفكك الكربوهيدرات إلى غاز ثاني أوكسيد الكربون والماء.
5. انخفاض مقاومة شد الغلوتين و ازدياد مطاطيته (تحت تأثير الإنزيم المفكك للبروتين).
6. تغيرات في فعالية الإنزيمات.
7. ارتفاع نسبة الحموض الدسمة الحرة نتيجة لفعالية إنزيم الليباز.
8. ضياع في كمية فيتامين B1 بنسبة 12-30%.

1-4- أشكال تضرر الحبوب Forms of damaged grain:

هناك العديد من الأشكال التي يظهر بها تضرر الحبوب عند خزنها في ظروف سيئة و بشروط غير صحيحة نذكر منها:

1. تغيرات كيميائية و بيوكيميائية منها تفاعل ميلارد، و تغير الخواص الفيزيائية و الكيميائية للنشاء و تخرب البروتينات و هدم الفيتامينات و عند توفر الظروف الملائمة للإنزيمات فإن إنزيمات البروتيناز Proteinases تساهم في تحلل البروتينات، أما إنزيمات الليباز Lipases فتحلل الليبيدات كما أنّ إنزيمات ألفا و بيتا أميلاز Amylases و إنزيمات الغليكوزيداز Glucosidases تحلل النشاء.
2. التضرر الناتج عن الإصابة بالأحياء الدقيقة كالفطريات و العفن.
3. التلف نتيجة الكائنات الحية المتواجدة مع الحبوب كالقوارض و العصافير و الحشرات على جزء من الحبوب.

و من أهم مظاهر التدهور في الحبوب الغذائية و المواد المخزونة ما يلي:

1-4-1- الفقد في الوزن los in weight :

و ينشأ الفقد في هذه الحالة لهذه الأسباب:

1. نقص في المحتوى الرطوبي للحبة (أو المحتوي الزيتي في الحبوب الزيتية) نتيجة تبخر خلال الأجزاء التي قرضت بفعل الحشرات و القوارض.
2. تغذية الحشرات و القوارض و الطيور و استهلاكها لبعض محتويات الحبة.
3. تبعثر كمية من الحبوب أثناء عملية النقل نتيجة استعمال أكياس ممزقة أو الإهمال في التداول.

و تعتمد كمية الفقد على عدة عوامل هي : المحتوى المائي للحبة قبل التخزين, مدة التخزين و ظروفه, و لتقدير هذا الفقد فإنه من الضروري معرفة وزن المنتج (أو وحدة منه) عند بدء التخزين و نهايته.

تتغذى بعض الحشرات على اندوسبيرم الحبة, و بعضها الآخر يفضل مهاجمة الجنين أولا, و تستطيع بعض أنواع الحشرات أن تستهلك المحتوى الاندوسبيرمي كله للحبة تاركا

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

إياها كقشرة خارجية ممزقة, و تفتقد الحبوب نتيجة لذلك جزءا من وزنها, و يزداد الفقد نتيجة لتبخر المحتوى الرطوبي أو الزيتي للحبة.

و تلجأ القوارض إلى تمزيق الأكياس, و بعثرة الحبوب, و تلويثها ببرازها و بولها و شعرها, و هي تسرق جزءا من الحبوب تتغذى عليه, أو تقوم بتخزينه في جحورها لاستعماله وقت الحاجة.

كما أن الطيور تتغذى على الحبوب المخزنة في العراء, و تلوث الطبقة السطحية ببرازها و هي تنقر الأكياس, و تبعثر كمية لا بأس بها من الحبوب.

و لا توجد هناك إحصائية دقيقة عن الفقد العالمي في الحبوب الغذائية و غيرها نتيجة لفطريات التخزين, و لكن طبقا لتقديرات الفاو عام 1973 يبلغ هذا الفقد 5% على أقل تقدير, و قد يصل هذا الفقد في بعض البلاد كالهند و بعض الدول الأفريقية و جنوب أمريكا إلى 30% من المحصول السنوي.

و قد كانت الحبوب و مازالت في بعض البلدان تباع بالحجم, و في هذه الحالة فإن التغيرات في وزن الحبوب لا يمكن ملاحظتها, كما أن الحبوب قد تحتوى على نسبة عالية من الرطوبة (15-18%) مثلا, فكأن ما يدفع ثمنا لهذه الحبوب يشمل جزءا من رطوبة الحبة ما يزيد عن 12% يقيم على أنه دقيق.

و قد أصبح نظام الوزن الآن مع تقدير المحتوى المائي للحبوب يستعمل عالميا في المعاملات بين الحكومات و المؤسسات التجارية.

و ينتج الفقد في الوزن عن التالي:

1-4-1-1- الفقد في الحقل loss in the field :

تتعرض محاصيل الحبوب منذ وقت زراعتها حتى نضجها و قبل حصادها مباشرة إلى عوامل عديدة من التلف و الفقد, و أهم هذه العوامل الإصابة بالأمراض الفطرية و غيرها, و الإصابة بالآفات الحيوانية و الحشرية, و مشاركة الأعشاب و النباتات الغريبة للمحصول في غذائه, و هناك عوامل أخرى تؤثر سلبا أو إيجابا على المحصول كالري و التسميد و مواعيد الزراعة و الحصاد, و قد قدر الفقد الناتج عن الحشرات و الأمراض

و الأعشاب على مستوى القارات و المناطق المنتجة للمحاصيل بما يوازي 36.7% في القمح, 34.4% في الذرة الشامية, 32.5% في الذرة الرفيعة , 26.8% في الأرز, 24.4% في الشعير.

1-4-1-2- الفقد في الحصاد و الدراس loss in harvesting and threshin :

رغم أنه لا توجد تقديرات دقيقة عن مقدار الفقد في أنواع الحبوب أثناء الحصاد و الدراس, إلا أنه مما لا شك فيه أن جزءا من الحبوب يفقد أثناء عملية الحصاد نتيجة سقوطه على الأرض, و تزداد كمية الفقد كلما زاد جفاف المحصول كما يتوقف الفقد أيضا على نوعية الحبوب و صنفها, و على طريقة الحصاد نفسها, كما يفقد من المحصول جزء خلال عملية الدراس.

1-4-1-3- الفقد في النقل و التوزيع loss in transportation and distribution :

يقدر هذا الفقد بحوالي 1% نتيجة استعمال أكياس مستهلكة في نقل الحبوب من الصوامع و إليها, أو تساقط كميات من الحبوب عند نقلها دون أكياس في وسائل النقل المختلفة.

1-4-1-4- الفقد في التخزين loss in storage :

تتعرض الحبوب أثناء تخزينها إلى عوامل شتى من التلف الناتج عن الإصابة بالحشرات أو عن الرطوبة (ارتفاع المحتوى المائي للحبة), أو الناتج عن الفطور و الطيور و القوارض, و يقدر الفقد في وزن الحبوب نتيجة الإصابة بالحشرات بحوالي 3 – 5% و حوالي 2 – 3% نتيجة الإصابة بالطيور و القوارض.

1-4-1-5- الفقد في المطاحن و المضارب loss in milling and processing :

من العوامل التي تتحكم في الفقد في المطاحن ما يلي:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

1. صنف القمح: هناك أقماح طرية و أخرى قاسية. و تصمم المطاحن لطحن صنف معين من القمح، و استعمالها في طحن صنف آخر مغاير لما أعددت له يؤدي إلى فقد كبير أثناء الطحن.
2. نسبة الإصابة الحشرية: تستهلك الحشرات غالبا المادة الدقيقة للحبوب و بذلك ينخفض استخراج الدقيق حيث يتم فصل الحبوب المصابة أثناء عمليات الغربلة و الغسيل.
3. نسبة الحبوب الضامرة: و مثل هذه الحبوب تقل فيها نسبة المادة الدقيقة, و وجودها بكثرة يؤدي إلى نسبة من الفقد نتيجة فصل جزء كبير منها أثناء الغربلة و الغسيل, بالإضافة إلى ارتفاع نسبة المواد غير الدقيقة على حساب الدقيق.
4. نسبة الرطوبة في الحبوب: ارتفاع نسبة الرطوبة في الحبوب يؤدي إلى صعوبات كبيرة أثناء الطحن نتيجة لتعجن الدقيق الناتج.
5. نسبة الاستخراج: يتراوح معدل الاستخراج ما بين 75 – 90% و كلما قلت نسبة الاستخراج زادت نسبة الفقد و العكس صحيح, و تلجأ الدول عادة إلى رفع نسبة الاستخراج في أوقات الأزمات و زمن الحروب, و ذلك للاستفادة بأكبر قدر ممكن من محتوى الحبوب, و تنخفض في أوقات الرخاء.

1-4-1-6- الفقد في المخابز loss in bakeries :

تقدر نسبة الفقد في المخابز بحوالي 1 – 3%, و ذلك يرجع إلى اختلاف الأقماح من حيث قدرتها على امتصاص المياه, و لا شك أن امتصاص الحبوب لنسبة أعلى من الماء تعتبر صفة مرغوب فيها تؤدي إلى وفر الإنتاج, كذلك توجد بعض النواحي الفنية الأخرى في المخابز ينتج عنها إنتاج نسبة من الأرغفة غير منتظمة الشكل لا يقبل عليها المستهلك، و هو يمثل نوعا من الفقد.

1-4-1-7- الفقد على المائدة loss on the table :

يمكن تقدير هذا الفقد بحساب متوسط استهلاك الفرد, و مقدار ما يفقد نتيجة التخلص من اللبابة أو ترك بعض قطع الخبز.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

1-4-2- الفقد في القيمة الغذائية loss in nutritional value :

و ينشأ الفقد في هذه الحالة نتيجة العوامل الآتية:

تعريض المادة للشمس و الحرارة لفترة طويلة, و هذا يؤدي إلى إتلاف بعض الفيتامينات, و يسبب أكسدة الكاروتين, و يسبب التجفيف الصناعي لحبوب الأرز على درجات حرارة مرتفعة فقد جزء من الثيامين.

الإصابة الحشرية : و يختلف تأثيرها على القيمة الغذائية للمنتج تبعا لطبيعة الحبوب المصابة و توزيع مكوناتها بالإضافة إلى العادات الغذائية للحشرات.

فمثلا تتغذى أنواع السوس عادة على المحتوى الاندوسبيرمي للحبوب, فهي تستهلك كمية كبيرة من المواد النشوية و قليلا من البروتين و الفيتامينات التي توجد أساسا في الجنين و القشرة الخارجية للحبوب, و في الحبوب البقولية حيث يتوزع المحتوى البروتيني و الفيتاميني بالتساوي على كل أجزاء البذرة, تستهلك الخنافس كميات متفاوتة من هذه الحبوب, و قد تستهلك بعض الحشرات ما يقارب من 50% من هذه البذور, و حيث أن 25% من المادة الجافة لهذه البذور بروتين خام فإن الفقد في بروتين البذرة المصابة يكون موازيا لحوالي 12%, و في حالة إصابة حبوب النجيليات بالحشرات التي تتغذى على الجنين (تاركة الجزء الاندوسبيرمي سليما) يكون الفقد في الوزن قليلا, بينما يكون الفقد في القيمة الغذائية مرتفعا.

1-4-3- الفقد في النوعية los in quality :

تقدر نوعية الحبوب بطرق مختلفة, و يدخل في الاعتبار النقاط التالية:

1. المظهر الخارجي للحبوب: و من حيث التماثل في الحجم, و لون الحبوب و قوامها, و مقدار ما تحتويه من شوائب.
2. الرائحة و الطعم: و هي ذات أهمية خاصة بالنسبة للحبوب الزيتية و التوابل.
3. التحليل الكيميائي: مثل المحتوى الزيتي و المحتوى المائي و الحموضة, و وجود مواد سامة أو غيابها.

و يتم التسويق للحبوب في بعض البلدان على أساس الحجم و الوزن معا, و هذه الطريقة تكشف عن الحبوب ذات النوعية المنخفضة كأن تكون الحبوب غير تامة النضج أو ضامرة أو مصابة بمرض أو حشرة.

إن كسر الحبوب أو تلفها ميكانيكيا أو عن طريق الحشرات أو القوارض يؤدي إلى سرعة تدهور الحبوب من خلال التغيرات الكيميائية التي تحدث داخل الخلايا, و على ذلك فإن عمليات تحلل الزيت و أكسدته تتم بسرعة هنا في هذه الحالة و تؤدي إلى زيادة في انفراد الأحماض الدهنية الحرة, و قد تصل الحالة إلى درجة التزنخ (Rancidity) و على ذلك فإن الكمية المتاحة من الزيت ذي النوعية العالية التي تحتاج إلى أقل ما يمكن من عمليات الأعداد تقل, و يؤدي ذلك إلى زيادة تكاليف أعداد زيوت الأكل, يحدث ذلك اذا كسرت حبة الفول السوداني مثلا أثناء عملية التقشير.

و زيادة الحموضة ليست قاصرة على البذور الزيتية, و لكنها تحدث أيضا في حبوب المحاصيل النجيلية بعد مدة تخزين طويلة, و تسرع هذه العملية اذا طحنت الحبوب أو تم جرشها أو أصيبت بالحشرات.

و تكون الإصابة بالفطريات مسئولة عن تغير لون الحبوب لدرجة الاحمرار فضلا عن أن نشاط البكتيريا و الفطر يمكن أن يحدث تغيرات كيميائية نتيجة قدرة البكتيريا على تحليل البروتين, بالإضافة إلى أن بعض السلالات من الفطريات تنتج مواد سامة تؤدي إلى حالات مرضية في الكبد, و قد تؤدي إلى الموت, و يؤدي ارتفاع حرارة التخزين إلى نشاط إنزيم Lipase.

1-4-4- انخفاض القدرة على الإنبات lowering of germination capacity :

و يحدث ذلك نتيجة العوامل الآتية:

1. عوامل طبيعية: كتعرض الحبوب للضرر أو الرطوبة العالية أو الحرارة العالية .
2. تلف الغلاف البذري: و هو يؤدي إلى سرعة التنفس و بالتالي ضعف حيوية البذور.
3. تلف محتويات الحبة: و قد يتلف الجنين نتيجة الإصابة بخنفساء الكادل, أو خنافس الدقيق, أو دودة جريش الذرة, و قد يتلف الاندوسبيرم نتيجة الإصابة بالسوس أو

ثاقبة الحبوب الصغرى, و تلف الجنين يفقد الحبة قدرتها على الإنبات, و يتأثر الإنبات بمقدار ما استهلك من اندوسبيرم.

4. تدخين الحبوب: يؤثر التدخين خاصة اذا حدث تجاوز في الجرعة, أو إطالة مدة التعريض, أو ارتفاع المحتوى المائي للحبة أو ارتفاع الحرارة على الإنبات و النمو الطبيعي للجذور و المجموع الخضري للنبات.

1-4-5- التلوث بالشوائب contamination by filth :

تختلط الحبوب أثناء الحصاد و التجفيف و الدراس و التخزين بمواد غريبة, مثل الأحجار و ذرات التراب و قشور النباتات, و بذور الحشائش و الفطر و الحشرات و أجزائها , و جلود انسلاخها و بول و براز القوارض و شعرها, و قطع الزجاج و المعدن, و ارتفاع نسبة الشوائب بالحبوب يؤدي إلى انخفاض نوعية الحبوب و قيمتها التسويقية.

و قد ثبت أن وجود المخلفات الحشرية في الحبوب يؤدي إلى ارتفاع نسبة اليوريا في النواتج الدقيقة و هي مواد سامة, و قد يحدث تغيرات في مكونات الحبة قد يؤثر في خصائص التجهيز الصناعي, و إلى صعوبات في الطحن فضلا عن انخفاض التصافي, و قد وجد أن ارتفاع نسبة الأتربة في الحبوب يعوق تهويتها, و تمتص الرطوبة, و ترفع المحتوى المائي للحبوب, و تضعف من تأثير المساحيق التي تضاف لمكافحة الآفات.

و يراعى نظافة الحبوب في مناطق الإنتاج, و كذلك قبل التوزيع لتلافي الأضرار المحتملة, إن عملية الغربلة أو الغسيل التي تجري في بعض الأحيان لتقليل الإصابة الحشرية و الفطرية, و في الوقت الذي نتخلص فيه من معظم الحشرات التي تتحرك بين الحبوب فإنها لا تزيل جميع أطوار الحشرة, و كذلك الفطريات التي توجد في الحبة.

الفصل الثاني

تجهيزات و طرق تخزين الحبوب

تعتبر معرفة أنظمة التداول في الصومعة أمراً مهماً بالنسبة للمسؤولين عن زراعة و شراء وتخزين و معالجة و تصنيع القمح، لأنّ خلايا التخزين و نظام التداول و الشروط الجوية (مثل محتوى الرطوبة gr/m^3 بالهواء خارج و داخل خلايا التخزين) تؤثر بشكل كبير على جودة و قيمة القمح. تعكس أنظمة تدريج القمح الضرر الذي يصيب القمح خلال التخزين و التداول، فالأجهزة الميكانيكية الغير مناسبة يمكن أن تسبب تغير في جودة القمح كزيادة الحبات المكسورة و كمية الغبار. كما أنّ نمو العفن يعطي رائحة عفونة نافذة تؤثر على تدريج القمح (يشار لهذا القمح بالقمح المتعفن smutty). كما ينتج عن ظروف التخزين التضرر الحراري, و تبعاً لنظام التدريج الأميركي فإنّ وجود أكثر من 0.2% من الحبات المتضررة حرارياً يخفض درجة القمح إلى القمح رقم 3. و بالتالي يمكن تجنب مثل هذه التغيرات الفيزيائية و الكيميائية و الحيوية في جودة القمح إذا تم التحكم بشروط التخزين و المعالجة جيداً.

2-1- التجهيزات Equipment :

تقسم التجهيزات في الصوامع إلى مجموعات تبعاً للاستخدام: الوزن و الاستلام و التحكم بالغبار و أخذ العينات و التحليل (التنظيف – التخزين – التوزيع و المزج عند مخارج الخلية و النقل و المحافظة على جودة القمح). سمح تطور البرمجة بالحاسوب بتطوير أنظمة شاملة للتحكم و أخذ العينات و التوثيق و تخزين المعلومات للمتابعة اللاحقة لحمولات القمح المستلمة في صومعة المطحنة. تتغير خلايا التخزين و التجهيزات في صومعة المطحنة بالاعتماد على الموقع و نوع العملية.

2-1-1- الاستلام Receiving:

تصل هذه الأيام كميات كبيرة من القمح إلى المطحنة الحديثة عن طريق السكك الحديدية أو الطرق البرية أو الطرق المائية. إنّ توفر المادة الخام والنقل عوامل رئيسية لتحديد موقع مثالي لبناء المطحنة الجديدة. بالاعتماد على الموقع يجب بناء الصوامع لتلائم تفريغ حمولة القمح في أقصر وقت. يجب تصميم نظام الاستلام ليتعامل مع القمح بمعدل أسرع من معدل وصوله. يجب اختيار تجهيزات النقل الميكانيكية والمعدات المستخدمة الأخرى دائماً باستطاعة كافية وذلك للسماح بالتوسيع في المستقبل. يمكن أن تستخدم عدة طرق ميكانيكية لتفريغ القمح.

2-1-2- التفريغ Unloading:

تبنى المطاحن الحديثة في الدول المستوردة للقمح قرب صوامع التفريغ في الميناء لتوفير النقل البري و التحميل و التفريغ المتعدد. يتم تصميم سعات التخزين و التفريغ بحيث يتم تجنب غرامات التأخير (تأخير تفريغ حمولة السفينة) و المشاكل اللوجستية (مشاكل تأمين المواد الأولية). تستخدم وسائل ميكانيكية أو هوائية لتفريغ المراكب في الطرق المائية.

يتم إنشاء حفر قمعية تحت الطريق أو تحت السكة الحديدية لتفريغ السيارات أو شاحنات السكة الحديدية. يجب أن يكون لحرف الحفرة ميل 30 درجة على الأقل للسماح بتفريغ كامل القمح إلى وسيلة التجميع في الأسفل. تغطى الفتحة العلوية للحفرة (حيثما تقف العربات) بشبك معدني لمنع مرور الأجسام الغريبة الكبيرة مع القمح. تمتلك بعض الصوامع أرصفة هيدروليكية لإمالة العربة أو الشاحنة و تفريغ القمح.

2-1-3- الوزن Weighing:

تمتلك معظم المطاحن ميزان جسري لوزن الحمولات الداخلة و الخارجة و هو جزء هام للتحكم بالمطحنة و نظام الحساب. تقوم المطاحن عادة بوزن محتويات الخلايا بشكل فعلي مرة واحدة في السنة من أجل الجرد لتقدير الربح أو الخسارة

السنوية. في هذه الأيام، الأنظمة الحاسوبية ذات دقة أكبر و تسجل بشكل آني أي تغير في قائمة جرد المخزون. يضاف القمح المستلم بشكل إلكتروني إلى قائمة جرد مخزون المطحنة. تتكامل أنظمة الوزن مع أنظمة إدارة المطحنة. تتطلب المقاييس الميكانيكية المستخدمة مسبقاً صيانة و تنظيف و اهتمام كبير من المشغل لأنّ دقة الوزن تتأثر بالحبوب المتناثرة (المفقودة) و الغبار. إنّ المقاييس الإلكترونية (المستخدمة في هذه الأيام) قوية و مضادة للغبار. كانت أقسام المطحنة المختلفة فيما مضى مثل قسم الاستلام أو التعبئة تبين تقارير أعمالها بشكل مستقل على الورق. في المطاحن الحديثة المزودة بنظام حاسوب، تحدّث الأجهزة الطرفية في مختلف الأقسام المعطيات بشكل آني.

يجب أن يلائم الميزان الجسري المخصص لوزن القمح الوارد، جميع العربات الناقلة للقمح . يجب أن يكون الميزان الجسري في قسم التحميل طويل وعريض بشكل كاف ليستوعب جميع العربات. تنشأ الأخطاء عندما يتوجب وزن العربة على مرحلتين نتيجة عدم كفاية مقاس كفة الميزان. يجب تركيب سكة على جوانب كفة الميزان للتأكد من توضع العربة بشكل مناسب. تعتبر الحساسات الإلكترونية و الكاميرات التلفزيونية من الأدوات التي تؤكد قيام مشغّل الميزان بالضبط اللازم للعوامل المؤثرة على دقة الوزن.

تستخدم أيضاً الموازين الإلكترونية إما القمعية أو الشريطية لضمان تحديد أوزان قائمة جرد القمح الخارج من الصومعة. إن وضع خزانات صغيرة (surge bins) قبل وبعد الموازين القمعية ضروري لتجنب التذبذب في تحميل الميزان وأجهزة التنظيف والنقل اللاحقة.

2-2- أخذ العينات Sampling:

من المهم أخذ عينات من القمح عند وصوله إلى الصومعة من أجل فصل القمح في خلايا مختلفة و مناجل المزج اللاحق للحصول على أمثل منتج بأقل تكلفة. يعتبر فحص الحبوب و المواد المخزنة الأخرى و عبواتها و مبنى التخزين نفسه و كذلك وسائل النقل أمرا له أهميته, إذ أنه ما لم يتم اكتشاف الإصابة الحشرية أو الفطرية في

وقت مبكر فإن الخسارة لا شك تكون جسيمة, و لا بد أن يشمل الفحص أيضا الحبوب أو المواد المبعثرة, و تجمعات النفايات, و الأدوات المختلفة التي قد توجد بالمخزن.

ولعل أبسط طرق الفحص قيام الفاحص أثناء تجوله في المخزن بملاحظة أعراض الإصابة على سطح كومة من الحبوب, أو من الأغذية, أو خارج أحد الأكياس, و يكون مظهر الإصابة هنا وجود حبوب رطبة, أو مواد متعفنة, بالإضافة الى أعداد من الحشرات, على أن هذه الطريقة تعتبر إلى حد كبير مضللة, ذلك أن عدد الحشرات التي يمكن مشاهدتها يختلف كثيرا تبعا لعدة عوامل, من أهمها طور أو أطوار النمو التي بلغتها الآفة أو الآفات زمن الفحص, و درجة الحرارة و الرطوبة النسبية السائدتين, و المكان الذي تم فحصه و الوقت الذي أجري فيه الفحص. و كقاعدة عامة يزداد عدد الحشرات عادة على قمة أكوام الحبوب , و تحت ظروف الظلام, و درجات الحرارة المرتفعة.

و يمكن استخدام المصايد بأنواعها المختلفة الضوئية, و مصايد اللصق و الشفط و الورق المتعرج, و كذلك محلول الصابون, لأخذ فكرة سريعة عن الكثافة العددية للحشرات داخل المخزن.

و العادة أن تؤخذ عينات من الحبوب أو المواد المخزنة (فواكه مجففة) على أن تكوم ممثلة تمثيلا صحيحا للمادة المراد فحصها, ثم يتم فحصها لتقدير الآتي:

1. النسبة المئوية للإصابة الحشرية.
2. تحديد نوع الحشرات الموجودة و الكثافة العددية النسبية لها.
3. النسبة المئوية للحبوب و للثمار المصابة بالفطريات.
4. النسبة المئوية للشوائب و نسبة الكسر.
5. المحتوى المائي للحبوب.

و يمكن أخذ العينات يدوياً أو باستخدام آخذ عينات آلي. الهدف في كلا الحالتين أخذ عينات تمثل بشكل جيد الحمولة المختبرة.

نادراً ما تكون الشحنة متجانسة تماماً لذلك، من الضروري أخذ عدد كاف من كميات صغيرة من القمح للحصول على عينة تمثل الحمولة بشكل جيد. يمكن الحصول على عينة إجمالية تمثل متوسط خصائص الحمولة باستخدام أجهزة جيدة لأخذ العينات و طريقة مناسبة في مزج هذه العينات. تحدد الطريقة ISO Method 6644 (2002) متطلبات أخذ العينات الآلي من الحبوب الدكمة لتقدير نوعيتها باستخدام جهاز آخذ العينات الميكانيكي.

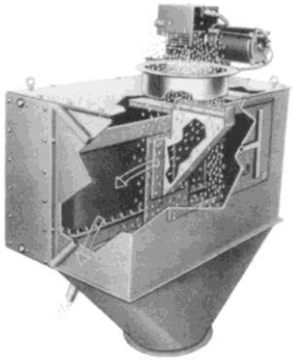
- آخذ العينات اليدوي Manual Sampling:

تؤخذ العينات بواسطة مسبر من حمولة القطار أو الشاحنة. يجب أن يتم أخذ العينات من خمس نقاط أو أكثر وفقاً لحجم الحمولة.

الشكل (6) : مسبر أخذ عينات الحبوب

- آخذ العينات الآلي Automatic Sampling:

يتم عادة أخذ العينات آلياً عند تحميل أو تفريغ الحبوب. ينتزع آخذ العينات الآلي بفترات متقطعة محددة عينة من تيار القمح و ينقلها إلى حاوية. مثلاً يمكن أخذ عينات من مخازن البارجة أو السفينة دورياً من سطح الحبوب في الحمولة أو من تيار الحبوب في نظام النقل إلى خلايا التفريغ.



الشكل (7) : آخذ عينات آلي

2-2-1- أجهزة أخذ العينات Sampling devices :

2-2-1-1- قلم العينات Sampling Pen :

يعتبر قلم العينات أكثر الأجهزة شيوعا للحصول على عينات من حبوب النجيليات و الدقيق للفحص, و هو عبارة عن قطعة مخروطية من المعدن المجوف (نحاس أصفر أو الألمنيوم) بطول 30 سم تقريبا, و هو ذو طرف مدبب, و آخر عريض يبلغ قطره 2.5-3 سم تقريبا, و قد يكون هذا الطرف مفتوحا أو مغلقا. فإذا دفع القلم في أحد أكياس الحبوب بوجهه المفتوح إلى أعلى فإنه يجمع الحبوب من الطبقة السطحية فقط, و لكن يمكن الحصول على عينة أكثر تمثيلا لمحتويات الكيس بدفع القلم بوجهه المفتوح لأسفل, ثم لفه لأعلى بعد دخوله ثم سحبه.

2-2-1-2- عصا العينات Sampling stick:

و هي عبارة عن أنبوبتين متداخلتين من النحاس الأصفر, يبلغ طوليهما حوالي متر, و قطرها 2.5 سم, و هي ذات طرف مدبب, و يحمل الطرف الآخر مقبضا, و قد تكون العصا ذات 3 قمم متصلة من الداخل طول كل منها 20-25 سم, أو تكون ذات عدة غرف (إحدى عشرة) منفصلة, و يصل طول العصا في الحالة الأخيرة إلى متر و

نصف, تستخدم العصا في الحصول على عينات من الحبوب من أكوام الحبوب السائبة, أو الموجودة في عربات السكك الحديدية, أو عنابر السفن أو الصوامع.

2-2-1-3- عصا الأعماق Deep layers sampling stick :

ذراع طويلة تتكون من عدة وصلات, و تنتهي بوعاء اسطواني مدبب الطرف, و للوعاء غطاء سائب يتصل بالذراع, و تستخدم للحصول على عينات من الحبوب من أعماق قد تصل إلى 3 متر, و عند دفع العصا داخل الحبوب يغلق الوعاء, فإذا ما وصل إلى العمق المطلوب انفتح الغطاء بمجرد سحب العصا لأعلى, و يمتلئ بالحبوب.

2-2-1-4- جهاز بليكان Pelikan apparatus:

و هو عبارة عن وعاء لأخذ عينات الحبوب أثناء سريانها على السير في طريقها إلى داخل الصومعة, أو أثناء تفريغ السفن.

2-2-2- طرق أخذ العينات sampling Method:

2-2-2-1- الحبوب السائبة في شكل أكوام Storage in bulk :

- تؤخذ عينات الحبوب بواسطة عصا العينات من ثلاثة ارتفاعات (أعلى, و وسط, و قرب القاعدة) من الجهات الأصلية الأربع (شمال, جنوب, شرق, غرب), ثم تؤخذ عينات أخرى من المواقع السابقة نفسها باستخدام عصا الأعماق.
- يتم خلط العينات خلطا جيدا, و يتم فردها في شكل دائرة و تقسم إلى 4 أقسام متساوية, و يؤخذ منها أي قسمين متقابلين و يستبعد الآخران.
- و تكرر العملية في العينة عدة مرات إلى أن يحصل على عينة زنتها كيلوغرام واحد أو نصف كيلو (حسب عدد العينات).
- تعبأ العينة في كيس من القماش, و توضع معها بطاقة عليها البيانات اللازمة, و يتم فحص العينة في اليوم نفسه لتقدير نسبة الإصابة.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

- يوضع جزء من العينة في علب محكمة من الصفيح أو الألمنيوم, و معها البيانات السابقة, و يقدر فيها المحتوى المائي للحبوب, و نسبة الشوائب.

2-2-2-2- الحبوب المعبأة في أكياس Storage in bags:

تؤخذ عينات متساوية من عدد من الأكياس دون تحيز, تخلط العينات مع بعضها و تعامل كما سبق.

2-2-2-3- الحبوب المعبأة في صوامع Storage in silos:

تؤخذ العينات على 5 فترات منتظمة أثناء التفريغ أو تدفق الحبوب إلى داخل العين.

2-2-3- أنواع الفحص types of inspection:

توجد ثلاثة أنواع من الفحص:

- ☒ فحص عام : و يجري بانتظام.
- ☒ فحص العينات : و يجري مرة عند بداية التخزين, و مرة عند نهاية فترة التخزين على الأقل.
- ☒ فحص المبنى : و يجري بانتظام.

و تحدد درجة الإصابة كالآتي:

- اصابة خفيفة Light ويرمز لها بالحرف L.
- اصابة متوسطة Medium ويرمز لها بالحرف M.
- اصابة شديدة Heavy ويرمز لها بالحرف H.
- اصابة شديدة جدا Very Heavy ويرمز لها بالحرفين VH.
- و توجد مراتب وسطية بين الإصابات السابقة مثل (H-VH) أو (M-H) .

- الفحص العام General inspection:

و يتم ذلك بالتحرك حول أكوام الحبوب, أو الأكياس الموجودة داخل المخزن و فحص القمة, لا يتم فحص الأكوام المخزنة في العراء خلال ساعات النهار, بل يتم الفحص قدر الإمكان في الضوء الخافت (بعد الغروب) باستعمال بطارية للإضاءة نظرا لأن معظم الحشرات لا تنشط إلا في الظلام, و تقدر الإصابة كالآتي:

- معدومة: clear أي لا توجد حشرات.
- خفيفة: L يظهر قليل من الحشرات دون انتظام.
- متوسطة: M توجد حشرات و ترى بانتظام في تجمعات صغيرة.
- شديدة : H توجد حشرات, تزحف بأعداد كبيرة بنشاط فوق تجمعات الحبوب أو الأكياس, تكتسي الأرض حول قاعدة الأكوام بأعداد كبيرة من الحشرات أو قد توجد على القمة.
- شديدة جدا : VH توجد أعداد كبيرة من الحشرات و تتميز بالنشاط, و يسمع صوت خاص, و يوجد حزام كثيف من الحشرات أو جلد الانسلاخ على قمة الحبوب أو الأكياس حول قاعدة الأكوام.

- فحص العينات Sampling inspection:

تؤخذ عينات الحبوب بثقب عدد من الأكياس في أجزاء مختلفة من الرصة (lot) أو بفتح عدد من الأكياس وأخذ عينة من كل منها باليد, أو بواسطة قلم العينات, أو عصا العينات من كومة الحبوب, تغربل وتقدر الإصابة كالآتي:

- معدومة : clear لا توجد حشرات قبل أو بعد الغربلة.
- خفيفة: L لا ترى حشرات على أكوام الحبوب أو الأكياس أو في العينات قبل الغربلة, عدد الحشرات بعد الغربلة لا يتعدى واحدة لكل 3 كجم من العينة أو 10 حشرات لكل 70 كجم.
- متوسطة: M ترى الحشرات على أكوام الحبوب أو الأكياس أو على عينة زنة 10 كجم قبل الغربلة, عدد الحشرات لا يزيد عن حشرتين لكل 3 كجم من الحبوب.

- شديدة: H ترى الحشرات في أعداد كبيرة نسبيا على قمة الحبوب أو الأكياس قبل الغربلة, يوجد ما بين 20–50 حشرة بكل كيس أو 2–10 حشرات في عينة زنة 3 كجم حبوب.
- شديدة جدا: VH تشاهد الحشرات بأعداد كبيرة جدا قبل الغربلة و بعدها.

- فحص المبنى Building inspection:

يتم فحص المخزن أو المطحنة, جدرانه , سقفه, أرضيته, أعمدته, آلاته للكشف عن الإصابة و تقدر درجتها كالآتي:

- معدومة: clear لا توجد حشرات على الجدران أو الأرضية أو الآلات.
- خفيفة جدا: VL توجد 1–2 حشرة بعد البحث الطويل.
- خفيفة: L توجد حشرات بانتظام, مفردة أو في أزواج أو كل ثلاث بعد بحث طويل.
- متوسطة: M توجد الحشرات و تشاهد كثيرا بانتظام, غالبا في تجمعات واضحة تجذب الانتباه.
- شديدة: H تشاهد الحشرات بوضوح, و هي تتسلق الجدران بنشاط.
- شديدة جدا: VH توجد الحشرات بأعداد كبيرة مكونة غطاء أسود.

2–3– التحليل Analysis:

من المهم عند استلام القمح في المطحنة تحديد فيما إذا كان القمح يطابق المعايير الصحيحة. يجب أن لا تتجاوز فترة فحص القمح بعد وصوله 15 دقيقة، و اعتماداً على نتائج التقييم للحمولات المنتظرة يمكن تصنيف القمح و تفريغه و إرساله إلى خلايا التخزين المخصصة له. و بنفس الأهمية يجب أن تكون العينة المأخوذة للتحليل ممثلة للحمولة بشكل دقيق و مناسب. يعتبر الفحص البصري خطوة أساسية في عملية التقييم. يستطيع التقني الخبير في المخبر أن يميز عينة القمح الملوثة بشكل كبير بالمواد الغريبة أو الحبوب المنبتة أو المصابة بمرض ما مثل التفحم أو العفن الفطري. يجب رفض مثل هذه الحمولات أو أية حمولة تحتوي على حشرات حية.

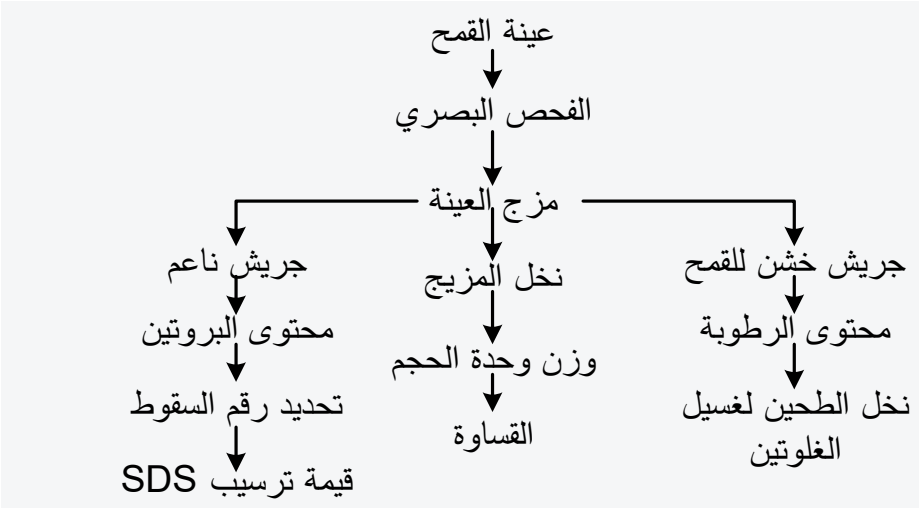
تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

تؤثر الرطوبة الطبيعية للقمح عند وصوله إلى الصومعة على قابليته للتخزين و على تحديد كمية الماء المضاف من قبل الطحان خلال الترطيب من أجل ظروف طحن مثالية. من المهم اختيار طريقة دقيقة و موثوقة لتحديد رطوبة القمح المستلم لأسباب اقتصادية و نوعية.

التجهيزات الكهربائية التي تعمل بطريقة بسيطة و سريعة هي الأكثر شيوعاً في الصوامع, و مع ذلك يجب معايرة التجهيزات الكهربائية دورياً من نتائج طرق التجفيف الأكثر دقة في تحديد الرطوبة. تحدث الفروقات العظمى غالباً عند النهاية العليا لمجال رطوبة القمح، حيث تؤثر الرطوبة المرتفعة على التخزين. من الطرق المستخدمة في تحديد رطوبة القمح السعة الكهربائية و المقاومة الكهربائية و التقطير و فرن التجفيف الهوائي و فرن التفريغ و التوصيل الكهربائي و العزل الكهربائي و الموجات القصيرة و انعكاس الأشعة القريبة من تحت الحمراء (NIRR) و نفاذها (NIRT).

يفحص الطحان خصائص جودة القمح المستلم ليتأكد من أنه مناسب لفترة التخزين المتوقعة و مناسب للطحين المراد الحصول عليه. يجب فحص الإصابات الحشرية في القمح، و الأجرام الغير قابلة لإعطاء الطحين فيه, و ملاءمته للميزات التقنية الخاصة بالمطحنة. اعتماداً على المعلومات التي تصف عينة القمح من الممكن اتخاذ بعض القرارات و إجراء الحسابات الضرورية لعملية فصل القمح في خلايا الصومعة أو التخزين أو عملية المزج. القمح الذي خضع لعمليات متكررة من الترطيب و التجفيف بعد نضجه أو القمح الذي تعرض لظروف غير طبيعية قبل أو أثناء الحصاد يعتبر قمحاً جودته التخزينية منخفضة. عند تخزين القمح في ظروف سيئة فإن الأصناف ذات الدرجة المنخفضة أو المعرضة للعوامل الجوية، تتلف بسرعة أكبر.

تضمن معرفة و فهم طرق تدريج القمح و تصنيفه، استلام قمح بنوعية جيدة مع الحد الأدنى من الأجرام وحد أعلى من القيمة الاقتصادية. من الخصائص الهامة في تحديد جودة القمح قابلية طحن القمح و انسجامه مع أنواع أخرى من الأقماح عند المزج.



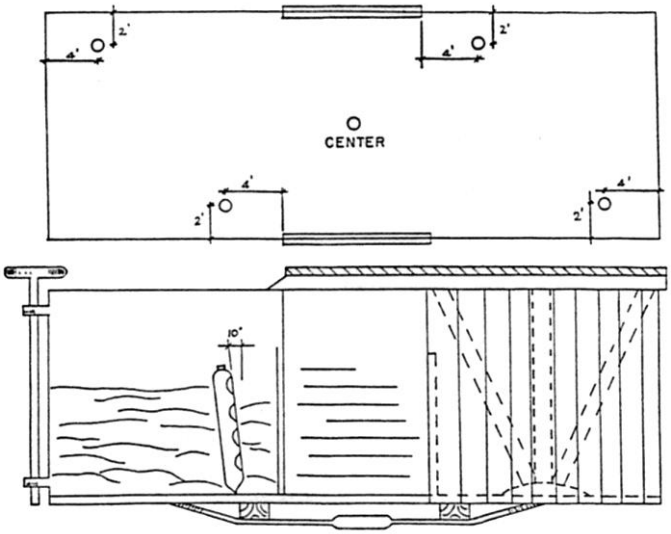
مخطط تحليل جودة القمح المستلم

يمكن تتبع التغير في نوعية القمح المستلم بواسطة تجهيزات تتوضع على خط التشغيل (on-line) تحدد الرطوبة و البروتين و الوزن الحجمي أو وزن الهكتولتر. يجب أن يقبل التحكم الآني على الخط (on-line)، القيم ضمن السماحيات المحددة. تستخدم الأجهزة التي تستخدم تقنية الأشعة القريبة من تحت الحمراء في تحليل الحبوب الكاملة. يتراوح طول الموجة في طريقة الـ NIRR في المجال 600- 1600 نانومتر، بينما في طريقة الـ NIRT يكون طول الموجة 800- 1100 نانومتر. يتم تسليط الضوء في طريقة الـ NIRT على طبقة من الحبوب حيث يمتص و يتبعثر و ينفذ عبر طبقة الحبوب. تنتقي الفلاتر(المرشحات) المناسبة طول الموجة الملائم، و يقيس الكاشف في الجهة الأخرى من عينة القمح كمية الضوء النافذ لتحديد التركيب الكيميائي المحدد للقمح. في كلا الطريقتين NIRR وNIRT يجب معايرة الجهاز من الاختبارات القياسية للرطوبة (فرن التجفيف) و من اختبارات تحديد البروتين إما كلداهل أو طريقة دوماس. الميزة الرئيسية لطريقة NIRT مقارنة بالـ NIRR هي عدم الحاجة لطحن العينة في تحديد الرطوبة.

تحضير عينة للتحليل Working Sample for Analysis:

يجب تقسيم العينة الإجمالية بواسطة طرق تجزيئ للحصول على عينة ذات حجم أصغر مع محافظة هذه العينة على تمثيل الحمولة. يجب مزج العينة الإجمالية بشكل كامل و يفضل إجراء ذلك باستخدام وسائل قياسية، و من ثم يتم تجزيئ هذه العينة إلى الكميات اللازمة لإجراء التدريج و التحليل. يعتبر مجزئ بورنر Boerner الشكل (9) من أشهر وسائل التجزئة الموضوعية للعينات. المجزئ الربعي من الطرق المتبعة أيضاً حيث يتم فيه مزج العينة ثم نشرها كطبقة رقيقة فوق سطح ما، و تقسيمها إلى أرباع حيث تؤخذ الأرباع المتقابلة ثم تقسم بشكل مشابه حتى يتم الحصول على عينات صغيرة كافية للتحليل.

يجب أن تكون طرق و قواعد العمل ثابتة عند أخذ العينات و التداول و التجزئة و التحليل و التقييم النهائي للمواد. يجب أن يحتوي كل مخبر على مكتب منفصل لاستقبال و تسجيل عينات القمح. يجب أن توضع كل عينة في كيسين و تستخدم محتويات أحد الكيسين للتحاليل و الأخرى تحفظ كمرجع. عند وصول العينة إلى المكتب ينبغي على الشخص المسؤول أن يعطيها رقم تسلسلي و يسجل تفاصيل العينة في سجل و يخزن العينة المرجعية و يرسل عينة التحليل للاختبار مع الرقم التسلسلي لكي تبقى مجهولة خلال الاختبار.



الشكل (8) : مواقع أخذ العينات من حمولة سيارة

الشكل (9) : مجزئ بورنر

2-4- ضبط الغبار Dust Control:

يعتبر ضبط الغبار في مرحلة الاستقبال وفي كل المراحل الأخرى التي تداول القمح في الصومعة مهماً من الناحية الاقتصادية والصحية والأمنية. يجب تجميع أي غبار له قيمة اقتصادية وبيعه كمنتج ثانوي. يتم تشكيل الغبار في كثير من الحالات

على شكل مضغوطات للاستعمال كعلف أو كمادة احتراق. يرش القمح بالزيت أو بالماء أو بمزيج منهما لضبط انبعاث الغبار في الصومعة والمطحنة. يجب استخدام بعض السوائل مثل الزيت المعدني (200 ppm) لإخماد الغبار وذلك بواسطة تجهيزات موثوقة تتحكم و تراقب الرش بشكل دقيق. أوضح مجرّب هذه الطريقة تضرر لون الطحين ونقص في نسبة استخراج الطحين.

وقد تم وصف المخاطر الصحية الناشئة عن استنشاق الغبار وتصنيف الغبار تبعاً لحجم الجزيئات وتأثيرات الأحجام المختلفة. تتبع الجزيئات الصغيرة جداً والتي لها قطر أقل من 0.5m µ قانون Brownian للحركة فهي تتصرف كالدخان أي يتم استنشاقها ثم نفثها مباشرة مع الزفير، أما الجزيئات الأكبر التي تترسب داخل الجهاز التنفسي فلها تأثيران مختلفان تبعاً لحجم الجزيئات, فغالباً ما تكون الجزيئات ذات القطر الأكبر من 5m µ ذات تأثير مهيج مهمل لأنها بفضل فعالية الأهداب تنفث من الجهاز التنفسي خلال 24 ساعة، بينما تعتبر الجزيئات التي يتراوح قطرها ضمن المجال m µ 0.5–5 ذات خطر كبير. و هذا لأن خلايا الدم البيضاء تلتهمها بشكل جزئي قبل أن يتم في النهاية إخراجها بالسعال. تستغرق هذه العملية زمناً طويلاً و قد تدوم 60–120 يوم. لذلك قد تسبب مثل هذه الجزيئات التهاب بدرجات خطورة مختلفة نتيجة وجود العفن و الفيروسات والبكتيريا على جزيئات غبار القمح. وقد تبين أن معظم الجزيئات الأكبر من 10m µ تتم إزالتها في الفم أو الأنف قبل دخولها إلى الجسم. تترسب نسبة كبيرة (10–60%) من الجزيئات المارة عبر الرغامى وهي بأقطار(ديناميكية هوائية) أقل من 10m µ, في الرئة وتسبب الأذى. وقد أظهر منحني الترسيب في الرئة biomodal أن هناك قمة عند قيمة 20% للجزيئات التي قطرها 3m µ وقمة عند القيمة 60% للجزيئات التي قطرها 0.03m µ. توجه هذه المعلومات للعاملين في صوامع تخزين القمح إلى اختيار كمامات غبار ذات فعالية فلترة مناسبة .

يشكل الغبار أيضاً خطر على السلامة بسبب قابليته للانفجار، ويجب أن يزال قسم منه في كل مرحلة من مراحل تداول القمح في الصومعة. مما يضمن نقصان كميته في كل نقطة من النقل الميكانيكي. إذا لم يتم التحكم بالغبار فإن كميتة ستزداد

بشكل مستمر نتيجة الاحتكاك الميكانيكي للحبات. إنّ وجود نظام مغلق لسحب الهواء في منطقة تفريغ القمح يزيد من فعالية التحكم بالغبار، ويحتاج النظام الفعال أنابيب ذات مقاييس مناسبة وفلاتر ومراوح. يجب أن تكون المروحة قادرة على نقل حجم الهواء المطلوب وذات ضغط كاف يضاهي مقاومة النظام عند نقل الغبار. و تتراوح مقاومات النظام النموذجي للتحكم بالغبار ضمن مجال الضغط 20.32–25.4 سم ارتفاع عمود الماء.

عرفت معايير السلامة المهنية وإدارة الصحة (OSHA) غبار الحبوب المتسرب fugitive grain dust بأنه جزيئات الغبار القابلة للاحتراق الناتجة عن نظام تداول المادة الخام وهي ذات حجم يمر عبر منخل رقم 40 (μ 425m) وفق المعيار الأمريكي. المعطيات الدنيا لاشتعال غبار القمح بوجود الأوكسجين في مكان مغلق هي: تركيز $50g/m^3$ ودرجة حرارة 440 م وطاقة إشعال 0.060 جول وضغط أعظمي 7 بار.

أنظمة و معايير (OSHA) فيما يتعلق بقسم الاستلام في المطحنة مفصلة جداً. أقرت المعايير مستوى تراكم غبار الحبوب يساوي 3.175 mm في مناطق محددة (priority) وهذا يتطلب التنظيف عند تراكم 3.175 mm من الغبار في أي جزء من منطقة محددة (priority) بغض النظر عن الكمية الكلية. يجب أن لا يتم التنظيف بالهواء المضغوط وإنما بالتفريغ أو باستخدام مكنسة ذات شعر ناعم والتي تثير غبار أقل في الهواء.

تقع صوامع الحبوب في رأس القائمة التي تطبق عليها قوانين (OSHA) (السجل الفدرالي، 1989). توجه هذه القوانين الإجراءات والعمليات في الأجزاء المختلفة للتجهيزات في صوامع الحبوب. تتعلق هذه القوانين بوظائف الآلات المختلفة في تصميم الصومعة و بالصيانة الوقائية.

ويبين الجدول (1) متطلبات الهواء في صومعة القمح

العملية	التصميم	حجم الهواء
حفرة الاستلام	تفريغ مباشر للحمولة	0.51 $m^2/Sec/m^3$ من مساحة الشبك

	من الحفرة (المصممة كوعاء قمعي)	
مخرج الحزام	بسرعة 1 m/ Sec	0.23 $m/Sec/m^3$ لعرض الحزام
	بسرعة 1.27 m/Sec	0.39 $mm/Sec/m^3$ لعرض الحزام
	إسقاط إلى الخلية	زد بمقدار الثلث إذا كانت الحبوب تسقط لمسافة أكثر من 3 m
روافع كيليه		0.51 $m^2/Sec/m^3$ للمقطع العرضي
قمع ميزان	تفريغ مباشر	1 $m^3/Sec/m^3$ حجم

2-5- التنظيف التمهيدي Preliminary Cleaning:

يفصل مقدار مهم من الأجرام في خلايا التخزين في المطحنة عند تفريغ الحمولة. يزيل التنظيف الأولي المواد الغريبة والغبار والحبات المصابة حشرياً لمنع تأثيرها الضار. يفسر هذا من الناحية الاقتصادية بازدياد سعة التخزين إذا كان القمح نظيف وسليم وكون القمح النظيف يتدفق بسهولة أكثر من خلايا التخزين و يمزج بدقة أكبر. ويسمح بتدفق الهواء بشكل متجانس أكثر عبر مخزون القمح مما يؤدي إلى تهوية أكثر فعالية.

المبادئ المستخدمة في معدات تنظيف القمح المستلم تشابه تلك المستخدمة في قسم التنظيف في المطحنة. الهدف الرئيسي في قسم الاستلام هو فصل المواد الغريبة الكبيرة وباستطاعة كبيرة. ولذلك تصمم المعدات بمناخل خشنة نسبياً ووسائل خاصة أخرى لمنع الانسداد. إنّ وضع نظام فعال لسحب الهواء وتجميع الغبار مهم جداً لفصل الغبار من الحبوب ولتجنب احتمال حدوث انفجار غباري.

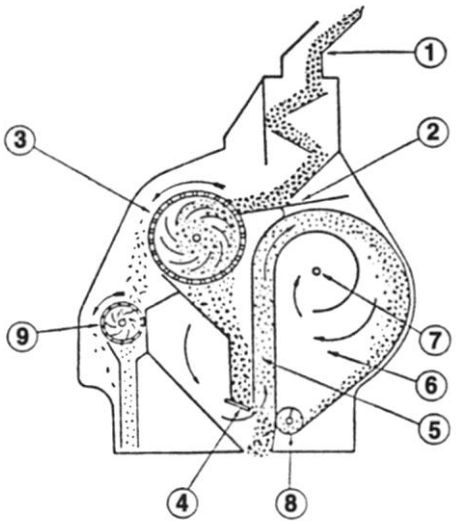
يمكن أن يوجد في حمولة القمح الداخلة إلى الصومعة أي نوع من المواد الغريبة. يمكن أن تسبب المواد الغريبة القاسية تضرر آلات النقل والتنظيف في المنشأة . التنظيف الأولي هو أول خطوة في إزالة المواد الغريبة. يسمح فصل المواد الغير قابلة

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

للطحن بزيادة سعة تخزين القمح السليم، وبإزالة المواد التي قد تسبب تدفق غير منتظم للقمح من خلية الصومعة وتؤدي إلى تداخل في المعايرة الدقيقة للتجهيزات. يساعد أيضاً التنظيف الأولي للقمح بإزالة الحبوب المكسورة والغبار، في التحكم بالإصابات الحشرية خلال التخزين.

من الضروري وجود مغناطيس قوي مركب بشكل ملائم ومصمم بشكل جيد مع وجود دارة مغناطيسية مناسبة لفصل المواد الحديدية من تيار القمح . عند اختيار نوع المغناطيس يجب أن يتم الأخذ بعين الاعتبار المواصفات المختلفة كالقيمة المغناطيسية بواحدة غاوس (Gauss) و المكان و طريقة التنظيف و الاستطاعة. في الوقت الحالي يوجد أجهزة في الصوامع لفصل المواد المعدنية الغير حديدية.

يمكن استخدام جهاز الـ Scalperator الشكل (10) أو أي منخل استطاعته كبيرة في قسم التنظيف الأولي في الصوامع. فهذا الجهاز يزيل المواد الغريبة و الأجرام الحقلية. إنّ ميزة سحب الهواء في الآلة تزيل القش(العصافة) الخفيف و الغبار من أجل تحقيق تهوية و تخزين و تجفيف و تداول أفضل. تسمح اسطوانة هذا الجهاز للقمح بالتدفق عبر المنخل من الخارج أثناء دوران المنخل، في حين تبقى المواد الغريبة على سطح الأسطوانة و تدور معها ليتم فصلها.



الشكل (10) : الـ Scalperator

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

1- مدخل 2- فتحة التغذية 3- منخل أسطواني دوّار علوي 4- فتحة تصريف 7,5- ساحب هواء 8- فتحة خروج الأجرام الخفيفة 9- منخل أسطواني دوار سفلي.

2-6- الترطيب المسبق للقمح Preconditioning of Wheat:

في بعض الأحيان، يرطب الطحان القمح في الصومعة بعد التنظيف الأولي. يتم هذا الإجراء بشكل خاص عندما يكون القمح الداخل للمطحنة جاف جداً. تضاف في هذه الحالة نسبة 1-1.5% من الماء للقمح الذي رطوبته 7-8%. يجب أن لا تزيد رطوبة القمح المرطب في الصومعة قبل التخزين عن 12.5%. يسبب الماء المضاف في الترطيب الأولي شقوق في بنية الحبوب لذلك يمتص القمح القاسي الماء بسهولة أكبر في نظام الترطيب الذي يتبع مرحلة التنظيف الكثيف قبل الطحن. إذا كانت استطاعة المطحنة تتطلب سعة ترطيب إضافية، يمكن تحويل واحدة من خلايا التخزين إلى خلية ترطيب أولي.

لتجنب نقل القمح الرطب توضع أنظمة الترطيب الأولي في أعلى صومعة المطحنة حيث لا يتواجد العمال باستمرار. وفقاً لذلك يجب أخذ إجراءات وقائية كثيرة في التصميم لتأكيد إضافة الماء فقط عند تدفق القمح عبر النظام، و إلا فإنّ استمرار تدفق الماء يسبب مشاكل خطيرة. يجب أن تزود خلايا الترطيب الأولي بمخارج متعددة مصممة بدقة لضمان تدفق كتلة القمح المرطب.

2-7- تجهيزات وخلايا التخزين Storage Facilities and Equipment:

كأي عمل صناعي فإن تخزين القمح يجب أن يكون مناسب و له كلفة معقولة. إن الحجم و السعة و استطاعة التجهيزات و تكلفة العمال و الضمان و تكاليف الطاقة و الصيانة و الضريبة هي بعض المتغيرات المؤثرة في كلفة تخزين الطن الواحد (أو البوشل) من القمح خلال فترة محددة.

2-7-1- خلايا التخزين Bins:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

يتم تشييد خلايا التخزين أو كما تسمى في بعض البلدان (silos) من الفولاذ أو الإسمنت المدعم، وقد تم تطوير خلايا ضخمة بلاستيكية قابلة للحمل للتخزين المؤقت. يمكن تشييد الخلايا الفولاذية بشكل أسرع و أرخص بالمقارنة مع الخلايا الإسمنتية. تتشكل هذه الخلايا من قطع صغيرة من الفولاذ أو قطع طويلة ضيقة بشكل شريط حلزوني ذات سطح مطلي بالزنك. تتراوح أقطار الخلايا الفولاذية بين 6–9 م و يصل ارتفاعها حتى 30 م. يجب أن يكون لتصميم الخلية بنية تتحمل الضغوط الفيزيائية المحتملة خلال تحميل و تفريغ الحبوب.

يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار الخواص الحرارية لمواد البناء نظراً لأهمية التحكم بدرجة الحرارة داخل الخلية. التوزع الحراري النهائي ضمن جدران الخلية تابع للتوصيل الحراري. يسمح معدل تغير التوزع الحراري بتحديد الانتشارية الحرارية. يمكن حساب الحرارة النوعية من معرفة هاتين القيمتين (التوصيل الحراري، الانتشار الحراري). يظهر الجدول التوصيل الحراري والانتشار الحراري والحرارة النوعية لكل من الفولاذ والإسمنت والقمح. تؤثر هذه القيم على معدل انتقال الحرارة في القمح المخزن. السلبية الرئيسية للخلايا الفولاذية هي كون جدرانها موصل جيد للحرارة مقارنة مع الخلايا الإسمنتية. تنتقل تغيرات الحرارة الخارجية عبر جدران الخلية الفولاذية إلى الحبوب والتي يمكن أن تفسد بسهولة إذا ما تم تخزينها لفترة طويلة. الخلايا الفولاذية قابلة للتعرق وهذا يؤثر على مستوى رطوبة الطبقات الخارجية من القمح المخزن، بينما الصوامع الإسمنتية المستخدمة لتخزين القمح غير قابلة للتعرق وتنتقل تغيرات الحرارة ببطء عبر جدرانها الإسمنتية. تبدي جدران الإسمنت المدعم عزل حراري أكبر بـ 1000 مرة من جدران الخلايا الفولاذية.

يؤدي النقص في العزل إلى اختلاف حراري عبر الجدار. عند انخفاض درجة الحرارة خارج الخلية الفولاذية، يسبب هواء الخلية الموجود بين الحبوب وفوقها انتقال حراري متواصل. يبرد الهواء القريب من الجدران مما يؤدي إلى ارتفاع رطوبته النسبية و يسبب زيادة محتوى الرطوبة في أسفل الخلية. تسبب الزيادة في الرطوبة نشوء منطقة فساد ضمن القمح المخزن. أما في المركز فإن الهواء الأسخن والأكثر جفاف يرتفع

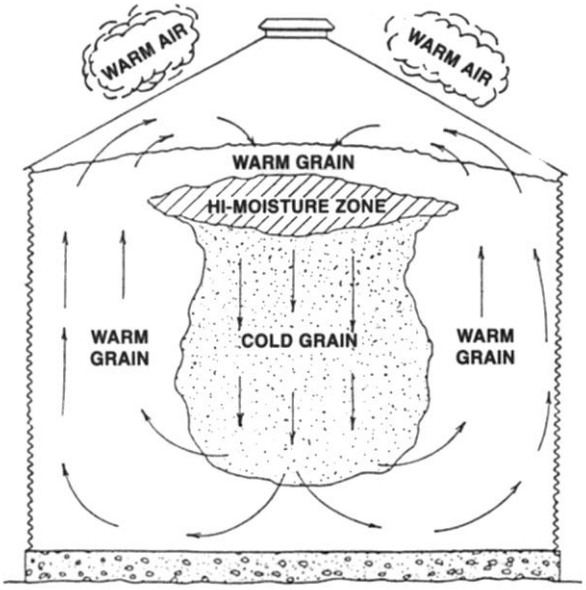
وينتزع الرطوبة من الحبوب. عند اصطدام الهواء الرطب الساخن مع السطح العلوي البارد للحبوب سوف تتجمع الرطوبة وتشكل منطقة فساد أخرى. يحدث شكل معاكس من حركة الهواء إذا كان الهواء خارج الخلية ساخن لأنه يسبب زيادة في محتوى الرطوبة بالقرب من أسفل الخلية.

الجدول (2) : الخواص الحرارية لجدران الخلية والقمح

المادة	التوصيل الحراري $cal/cm^3.sec.C/cm$	الانتشار الحراري cm^2/sec	الحرارة النوعية cal/g.C
الفولاذ	0.13629	1.13575	0.120
الاسمنت	0.00264	0.01205	0.219
القمح	0.00036	0.00115	0.370

للخلايا الإسمنتية مشاكل في النقل الحراري أيضاً. يتغير مع الزمن تركيبها وعزلها ومقاومتها للماء. تتشكل شقوق شعرية (دقيقة) في جدران الخلية من الداخل والخارج وفقاً لنوعية المواد الأولية للإسمنت والتقلصات. ينتج عن تنفس القمح داخل الخلية، غاز CO_2 وحرارة ورطوبة. بعد فترة استخدام طويلة يبدأ الماء وثاني أوكسيد الكربون بإذابة الإسمنت. ينتقل الماء الخارجي في جدران الخلية الرطبة باتجاه الداخل بواسطة القوة الشعرية والاختلاف بالضغط البخاري. وقد تبين بالاعتماد على الدراسات أن عوامل النقل الحراري تزداد بمعدل 23 و 46 و 132% بازدياد الرطوبة في جدران الإسمنت من0% حتى 5 و10 و15% على التوالي. إن استخدام مواد خاصة مقاومة للعوامل الجوية، على الجدران الإسمنتية لخلايا تخزين القمح يمكن أن يزيد من التأثيرات الضارة.

تكلفة الصيانة للخلايا الإسمنتية أقل من الخلايا الفولاذية، ولكن كلفة التشييد أعلى بثلاث مرات. يجب إجراء التنظيف الداخلي للخلايا والتعقيم مرة واحدة في السنة على الأقل. عند الدخول إلى خلايا التخزين من أجل التنظيف، يجب إتباع إجراءات الأمان المتعلقة بالأماكن الضيقة بشكل دقيق.



الشكل (11) : هجرة الرطوبة في الحبوب المخزنة عندما تكون الحرارة الخارجية أعلى من حرارة الحبوب.

2-7-2- توزيع الداخل Inlet Distribution:

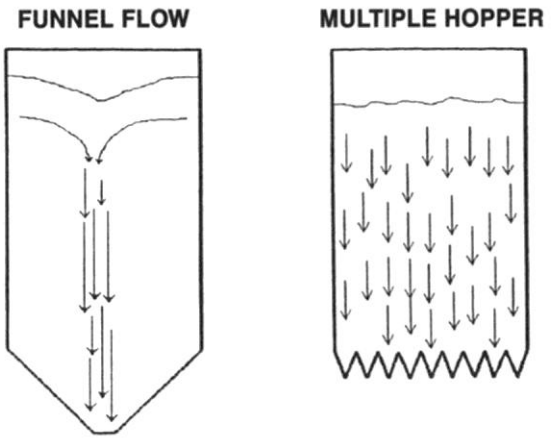
يجب تعبئة الخلايا بحذر لكي لا يحدث انفصال حمولات القمح المختلفة الرطوبة إلى طبقات. فإذا بدأ التنفس و ارتفاع درجة الحرارة في الطبقات ذات الرطوبة المرتفعة، يمكن أن تسبب هذه المشكلة الغير معالجة خروج خلية القمح عن الشروط المناسبة. يتوجب المزج التام للقمح في الخلية لضمان التوزيع المتجانس حيث أن الفرق في محتوى الرطوبة يتراوح ضمن المجال (0.5-1%). يكفل التوزيع الجيد للقمح المرطب هجرة الرطوبة فيما بين الحبات.

يتم التوزيع إما بمزج القمح لحظة دخوله أو بالتقليب المستمر للقمح في الخلية. يفصل الطحان حمولات القمح في خلايا مختلفة بالاعتماد على نوعيتها (محتوى البروتين و القساوة و معيار آخر). يؤمن هذا مرونة في مزج الأقماح المختلفة للحصول على مزيج نهائي له مواصفات الطحن المحددة مسبقاً.

2-7-3- مخارج الخلية Bin Outlets:

تؤثر الأقماع و المخارج في الخصائص التكنولوجية لمزج و خروج القمح. يتدفق القمح الجاف بسهولة من الخلية إذا كان كل من ميل القمع و مخرج الخلية كبير كفاية ليلائم الحد الأدنى من المتطلبات. يعتبر تصميم الخلية أكثر أهمية في العملية التي يتم فيها أخذ الحذر لتجنب انفصال المخزون خلال تفريغ الخلية.

يمكن أن يتم التفريغ من الخلية بشكلين أساسيين: تدفق الكتلة mass، والتدفق القمعي funnel. يتم تدفق الكتلة إذا كان القمع مائل و أملس بشكل يكفي لتدفق كل المواد من الخلية دون مناطق راكدة خلال التفريغ. يكون التدفق منتظم و يكون الوزن النوعي للمخزون عند المخرج مستقل عن ارتفاع المواد في الخلية. يسمح هذا باستخدام ملقم حجمي للتحكم بمعدل التغذية و المزج. ينخفض الانفصال إلى الحد الأدنى لأن تسلسل التدفق الداخل أولاً هو الخارج أولاً، يضمن بأن توزع حجم الحبيبات الداخل هو نفسه الخارج من القمع. يحدث التدفق القمعي عندما لا يكون ميل و نعومة القمح كافيين لإجبار المواد على الانزلاق على طول الجدران أو عندما يكون مخرج الخلية صغير جداً أو تصميم البوابة أو الملقم سيء. تتدفق المواد في الخلية ذات التدفق القمعي عبر قناة عمودية تتشكل ضمن المواد الساكنة. بما أن تقوس المواد الصلبة المتماسكة يحدث في الخلايا ذات التدفق القمعي أكثر من الخلايا ذات التدفق الكتلي فإنها تحتاج عادة مخارج أكبر لضمان التدفق. تسبب هذه الخلايا أيضاً فصل للمواد و هي غير مناسبة للمواد التي تنخفض جودتها مع الزمن إذا بقيت في القسم الساكن.



الشكل (12) : نماذج التدفق في الخلايا
التدفق القمعي (في اليسار) و التدفق الكتلي من الأقماع المتعددة (في اليمين)

تنشأ عادة الصوامع الفولاذية ذات السعة الكبيرة بقمع تجميع مركزي أو ناقل لولبي لنقل الحبوب المتبقية إلى مركز الخلية ذات القعر المسطح. يجب تفريغ الخلايا الفولاذية من مخرج مركزي لأن المخارج الغير مركزية تولد ضغطاً مرتفع على الجدار المقابل، و الذي قد ينتج عنه تشوه الخلية. من ناحية أخرى، حدوث تدفق قمعي في الخلايا ذات القمع المركزي يؤدي لفصل الحبوب لمواد ثقيلة و أخرى خفيفة. يؤثر هذا التدفق في تجانس المزيج المكون من أقماح متدفقة في نفس الوقت من خلايا مختلفة. يمكن الحصول على نتائج أفضل في الحصول على تيار قمح متجانس من خلايا ذات قطر كبير باستخدام ناقل تجميع حلزوني مركزي. يؤمن أحياناً إدخال مخروط مقلوب في القمع زيادة حجم قناة التدفق القمعي و يمنع الانحناء و الفصل. استخدام المخارج المتعددة للخلية الواحدة (المصممة للقمح) يضمن حدوث تدفق الكتلة.

2-7-4- تجهيزات خلط القمح Wheat Blending Equipment:

من المعدات المستخدمة في الصوامع لمزج القمح و لغايات أخرى الموازين و الملقمات الحجمية و الموازين الشريطية و موازين تدفق تستخدم خلايا التخزين. و دقتها تابع لمبدأ عملها و نظافتها و تماثل الوزن النوعي للقمح. يجب الحذر عند العمل

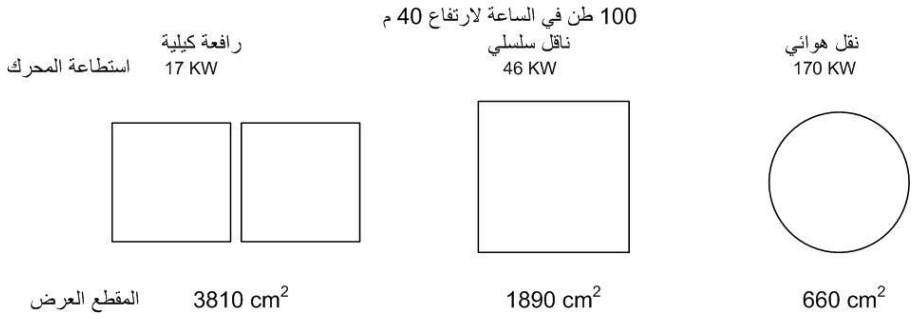
تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

بمعدات المزج بحيث يجب أن تلائم الاختلافات في الخصائص الفيزيائية للقمح المراد مزجه. فعلى سبيل المثال المغذي الحجمي الذي يمزج القمح بالاعتماد على الحجم، سوف يعطي أوزان مختلفة من الأقماح إذا كان وزنها النوعي مختلف بشكل كبير.

2-7-5- تجهيزات النقل Conveying Equipment:

لا يتضمن تصميم الصومعة فقط حل مشاكل الإنشاء و تحقيق أهداف العمل، و لكن يكفل أيضاً استخدام المعدات الأقل حاجة للصيانة و التي تحافظ على الطاقة بشكل جيد و أيضاً سهلة التشغيل بالسرعة العالية. كيفية نقل الحبوب في الصومعة أحد الأمور التي يجب على المصمم النظر فيها.

يوضح الشكل (13) مقارنة لاستهلاك الطاقة و مساحة المقطع العرضي لوسائل مختلفة لنقل الحبوب:



الشكل (13) : استهلاك الطاقة و الفراغ اللازم لأنظمة النقل المختلفة

أقسام تجهيزات النقل:

من أهم تجهيزات الصوامع أجهزة نقل الحبوب، و تستخدم في الصوامع عدة أنواع من أجهزة النقل نذكر منها:

2-7-5-1- النواقل الكيلية Bucket Elevator:

تستخدم الرافعات الكيلية الشكل (15) لرفع الحبوب إلى أعلى نقطة في المنشأة ليتم تفريغها في الصومعات. و الرافعات الكيلية عبارة عن سلسلة أو حزام ناقل وضع بشكل عمودي ثبت عليه عدد من الكيلات على أبعاد متساوية. يختلف حجم و شكل الكيلات المستخدمة وفقاً للاستطاعة و طبيعة المواد المنقولة.

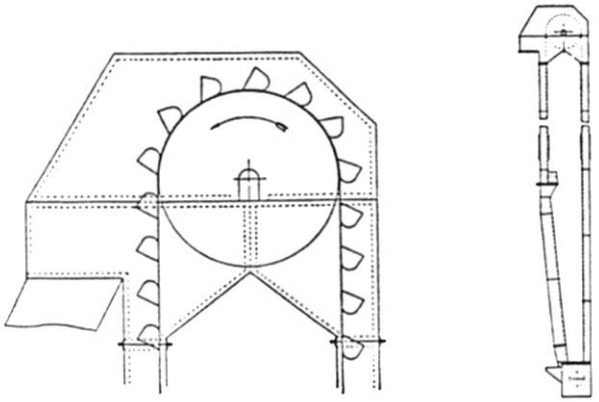
بعض ميزات النواقل الكيلية هي:

1. الفعالية الميكانيكية و هي حوالي 90% و تحتاج القليل من الطاقة و الصيانة و تسبب ضرر قليل للحبوب.
2. يمكن تركيب النواقل الكيلية بوضعية عمودية أو بزاوية ما.
3. تستخدم النواقل الكيلية في نقل و تصنيع القمح بشكل رئيسي بوضعها العمودي.
4. رخص الكلفة الإنشائية كما أنها لا تحتاج لمحركات ذات طاقة كبيرة.

و من مشاكلها تولد تيار هوائي يحرك الأتربة مما يسبب تلوث الهواء المحيط بالإضافة لصوتها المرتفع و حاجتها لتنظيف المنطقة السفلية.

تتألف النواقل الكيلية المستخدمة في نقل المواد الدكمة من:

1) كيلات لاحتواء المواد.
2) سير ليحمل الكيلات ولينقل الحركة.
3) وسائل لتحريك السير.
4) ملحقات لتحميل الحبوب و تفريغ المواد و استقبال الحبوب الفارغة و للحفاظ على توتر السير و لتطويق و حماية الناقل.
5) ملحقات مثل حساسات الحركة، و وسيلة مراقبة محاذاة السير، و نظام إخماد الحرائق، و نظام سحب الهواء للحفاظ على تركيز الغبار داخل الناقل الكيلي على الأقل 25% تحت حد الانفجار الأدنى خلال كل أوقات العمل.



الشكل (14) : مقطع عرضي لناقل كيلي

يمكن التعبير عن الطاقة اللازمة للنواقل الكيلية بالمعادلة التالية:

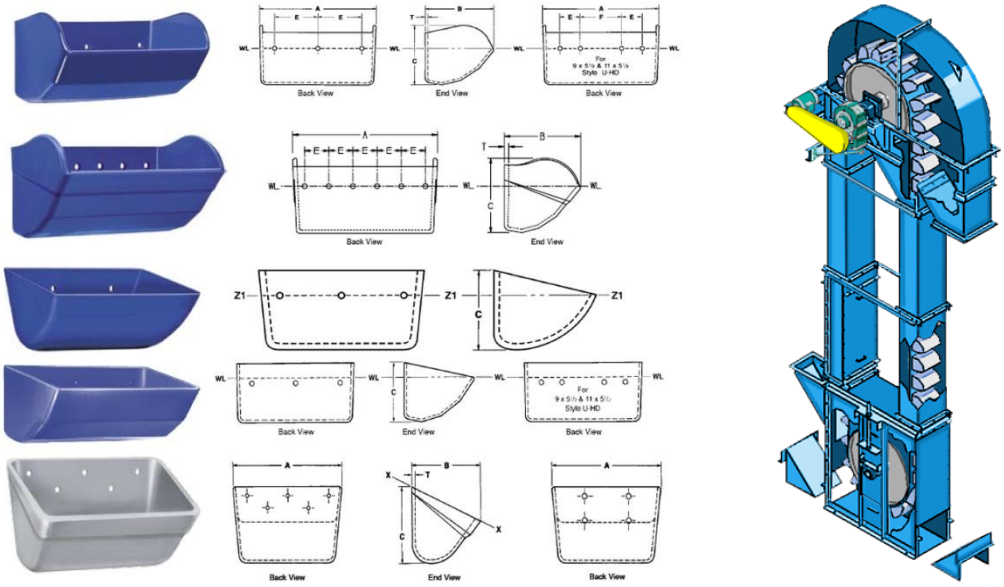
$$hp = \frac{T \times H}{990}$$

حيث H: الفرق العمودي مقدراً بالقدم بين نقطة التحميل و التفريغ.

T: الوزن مقدراً بالطن (الطن = 2000 رطل) المنقول في الساعة.

فيما سبق، كانت تصنع معظم الكيلات من الفولاذ المغلف أو من الستانلس ستيل للاستعمالات الخاصة. شاع كثيراً في الوقت الحالي صناعتها من البولي إتيلين مرتفع الكثافة، والنايلون والبولي يورثان. من محاسن الكيلات غير المعدنية بالمقارنة مع المعدنية أنها غير قابلة للتآكل، وتمتص الصدمات داخل عمود الناقل دون حدوث تشوه، وهي مواد لا تسبب شرارة عندما تسحب داخل عمود الناقل, وهي أخف وتخفض من استهلاك الطاقة. تشترط متطلبات الأمان تأريض (وصلها كهربائياً بالأرض) جميع النواقل الكيلية.

يعتمد تصميم وتركيب النواقل والأوعية على خواص المادة والاستطاعة والشروط الفيزيائية للصومعة.



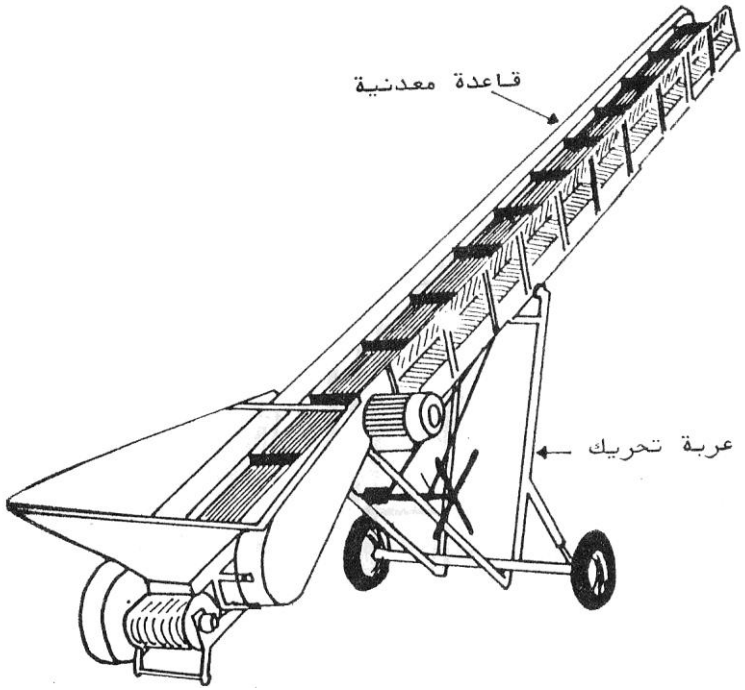
الشكل (15) : الرافعة الكيلية و بعض أشكال تصاميم الكيلات

2-7-5-2- النواقل الشريطية Belt conveyors:

يتألف الناقل الشريطي الشكل (16) من حزام أو شريط مغلق بلا نهاية يدور على بكرتين رئيسيتين، إحداهما تتسلم الحركة من محرك كهربائي و توجد بكرات بين البكرتين الرئيسيتين داعمة لحمل الحزام.

و من مزايا النواقل الشريطية:

1. يسمح بنقل المواد الفرط و المعبأة بالأكياس.
2. يسمح برفع الحزام بزاوية تصل إلى 27 درجة و يمكن نقل المواد لمسافات طويلة جداً.
3. رخيصة الثمن و قليلة تكلفة الصيانة.
4. تحتاج إلى طاقة قليلة بسبب عدم احتكاك المواد المنقولة بالحزام الناقل.



الشكل (16) : ناقل شريطي

2-7-5-3- النواقل اللولبية Screw Conveyors:

هذا النوع من النواقل هو الأكثر استخداماً في نقل الحبوب من مطاحن و صوامع و معامل العلف. يتشكل الناقل اللولبي من محور تستند عليه أجنحة مفتولة مختلفة التصاميم، حيث يتحرك المحور داخل ساقية أو مجرى trough على الأغلب على شكل حرف U بواسطة محرك كهربائي.

الشكل (17) : ناقل لولبي

2-7-5-4- السيور الناقلة Belt Conveyors:

تعتبر السيور الناقلة أكثر وسائل نقل المواد الكبيرة الحجم أو الصغيرة بساطة و موثوقية كما أنها أكثرها اقتصاداً.

يتألف السير الناقل من سير متصل و متحرك يحمل المادة و بحركته ينقل المواد من مكان لآخر. تدار السيور بواسطة بكرة قائدة و تدعم بواسطة بكرات استناديه أو اسطوانات على طولها ذهاباً و إياباً.

يتم تحميل القمح على السيور بواسطة منحدر و يفرغ منه بسقوطه من أعلى البكرة القائدة الطرفية أو بحرف المادة في موقع ما على طول مسار الناقل بآلية خاصة.

يتألف السير الناقل من العناصر التالية :

1. السير لحمل المواد و نقل الحركة.
2. وسائل لسند السير و هي عادة بكرات قائدة أو اسطوانات.
3. وسيلة لتحريك السير و هي عادة تكون بكرة قائدة أو زوج من البكرات القائدة.
4. ملحقات للمحافظة على توتر السير مثل الرافعات، و ملحقات لتحميل المواد على السير مثل المنحدر، و لتفريغ المواد مثل المنحدر و الكاشطة و لتنظيف و حماية السير مثل غلاف خارجي (كبين) و أغطية و فراشي للتنظيف.

يكون السير مرن و متصل و عادة غير متمفصل، و هو شريط مسطح من مادة تتحرك بهدوء عند أي سرعة. و بتأمين سحب جيد للهواء في مواقع تحميل و تفريغ القمح، لن يتولد غبار يغطي بنية السير أو الأجزاء المتحركة. بالإضافة لذلك لا يحتك القمح مع الأجزاء المتحركة مثل البكرات القائدة أو البكرات الاستناديه أو الغلاف الخارجي مما يكفل أقل ضياع بالاحتكاك و يخفض الطاقة المستهلكة.

تصنع السيور من مواد مختلفة، يجب أن تكون مرنة لتلتف حول البكرات القائدة و يجب أن تتحمل الشد بين البكرات القائدة و أن تكون قادرة على نقل الحركة بينها. يتم حساب عرضه و قوته بالاعتماد على كمية المواد المراد نقلها. خلال تركيب السير الناقل يمكن تركيب جهاز داعم يقلل من ضغط الاصطدام في منطقة التحميل و يتحكم بتسرب المواد. يمكن تركيب هذا الجهاز تحت مواقع تحميل الناقل للتخفيف من اصطدام الحمولة الثقيلة و التقليل من أضرار الصدمة على السير و بنية الناقل و البكرات ذات الثقل الخاصة بشد أو توجيه السير.

من إيجابيات السير الناقل المصمم بشكل جيد :

1. نقل المادة بأقل تكلفة للطن سواء بأحجام كبيرة أو صغيرة.
2. نقل المواد بميل يصل إلى 27 درجة.
3. انخفاض التكلفة.
4. استطاعة كبيرة و استهلاك منخفض للطاقة يصل إلى 6000 طن/الساعة.
5. توصيل أحجام متماثلة بالسرعة العالية أو المنخفضة.
6. وجود أجزاء قليلة تتعرض للاهتراء.
7. بسيطة و هادئة و موثوقة.
8. برقابة جيدة يمكن أن تنقل حتى 100 مليون طن.

تعتمد العلاقة العامة لحساب الطاقة اللازمة للسير الناقل على عاملين: الناقل الفارغ و متطلبات المادة. و يعبر عنها بالشكل التالي:

$$\mathrm{hp} = 0.001 \times F \times B \times L + G \times T \times L$$

حيث: F عامل الاحتكاك للسير، B وزن السير والأجزاء المتحركة، L طول الناقل بواحدة القدم، G عامل الاحتكاك للحمل على السير، T وزن المواد طن / الساعة.

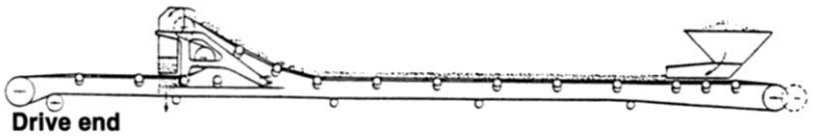
يمكن تركيب آلية الوزن على السير الناقل, و يمكن تطبيق مثل هذه التجهيزات كجزء واحد من منظومة البكرات الحاملة للسير. و هي متوفرة بعرض حتى 182 سم و استطاعة حتى 6000 طن/الساعة.

يمكن أن يركب فوق السير الناقل صفيحة مغناطيسية متينة معلقة بهيكل الدعم. تتوفر صفائح مغناطيسية للسيور الناقلة تصل إلى 120 سم.

نتيجة التطور الحالي تم إزالة البكرات الحاملة التي تتوضع على طول السير الناقل. يتحرك السير على طبقة هواء بسماكة 1 مم متولدة بواسطة مروحة متوضعة بين السير و المسار الحامل له من الأسفل. تحمل الطبقة الرقيقة من الهواء حمولة تصل إلى 976 كغ/م^2 بسرعة عالية دون حدوث احتكاك ميكانيكي.

من ميزات السير الناقل المحمول بالهواء تقليل الصيانة للبكرات و خفض الطاقة اللازمة بحدود 30%.

الحركة الهادئة للسير على طبقة الهواء في تصميم مغلق تساعد على التخلص من انفصال المادة و انتشار الغبار و أيضاً على تقليل مستوى الضجيج.



الشكل (18) : آلية تفريغ السير الناقل

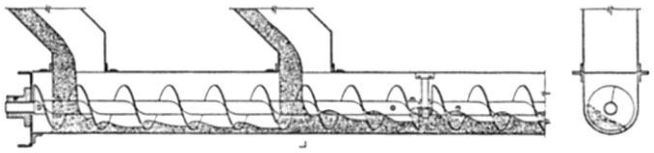
2-7-5-5- النواقل الحلزونية Screw Conveyors:

يتألف الناقل الحلزوني الشكل (19) من حلزون محمول على مساند يدور داخل مجرى.

يستطيع هذا الناقل نقل المواد الجافة بأي زاوية. يميز القسم الحلزوني في الناقل الحلزوني كل من الخطوة و القطر واتجاه الدوران.

الخطوة: هي المسافة من مركز سن أو جناح في الحلزون إلى مركز السن التالي.

إذا كان الناقل حلزون مسطح الشكل فإن كل دورة ستدفع المواد مسافة بمقدار الخطوة. على أية حال، يمكن تغيير طول الخطوة أو عدد دورات الحلزون أو يمكن تعديل شكل الحلزون لملائمة متطلبات كل عملية بشكل خاص. يمكن تركيب الناقل بدوران يساري أو يميني. لتحديد اتجاه دوران الناقل يقف الشخص جانب الناقل بحيث يدور القسم العلوي للحلزون بعيداً عن المراقب. ففي هذا الموقع، إذا كانت المواد تنتقل إلى اليمين فإنّ الحلزون يميني أما إذا انتقلت المواد إلى اليسار فهو يساري. عكس هذه الطريقة هو التالي، إذا كانت جهة دوران الحلزون معروفة يمكن تحديد اتجاه التدوير الصحيح. حالياً يتناقص استخدام الناقل الحلزوني في المطاحن بسبب التكاليف المرتفعة نسبياً للصيانة وللمحافظة على الصحة العامة. يمكن تصميم مجرى الناقل الحلزوني بقاعدة منحدرة. يسمح هذا التصميم (قاعدة موصولة بمفاصل أو وسائل أخرى) بفتح المجرى مما يسمح بوصول أفضل خلال التنظيف الدوري .



الشكل (19) : ناقل حلزوني

2-7-5-6- النواقل السلسلية Drag Conveyors:

يمكن استخدام الناقل السلسلي الشكل (20) لنقل الحبوب أفقياً أو عامودياً أو بوضعية مائلة. و ينقل المواد برويّة أكثر من النواقل الحلزونية وهو بشكل نسبي ذاتي التنظيف، ويمكن تصميمه بمداخل و مخارج متعددة.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

تتألف النواقل السلسلية (أو الجرافة) من سلسلة من الجوانح أو العوارض المصممة بشكل خاص (والتي يجب أن تلائم أي مادة منقولة)، ومثبتة على سلسلة دفع تتحرك عبر مجرى ثابت. تتحرك السلسلة المتصلة عند طرف التفريغ بواسطة عجلة مسننة محمولة على ركيزة. الركائز في الطرف قابلة للحركة لمعايرة توتر السلسلة.

المجرى محكم الإغلاق وفيه ساحب هواء لتقليل انبعاث الغبار. إما أن يكون المجرى قسم واحد أو وحدة مقسمة تكون فيها سلسلة الرجوع منفصلة تماماً عن سلسلة النقل. شكل المجرى مطابق لشكل الجوانح أو العوارض، مما يجعله ذاتي التنظيف. تدفع العوارض الحبوب التي تصطدم بها والحبوب المتبقية فوق العوارض تنقل أيضاً. وبالنتيجة يمكن نقل كميات كبيرة جداً بفراغ صغير نسبياً.

تتوفر معلومات هندسية شاملة للنواقل السلسلية. و يمكن حساب الطاقة اللازمة باستخدام المعادلات الحسابية التالية:

الطاقة اللازمة للناقل ذي الجوانح:

$$\mathrm{hp} = \frac{C \times F \times L \times M}{1.000 \times E}$$

حيث:

C: الاستطاعة (طن/الساعة).

E: فعالية الدفع (عادة تؤخذ 0.85).

F: عامل الاحتكاك للمادة في المجرى الفولاذي (للقمح 0.4~0.3).

L: طول الناقل (بالقدم حيث القدم= 0.3048 م).

M: عامل الحمل (1.2 مجموع له 0.3 لكل قسم تغذية و تفريغ وسطي).

الطاقة اللازمة للناقل ذي العوارض:

$$\mathrm{hp} = \frac{(\mathrm{BPH} + L) \times (1 + 0.033 \times D)}{55.000}$$

حيث BPH: بوشل/الساعة (البوشل= 60 رطل، الرطل = 0.4536 كغ).

L: طول الناقل (بالقدم).

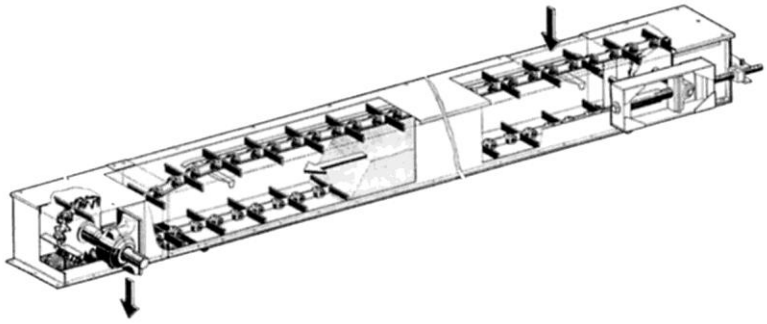
D: درجة ميل الناقل.

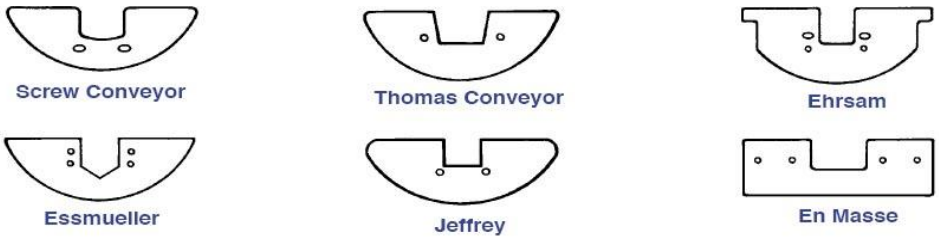
55.000: معامل.

تلقى النواقل السلسلية قبولاً في نقل وإنتاج القمح ويتم استبدال السيور الناقلة بها.

فيما يلي بعض مميزات هذا النوع من النواقل:

1. يمكن باستخدامه نقل المواد أفقياً و عمودياً و بأي ميل حتى 45 درجة.
2. يتطلب طرق بسيطة للتحميل و التفريغ.
3. نقل أكثر من مادة بنفس الوقت.
4. يسبب انبعاث قليل للغبار لأنه مغلق بشكل كامل.
5. يمكن التحكم به آلياً(التحكم عن بعد).
6. آمن لعدم احتوائه على أجزاء سريعة الحركة.





الشكل (20) : الناقل السلسي و بعض أشكال تصاميم الحلقات

2-7-6- تجهيزات النقل الهوائي Pneumatic Conveying Equipment:

إيجابيات النقل الهوائي للحبوب هي صغر الحيز الذي تشغله خطوط النقل, وتحسين الحفاظ على الصحة العامة والمرونة الكبيرة في تحويل تدفق المواد إلى أي مكان بالمقارنة مع طرق نقل القمح الأخرى .

السلبية الرئيسية هي استهلاك الطاقة المرتفع نسبياً بالمقارنة مع الوسائل الأخرى, كما يمكن ازدياد الحبات المكسورة أثناء النقل الهوائي بنظام تصميمه غير مناسب. يمكن أن ينتج تكسر الحبات خلال النقل الهوائي عن الهشاشة الداخلية للحبوب الناتجة عن الإصابة الحشرية أو عيوب التجفيف أو التداول .

تعتبر عادة الوصلات المفصلية (الأكواع) في معدات النقل الهوائي، هي المواقع التي تبلى بالاستعمال وتثقب، وللتقليل من هذا الاحتكاك يتم تبطينها بالخزف، وفي بعض المعدات تصنع أكواع لها جدار فولاذي مضاعف، ويملأ الفراغ بالخزف الأملس. تقلل هذه الثخانة الزائدة في الأكواع من الاحتكاك وتطيل عمرها. في معدات أخرى يستخدم السيراميك المغطى بالقرميد للتغلب على الاحتكاك في الأكواع.

ينتج عن أجهزة سحب الهواء من التجهيزات ومن النقل الهوائي حجم كبير نسبياً من الهواء الممزوج مع غبار ناعم. فصل الغبار عن الهواء النظيف الذي يعاد إلى الجو ضروري لأسباب بيئية واقتصادية.

يستخدم للفصل الفعّال للهواء والغبار الفلاتر ذات الأكمام المصممة بدقة والمزودة بآليات التنظيف الذاتي المناسبة. تعتبر الخصائص مثل نسبة حجم الهواء إلى مساحة سطح القماش والمادة التي صنعت منها الأكمام وآليات التنظيف الذاتي خصائص هامة عند اختيار الفلاتر ذات الأكمام.

تختلف أقمشة الفلاتر بالوزن والثخانة والنفاذية والقوة والثقل النوعي وقياس المسامات والحدود الحرارية وانتهاء الفعالية. يجب أن يعتمد قرار اختيار الفلتر على فهم تام لخصائص الغبار، وأن يكون بعد اختبار تحليلي، تعتبر الأقمشة مثل داكرون أو بولسترين أو النايلون أو اللباد من المواد المستخدمة لتصنيع الأكمام في فلاتر جمع الغبار. يعتبر قياس قماش الفلتر من أصعب المهام ويجب أن يناقش مع مصَنع الفلتر،

يعني قياس الفلتر نسبة حجم الهواء إلى مساحة سطح الكم على سبيل المثال : (1:7) يعني $1m^2$ من القماش لكل $7m^3$ من الهواء /الدقيقة. تنظيف قماش الأكمام في الفلتر مهم للحفاظ على الفلتر في أعلى فعالية للأداء.

يوصل عادة مقياس للضغط (manometer) مع قسم الهواء النظيف وقسم الهواء الغير نظيف للفلتر. انخفاض الضغط المقبول عبر الفلتر حوالي 100mm ارتفاع عمود الماء. الزيادة الكبيرة في فرق الضغط عبر الفلتر يدل على المقاومة الناتجة عن تراكم الغبار الزائد في الأكمام.

بالاعتماد على التصميم ودرجة قوة التنظيف اللازمة لكم الفلتر، تتوفر أنظمة تجارية متنوعة من مصنعي الفلاتر ومن هذه التقنيات: التدفق المعاكس reverse jet الذي يستخدم ذراع دوّارة فوق أكمام الفلتر وترسل هواء تنظيف عند ضغط هواء منخفض أو متوسط حوالي 0.5bar (6–8psi). يستخدم نظام النبض المعاكس reverse pulse كميات صغيرة نسبياً من الغاز المرتفع الطاقة، عادة هواء له ضغط حوالي 6-7bar و كذلك يتم تنظيف كل جزء من الفلتر بشكل متعاقب. تراقب أنظمة الحماية حجم وضغط تدفق الهواء الداخل والخارج من مجمّع الغبار.

تضم أنظمة الإخماد فتحة تهوية وعزل لمنع الشرارة الأولية وانفجار الغبار اللاحق.

يجب أن تدرس أنظمة OSHA بدقة كبيرة لأنها ترتبط مع تصميم وتركيب (تجميع) وتشغيل معدات التحكم بالغبار مثل حاويات الفلتر.

2–8– الحفاظ على جودة الحبوب Preserving Grain Quality:

تتغير جودة القمح المخزّن بضع درجات بعد الحصاد، و الهدف الرئيسي خلال التخزين اللاحق، هو الحفاظ على جودته. يحدث خلال تخزين القمح بعد الحصاد نقص بالكمية .

تتوضح أسباب الضياعات خلال التخزين على شكل قائمة:

1– ضياع الغبار في الجو 2– فقدان الرطوبة بسبب الجفاف الطبيعي أو التجفيف المتعمد للحبوب 3– ضياعات ناتجة عن عمليات تنفس الحبوب 4– و الضياع الناتج عن نشاط الميكرو فلورا 5– الضياع الناتج عن نشاط الحشرات.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

لتحقيق ثبات النوعية وأقل فساد وضياع نتيجة التخزين من الضروري مراقبة الرطوبة والحرارة والإصابة الحشرية والفعالية ضمن القمح (وهي الكائنات الحية). يسبب التحريك الزائد للقمح الاحتكاك ويؤدي إلى توليد غبار ناعم منفصل عن القمح، مما يزيد من النسبة المئوية للضياعات (نقص الكمية).

ودرس تأثير النقل المتكرر للقمح بين الخلايا، كانت الضياعات المقدّرة خلال النقل الواحد حوالي 0.14% و 0.0074% لفقد الرطوبة والغبار المتجمع على الترتيب وتعزا إلى مخطط المعدات والتقنيات الأخرى بالإضافة إلى الشروط المحيطة.

ودرست صحة ودقة تقدير ضياعات الوزن الجاف في القمح خلال التخزين، باستخدام اختبار الوزن النوعي، ووزن الألف حبة، وقد تبين أن طريقة اختبار الوزن النوعي لتقدير الضياع خلال التخزين أقل تغيرا من طريقة الألف حبة .

وتم استعرض عوامل ومشاكل تخزين القمح وإظهار قيم معتدلة لفاقد القمح خلال التخزين، يبين الجدول فاقد القمح خلال التخزين بسبب التنفس بدرجات حرارة مختلفة.

الجدول (3) : الفاقد من1000 طن من القمح (رطوبة15%) خلال التخزين بدرجات حرارة مختلفة

الفاقد (Kg) نتيجة التنفس		درجة حرارة
بعد (90) يوم	بعد (30) يوم	التخزين م°
547	180	10
2016	820	20
4464	1490	25
15840	5760	35

2-9- ضبط الإصابة الحشرية Controlling Infestation:

تعتبر الإصابة الحشرية من متغيرات الجودة الرئيسية و على الطحان مراقبتها عند وصول القمح إلى المطحنة.

و تبين أن القمح المصاب حشرياً هو القمح الذي تحتوي العينة الممثلة له (حوالي 500 غرام) اثنين أو أكثر من السوس الحي، أو تحوي سوسة حيّة واحدة أو أكثر من الحشرات الحية المؤذية للحبوب المخزنة، أو تحوي حشرتين أو أكثر من الحشرات الحية المؤذية للحبوب المخزنة.

قد تحدد المطاحن الخاصة شروط أكثر صرامة للخزن الطويل للقمح. يمكن تطبيق تقنية الأشعة السينية للكشف عن الإصابة الحشرية الداخلية في القمح. جهاز الاختبار عبارة عن أنبوب من الكوبالت Machett حارف للأشعة السينية مع نافذة بيريليوم.

يحتاج هذا الأنبوب عندما يكون التوتر 12–30 Kv و شدة التيار 8–10 Am، و تتدرج أزمنة تعرض العينات للأشعة من3–5 Sec (بشكل عكسي مع توتر التهييج).

تكون الحبات على تماس مباشر مع مساحة قدرها (8.9–*12.7–)cm من طبقة رقيقة جداً من الأشعة السينية الصناعية (Eastman) نموذج A. هذه التقنية قادرة على اكتشاف الحشرات في مراحل التطور المختلفة، التي تتضمن بيوض غير مفقسة و يرقات و خادرات.

تطورت طرق سبكتروسكوبية NIRR مبسطة لاكتشاف الحشرات داخل حبوب القمح. اكتشفت هذه الطريقة وجود الحشرات و اليرقات في القمح. تم الحصول على طيف الانعكاس الواسع من حبات القمح المستقلة على طول مجالات طيفية مختلفة و باستخدام NIR تم تصنيف أكثر من 96% من عينات القمح بشكل صحيح على أنها مصابة أم غير مصابة. و قد تم فحص عينات القمح بمعدل حبة واحدة خلال 4 ثواني باستخدام سبكترومتر NIR تم دمجه مع جهاز SKCS. بالإضافة إلى الحشرات يأوي إلى الحبوب المخزنة كائنات حية أخرى، تعتبر البكتريا و الأعفان شائعة جداً، حيث أن الأعفان تأخذ بالنمو أولاً على جنين القمح منتجة حموض من دسم الجنين .

2-10- خلط مزائج المطحنة في التخزين Blending of Mill Mixes in Storage:

الهدف الرئيسي لمزج القمح هو الحصول على مزيج من القمح له مواصفات فيزيائية و كيميائية و خبيزيه خاصة، يطلب مثل هذا المزيج لإنتاج طحين منتظم ضمن المواصفات المطلوبة. على أي حال تؤثر المتغيرات العديدة في القمح ونظام الطحن، على ضبط نوعية الطحين الناتج .

لا يتوفر أي إجراء لتحديد النسبة المثلى التي تمكّن من تنبؤ الدقيق عن نوعية مزيج المطحنة و الطحين الناتج، و لهذا السبب يجب اختبار المزيج النهائي للتأكد من أن عوامل الجودة تحقق المواصفات. يعتبر المزج فن أكثر من كونه علم نتيجة الحقيقة التالية:

يمكن تشكيل عدد كبير من المزائج بنتائج مختلفة بسبب الاختلافات الطبيعية في القمح. في بعض البلدان، يشار إلى خلط مزائج المطحنة بكلمة gristing و ال grist هو مزيج القمح الذي يعالج بواسطة المطحنة لتحقيق نتائج مكررة ضمن حدود السماحية، يجب مزج القمح المنسجم مع تصميم المطحنة الخاص فقط. إنّ مزج أصناف مختلفة من القمح مثل الطري مع القاسي و العكس بالعكس، يؤدي إلى كفاءة طحن منخفضة. المتغيرات الرئيسية لمزج القمح هي محتوى البروتين و الجودة و خصائص الخبيز للدقيق الناتج. و المتغيرات الإضافية التي لها أهمية أيضاً هي حجم الحبة و القساوة و التضرر بالإنبات.

تتعلق أشكال و أحجام الأسنان الموجودة على أسطوانات الكسرات، مباشرة بحجم حبة القمح. يؤثر متوسط قساوة حبات القمح الجافة على كفاءة الطحن و يتوجب اعتباره متغير في مزج القمح و إجراءات الترطيب اللاحقة. إنّ التضرر بالإنبات في بعض الأقماح المستخدمة في المزيج النهائي قبل الطحن، يرتبط مع معايرة المطحنة و القابلية على تهتك النشاء و خصوصاً بواسطة الأسطوانات الملساء.

تزود نماذج الخلط حالياً إجراءات تتوافق مع تغيرات السعر و التكنولوجيا، و هكذا يمكن بسهولة توفير هيكل لنماذج قوائم الجودة و أيضاً لقوائم الأسعار و الكمية

من أجل تحليل صفقة شراء القمح و بيع المنتجات الصالحة للعرض بالأسواق. تم استخدام البرمجة الخطية لمزج القمح عند أقل كلفة و لتلبية متطلبات قبول المنتج بالحد الأدنى. في بقاع العالم حيثما يستخدم الخبازون بيانات الألفيوغراف كمقياس لجودة الطحين، تستخدم برامج لأمثلة مزج القمح لتحقيق أمثل أداء للألفيوغراف.

يجمع الطحان و بشكل مستمر المعلومات الضرورية عن جودة القمح كمتغيرات مستقلة و نتائج المنتجات النهائية كمتغيرات غير مستقلة لتستخدم في التحليل لتحديد متغيرات خاصة من أجل وحدة الطحن الخاصة.

عند تطبيق نسب و معلومات النموذج يجب توخي الحذر على أن السمات التقنية لإجراء المزج مناسبة. إنّ أفضل البيانات فيما يتعلق بالخلط لا يمكنها تعويض التجهيزات التقنية الرديئة. يؤثر تدفق القمح من خلايا الصومعة على دقة خلط القمح، يمكن أن يحصل انفصال في حبات القمح نتيجة الاختلاف في حجم الحبة والكثافة وهذا يؤثر على نسبة و نوعية خليط القمح. يجب أن تصمم خلايا التخزين بحيث أن تدفق الكتلة من الخلية يحقق أمثل مزيج متجانس.

عندما يتكون المزيج من حبوب وسخة و غير نظيفة يجب ألا تستخدم معدات الوزن لضبط وزن كل نوع من القمح أو نسبته المئوية في الخليط. و من جهة أخرى، يمكن خلط الأقماح النظيفة باستخدام معدات تعتمد على الطريقة الحجمية .

على كل حال، إنّ الوزن بمقياس الوزن الثقلي لمكونات الخليط أكثر دقة و تضبط قائمة الجرد بشكل أفضل عند إمكانية جمع الأوزان و تسجيلها في الحاسوب لكل خليط. يجب أن تتمتع خلايا تخزين مزيج القمح الجاف بإستطاعة تخزينية كافية لتلائم الإنتاج لمدة ثلاث ورديات على الأقل في مطحنة الطحين. يعتمد عدد خلايا تخزين القمح المطلوب على الكميات المتوقع طحنها من كل مزيج. إنّ تخصيص عدد كاف من الخلايا لمزائج القمح يزيد من مرونة الطحان لتغيير الترتيب الذي وفقه تتدفق المزائج إلى الطحن. يجب أن تكون استطاعة المزج كبيرة بشكل يكفي لتحضير خلائط مختلفة خلال الوردية اليومية و ليكفي احتياجات الورديات المتبقية. على سبيل المثال: المطحنة ذات استطاعة الطحن 650 طن/يوم يجب أن تكون استطاعة المزج لها

حوالي 100 طن/ساعة. إنّ نظام المزج الأولي هو الطريقة المفضلة لتشكيل مزائج الطحن النهائي. يتم ذلك في قسم الخلط في الصومعة و يتم تخصيص خلايا ذات ملقمات دقيقة لهذا الهدف. الخلطة الأوليّة مكونة من قمح مسحوب من عدة خلايا و هذا المزيج يخزن في أكثر من خلية حجز. و بالنتيجة يتم تشكيل الخلطة النهائية للطحن بخلط المزائج الأولية من عدة خلايا حجز. يجب أن تبنى خلايا الحجز التي تبقى ممتلئة بشكل نسبي في كل الأوقات بحيث تضمن جريان كتلة القمح لتجنب أي انفصال في الخلطة الأولية. يؤخذ من المزيج عينات بفترات منتظمة لتحديد الانحراف المعياري. يتم أخذ عينة إجمالية من التدفق الممثل للمزيج النهائي و هذه العينة يتم اجراء التحاليل عليها لتحديد السماحيات.

الفائدة من الخلطة الأولية هو أن المطحنة يصبح لديها كمية كبيرة من القمح الذي تم اختبار تحقيقه لمواصفات المزيج النهائي و التي عادة تكفي لعدة أسابيع من التشغيل .

يتم تحديد إجراءات الاعتيان بواسطة طرق إحصائية لنتأكد أن نتائج المزج ضمن مجال السماحية للمواصفات.

إذا كانت الخلطة النهائية خارج مجال المواصفات يمكن إعادة خلطها و تصحيحها قبل أن ترسل إلى المطحنة. الطرق و المعدات المستخدمة في مزج القمح تختلف من مطحنة إلى أخرى. يكون مزج القمح مطلوب عندما يتوجب على الطحان أن يلبي زبائنه بإنتاج عدد كبير من درجات الطحين المتجانس التي تحقق مواصفات الجودة المختلفة.

بعض المطاحن تشكل المزيج خارج خلايا الترطيب. يختلف زمن الترطيب و الرطوبة المثلى تبعاً لنوع و قساوة القمح. يمكن ترطيب كل نوع بشكل منفصل و من ثم تمزج مع بعضها خارج خلايا الترطيب، باستخدام ملقمات الوزن الثقلي للحصول على مزيج مضبوط. تقوم بعض المطاحن بمزج الطحائن (الأساسية) من خلايا الحجز للحصول على منتجات نهائية مختلفة بدلاً من تغير مزيج القمح لكل نوع من الطحين. التجانس مضمون و يمكن اختباره قبل الشحن. يجب تشريع إجراءات صارمة في

المنشأة فيما يتعلق بالخطوات التي يجب إتباعها لتغيرات المزج و لحفظ السجلات بشكل دقيق. يمكن ضبط ذلك ببرنامج حاسوبي لكل نظام مزج.

2-11- الإجراءات والتحكم Procedures and Control:

كما هو متوقع تعتبر الإجراءات و التحكم، أجزاء مهمة جداً في نظام تخزين الحبوب, حيث يسبب الانكماش و الفساد غير المضبوط للقمح في التخزين خسارات مالية كبيرة.

يجب أن يتم تأسيس الإجراءات الدقيقة في الصومعة لتسجيل و استقبال و معالجة و خلط و نقل القمح إلى المطحنة. يجب أن تتعلق الإجراءات أيضاً بالأمن الوقائي الخاص بالصومعة، على سبيل المثال الدخول إلى خلايا التخزين الممتلئة أو الفارغة .

و كما في أي منشأة اقتصادية يجب أن يكون الطحان أو المشرف على الصومعة على علم بكل الخامات المسجلة في قائمة الجرد و بكميتها ونوعيتها .

إن عملية وزن الخامات الداخلة و الخارجة يجب أن تفحص و تضبط باستمرار، و بوجود تقنيات التسجيل و الوزن الإلكتروني الحديث، فالطحان قادر على الوصول إلى كل المعلومات الحرجة و في كل الأوقات. و بما أن القمح هو المادة الرئيسة في المطحنة فإن نظام الخلط و التخزين الناجح مطلوب. و هذا يعتمد على الواردات من مختبرات مختلفة في المنظمة. يجب أن يكون الأشخاص المسؤولون عن الإنتاج و تأكيد الجودة و المبيعات و الإدارة و النقل جزءاً من الفريق الذي يناقش باستمرار القرارات المتعلقة بخلط القمح على أساس البيانات المتعلقة بهذا الخصوص.

2-12- طرائق تخزين الحبوب grains Storage methods:

لقد فكر الإنسان منذ القدم بطريقة آمنه لتخزين طعامه و منتجاته. فمنذ أربعة آلاف سنة كان قدماء المصريين يستخدمون للتخزين الصوامع الصينية أو صناديق من الخشب أو السلال أو في مكمورات تحت الأرض...الخ. تم تخزين الحبوب منذ القدم

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

بعدة طرائق منها بطمرها تحت الأرض و ذلك لحمايتها من التغيرات الجوية المحيطة، حيث أن التخزين تحت الأرض يساعد في تخفيض نسبة الأوكسجين و زيادة نسبة ثاني أوكسيد الكربون، حيث تستهلك الكائنات الحية الأوكسجين عند تنفسها و تزداد نسبة ثاني أوكسيد الكربون في وسط التخزين مما يؤدي إلى موت الكائنات الحية حيث تقتل هذه الكائنات الحية في وسط تخزين عندما تنخفض نسبة الأوكسجين إلى ما دون 2%. و حاليا تتعدد طرق تخزين الحبوب فقط تكون في العراء أو في غرف طينية أو أحواض اسمنتية أو في مخازن أو في الصوامع الحديثة سواء المعدنية أو الإسمنتية.

و بشكل عام تتوقف طريقة التخزين المستخدمة على الكمية المراد تخزينها و مدة التخزين و على الإمكانيات المتوفرة. و من الطرائق الحديثة لحفظ الحبوب استخدام الغازات الخاملة و التخزين تحت التفريغ و تخزين الحبوب بالتبريد، و فيما يلي شرح موجز لطرق التخزين القديمة والحديثة.

2-12-1- تخزين حبوب القمح في سنابلها (العديلة) :

العديلة: هي حزمة من نباتات القمح المحتوية على عدد من السنابل , و توضع هذه الحزمة في الشمس حتى تجف, و عند التخزين تبقى حبوب القمح في سنابلها دون أن تفصل.

2-12-2- التخزين على شكل كوم:

تستخدم هذه الطريقة لتخزين كميات صغيرة و لمدة قصيرة و يتم إما في أماكن مكشوفة أو مغلقة (مستودعات). من مساوئ هذا الأسلوب سهولة إصابة الحبوب بالحشرات و تطفل العصافير و القوارض. في السنوات الأخيرة استخدمت صوامع Cherwell وهي مصنوعة من البلاستيك البولي ايتلين عازلة للهواء و الماء.

2-12-3- التخزين بالأكياس:

تقلل هذه الطريقة من الأضرار التي قد تلحق الحبوب عند تخزينها على شكل أكوام. إذ يجب وضع الأكياس على سطح عازل (قواعد خشبية) يفصلها عن الأرض. و يمكن تخزين الأكياس إما في العراء أو تحت الأسقف أو في المستودعات. عند تخزينها في العراء يجب حمايتها من الأمطار و ذلك بالتحكم بميل الأرض و بعد الأرض عن مجرى ماء الأمطار، و كذلك يجب تغطيتها بشكل محكم بقماش يمنع تسرب الماء للأكياس مثل البولي إتيلين، و رغم جميع الاحتياطات التي يمكن إجراؤها إلا أن تخزين الأكياس في العراء يعرضها للتلف بسبب ظروف التخزين السيئة نسبياً. لذلك يفضل تخزين الأكياس تحت الأسقف أو في المستودعات، إذ تُنشأ أسقف على أرضيات مرتفعة تمنع وصول مياه الأمطار و لكن هذه الطريقة لا تمنع من وصول القوارض.

2-12-4- التخزين في العراء Storage in open:

تخزن الحبوب في هذه الحلة في شكل أكوام تختلف حجما أو داخل أكياس, و ميزة هذه الطريقة قلة التكلفة.

أما مساوئها كثيرة منها:

- إن محاصيل الحبوب التي تخزن بهذه الطريقة تأتي من مصادر مختلفة, فهي خليط غريب من حبوب تختلف نوعا و جودة و نظافة و قل ما تخلو بعض هذه الأكوام من الآفات الحشرية خاصة السوس, وسرعان ما تسري العدوى من كومة لأخرى, و تصبح أيضا مصدر لعدوى المحصول الجديد بالحقل.
- تترك الأكوام مكشوفة معرضة لفتك الحشرات و أكل الطيور و تلويثها للطبقة السطحية بمخلفاتها, و تصاب الحبوب بتلف كبير أيضا من ماء المطر و الرطوبة الأرضية.

2-12-5- طمر الحبوب في جوف الأرض (المدافن) Underground storage:

و المطمورة و المكمورة أو المدفن عبارة عن حفرة تعمل بالأرض مستطيلة أو مستديرة و بأعماق مختلفة و تدك أرضيتها و تطلى جدرانها و تملأ بالغلال ثم تغطى بألواح الخشب و الحصير ثم يردم عليها بالطين. و لا يمكن الاعتماد على هذه الطريقة في تخزين كميات كبيرة من الحبوب, غير أنه مادامت منطقة التخزين خالية من النمل الأبيض بعيدة عن مياه الرشح و الأمطار و مادامت الحبوب جافة بطبيعتها عند التخزين فإن الحبوب المخزنة بهذه الطريقة تبقى سليمة من الإصابة بالحشرات و التعفن, إن زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تنفس الحبوب و تنفس الحشرات يقضي على الإصابة الحشرية كلها.

و يلاحظ أنه كلما ازداد عمق المدفن كان أصلح لتخزين الحبوب و أقدر على الحفاظ على سلامتها من الإصابة, و ذلك يرجع إلى انخفاض نسبة الطبقة السطحية من الحبوب إذا ما قورنت بالحجم الكلي لكومة الحبوب, و هذه الطبقة السطحية هي التي تتركز فيها الإصابة بالحشرات.

2-12-6- التخزين في غرف طينية storage in muddy rooms:

تخصص إحدى غرف المنزل لتخزين الحبوب و يطلق عليها اسم (غرفة الأرزاق) و يتم فيها التخزين بإحدى الطريقتين:

- يعمل حوض داخل الغرفة طوله مساو لطول الغرفة أو عرضها, و لا يتجاوز عرضه مترين و بارتفاع متر و تخزن فيه الحبوب السائبة, و هي لا تمنع إصابة الحبوب بالحشرات و القوارض.
- تمد في الغرفة قواعد خشبية ترتفع عن سطح الأرض حوالي 30-40 سم, و تشغل معظم مساحة الغرفة, و تطلى القواعد الخشبية بالقار, تعبأ الحبوب في أكياس و يتم رصها فوق ألواح خشبية تمتد على القواعد و يترك بين كل رصه و الأخرى فراغ للتهوية و الفحص.

2-12-7- التخزين في أحواض إسمنتية storage in concrete basins :

تعتبر الأحواض الإسمنتية امتدادا و تطويرا لعملية التخزين في العراء, و تتلخص العملية في بناء حوض إسمنتي من ثلاثة جدر أما الجهة الرابعة فتبقى مفتوحة لدخول آلات التعبئة, و يغطى الحوض بالمشمع لحماية الحبوب من الأمطار و الطيور و الغبار, و تستخدم هذه الطريقة في المزارع المتوسطة المساحة و للتخزين لفترة محدودة, و لا تحول هذه الطريقة دون إصابة الحبوب بالحشرات, و يمكن استخدام المدخنات بعد إحكام الغلق.

2-12-8- التخزين في مخازن storage in warehouses :

يتم تخزين الحبوب في بعض الأحيان في مخازن تكون ملحقة بالمزرعة و يتم تخزين الحبوب فيها سائبة في شكل أكوام.

و هناك شروط يجب توافرها في المخازن لتؤدي الغرض منها على أحسن وجه:

- يختار موقع البناء في مكان جاف بعيدا عن مياه الرشح, بعيدا عن الطرق العامة و المساكن و حظائر الماشية, و يشترط ألا يكون الموقع في أرض منخفضة حتى لا تتجمع مياه الأمطار و السيول بها, و أن يكون الموقع خال أيضا من عشوش النمل الأبيض
- أن تكون أرضية المخزن مرتفعة عن سطح الأرض مبطنة بالإسمنت لمنع الرشح, و أن تكون الجدران مطلية بالإسمنت ملساء خالية من الشقوق و الفجوات, و أن تكون زوايا التقاء الجدران مع بعضها و السقف و الأرضية مستديرة, حتى لا يأوي إليها الحشرات, و لتسهيل عمليات التطهير, و أن يجهز السقف بميازيب لتصريف مياه الأمطار بسرعة.
- يجهز المخزن بباب يسمح بدخول السيارات لتفريغ وتحميل الحبوب وبعض نوافذ صغيرة (50x70) تكون متقابلة, و يثبت على كل نافذة من الداخل سلك شبكي لا يزيد قطر فتحاته عن ملليمتر واحد.

- يفضل إنشاء عدة مخازن صغيرة عن مخزن واحد كبير حتى يختص كل منها بنوع واحد من الحبوب أو المواد الغذائية الأخرى.

2-12-9- التخزين في صوامع storage in silos:

التخزين في الصوامع من أفضل طرق التخزين و أوفاها بالغرض, و الصوامع في حد ذاتها لا تمنع إصابة الحبوب أو استمرار التلف فيها اذا كانت قد خزنت و بها إصابة أو كانت الصوامع نفسها موبوءة و لم يتم تطهيرها.

تمنع عدوى الحبوب المخزونة بها من الخارج إذا كانت في الأصل سليمة, كما تمنع هجرة الحشرات إلى خارجها إذا كان المخزون بها مصابا.

تستخدم الصوامع في تخزين الحبوب فرطاً إذ تسهل من عملية نقل الحبوب و توفير اليد العاملة لنقل و تفريغ الأكياس، و هي تتميز بما يلي:

- تبنى على شكل مربع أو مثمن (ذات استطاعة منخفضة) أو متعددة الأضلاع أو دائري (ذات استطاعة كبيرة) قطر 2-9 م و ارتفاع 10-23 م.
- يمكن تخزين أصناف مختلفة من الحبوب أو درجات مختلفة منه في حجرات مختلفة.
- سهولة و أتمتة عملية التخزين و التفريغ و انخفاض تكاليف التخزين.
- ذات استطاعة تتراوح بين 50- 250 طن.
- إمكانية خزن كميات كبيرة من الحبوب في أقل حيز ممكن, خاصة في الصوامع الكبيرة مع سهولة تدخينها بنفقات زهيدة في أي وقت.
- تمنع عدوى الحبوب المخزونة بها من الخارج إذا كانت في الأصل سليمة, كما تمنع هجرة الحشرات إلى خارجها إذا كان المخزون بها مصابا.
- يمكن تصنيعها من مواد مختلفة و لهذا تصنف إلى:

2-12-9-1- الصوامع الخشبية ligneous silos:

تستخدم في المطاحن الصغيرة و من أهم مساوئها إمكانية نشوء الحريق.

2-12-9-2- الصوامع المعدنية Metal silos:

تصنع الصوامع المعدنية من عدة أنواع من المعادن، منها الصفائح الفولاذية المتعرجة و المغطاة بالزنك و الألمنيوم, و تصنع من الألمنيوم العاكس للحرارة. تثبت الصفائح بواسطة براغي بعضها مع بعض و ترتكز على قاعدة بيتونية. تتوقف مقاومة الجدران المعدنية لضغط الحبوب على درجة جودة الصفائح المعدنية المستخدمة و قوة تثبيتها. أحد نماذج بناء الصوامع المعدنية النموذج يدعى Lipp و هو يصنع من صفيحة واحدة على شكل حلزوني تربط ببعضها بواسطة جهاز خاص. تستخدم في المزارع, و تسع الواحدة منها 300-1000 طن حبوب, و قد تقام على قاعدة إسمنتية.

و من مميزاتها ما يلي :

1. سهولة تركيبها, و خفة الوزن, و تكاليف الإنشاء المنخفضة.
2. قابلة للفك و التركيب, و يسهل نقلها من مكان لآخر, و تسهل إقامتها في وقت قصير.
3. غير قابلة للصدأ و الألمنيوم عاكس للحرارة.
4. متينة تتحمل العمل لمدة طويلة, و لا تتأثر بالعوامل الجوية و لا تحترق.
5. تحمي الحبوب من القوارض و الطيور و الحشرات.
6. لا تتطلب الكثير من الصيانة.
7. سهلة الصيانة و تمنع تسريبات الرطوبة إلى الحبوب.
8. ملائمة لمعدات التحميل و التفريغ و أنظمة التهوية و التجفيف.
9. سهولة عمليات تعقيم الحبوب.

سلبياتها :

1. حدوث تشققات في القاعدة البيتونية التي تبنى عليها الصومعة مما يؤدي إلى حدوث
2. تسريبات للرطوبة إلى الحبوب.
3. ناقليتها للحرارة العالية لذلك تبنى في المناطق معتدلة الحرارة.

2-12-9-3- الصوامع الإسمنتية Concrete silos:

تبنى من الإسمنت المسلح, و هي صالحة لتخزين كميات كبيرة من الحبوب, و لمدة طويلة, و تتكون الصومعة من مجموعة من الخلايا Cells و الخلايا البينية Interstitial cells و لحق بهما مبنى للتشغيل, و تستعمل الخلايا و الخلايا البينية لتخزين الحبوب و يخصص عدد منها لتهوية الحبوب أو تجفيفها, و يخصص عدد منها لتخزين الحبوب.

و يبلغ طول الخلية 30-33 مترا, و يبلغ قطرها 6-6.5 أمتار. سعتها 800 طن من الحبوب, و تبلغ سعة الخلية البينية 240 طنا من الحبوب, و تزود كل خلية أو خلية بينية بكابل كهربائي لقياس درجة حرارة الحبوب في كل خلية أو خلية بينية في خمسة مستويات, و يظهر ذلك على لوحة خاصة في مبني التشغيل, و ارتفاع درجة حرارة الحبوب في أي خلية عن المعدل يعتبر دليلا على حدوث تدهور في الحبوب.

و للصوامع الإسمنتية مزايا عديدة و بعض المساوئ: يمكن بناء صوامع ذات استطاعات كبيرة و قد يصل ارتفاعها حتى 60 متر، و هي تلائم المناطق الحارة و الساحلية لأنها مقاومة لنفوذ الحرارة و الغازات و الصدأ، و لكن تكاليف الإنشاء مرتفعة و بالمقابل تكاليف التخزين منخفضة.

- ✓ و تقبل الاقماح لتخزينها في الصوامع على أن تكون عند استلامها بالمواصفات الآتية :

1. أن تكون من أحد الأصناف العالمية التي توصي بزراعتها وزارة الزراعة و المياه مع حد أقصى للخلط لا يتجاوز 10%.
2. أن تكون خالية من الإصابة الحشرية و الفطرية و الروائح و بذور الحشائش, و أن يكون الحد الأقصى للشوائب 15% (يخصم من وزن الحبوب) و الحد الأقصى للحبوب الضامرة أو التالفة 5%.
3. ألا يتجاوز المحتوى المائي للحبة 12-13%.

- ✓ و يتم استلام الاقماح المحلية في الصوامع طبقا للمراحل الآتية:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

1. يقوم المزارع باستخراج شهادة تتضمن بيانات عن اسمه و موقع المزرعة و المساحة المنزرعة قمحا, و صنفه و كمية المحصول المتوقع, و يتولى المختصون بمديرية الزراعة معاينة المزرعة للتأكد من صحة البيانات قبل إصدار الشهادة .
2. يقسم المزارعون إلى فئات تبعا لحجم الإنتاج المتوقع, و يعطي كل منهم بطاقة, و يسلم تصريحا بتوريد محصوله من القمح في حدود التقدير السابق, و يحدد له تاريخ التوريد .
3. في موعد التوريد المحدد يسمح بدخول شاحنة/شاحنات بعد التأكد من البيانات المدونة في التصريح, و يتم سحب عينات من الحبوب من عدة أماكن بالشاحنة حتى تكون العينة ممثلة تمثيلا صحيحا لحمولة الشاحنة و تخلط العينات و ترسل آليا إلى المختبر .
4. تجرى التحليلات الطبيعية و الكيميائية للعينة داخل المختبر بغرض تحديد :
   - النسبة المئوية للإصابة بالحشرات أو الفطريات أو وجود البقع السوداء.
   - نوعية القمح ودرجة جودته.
   - نسبة الشوائب.
   - الوزن النوعي.
   - المحتوى المائي للحبة.
   - النسبة المئوية للبروتين.

وتبلغ نتيجة التحليل إلى نقطة المراجعة خلال دقائق.

5. في حالة قبول استلام الشحنة للتخزين توجه الشاحنة/ الشاحنات إلى الميزان الالكتروني للحصول على الوزن القائم لها (بكامل حمولتها), ثم يتم تفريغها في نقاط استقبال القمح من الشاحنات, حيث يوجه آليا إلى الصوامع, و يعاد وزن الشاحنة الفارغة لتحديد كمية القمح التي تم تسليمها, و يثبت ذلك في إيصال الاستلام مع نتائج التحليل, ثم يسمح للشاحنة بالخروج.
6. في حالة رفض الاستلام للشحنة يسلم المورد إشعار بسبب الرفض, و يسمح للشاحنة بالخروج.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

و تزود الصوامع بموازين خاصة يزن الواحد منها 20 طنا في المرة, كما يوجد بها غرابيل سعة كل منها 100 طن من الحبوب, و في حالة وجود إصابة حشرية في الحبوب يتم معالجتها بالتدخين في خلايا خاصة باستعمال أقراص الفوستوكسين, أو غاز بروميد الميثيل و يعاد تخزينها.

2-13- حساب سعة الصومعة:

عند تعبئة الخلية يعتبر حجم الفراغ المتشكل أعلى الخلية بسبب تكوم الحبوب في المنتصف مساو لحجم قمع التفريغ تقريبا لذلك لا يعتبر وجود أي فراغ عند حساب سعة الخلية.

حجم الخلية (V) يحسب اعتباراً من مساحة المقطع الدائري (F) وارتفاع الخلية (h) وفق المعادلة التالية:

$$V = F * h$$

وزن الحبوب (G) في الخلية يحسب وفق للمعادلة :

$$G = V * y = F * h * y$$

حيث y وزن 1 م3 من الحبوب مقدراً بالطن.

1 م3 = 10 هيكتو ليتر

إذا كان وزن الهيكتو ليتر 78 يعني وزن الـ 100 ليتر 78 كغ

أي وزن 1 م3 = 780 كغ = 0,78 طن.

بشكل عام من أجل حساب سعة خلية صومعة يعتبر وزن الحبوب كما يلي:

القمح 0,75 طن/م3 الشعير 0,60 طن/م3

فإذا أردنا حساب وزن القمح الذي يمكن تخزينه في خلية صومعة قطرها 5 م وارتفاعها 12 م.

مساحة مقطع الخلية: $F = \frac{\Pi * R^2}{4} = \frac{3.14 * 5^2}{4} = 19.625\,m^2$

F: مساحة مقطع الخلية م2 , R: قطر الخلية م.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

وزن القمح الذي يمكن تخزينه:

$$G = F * h * y = 19.625 * 12 * 0.75 = 176.625 \text{ ton}$$

h: ارتفاع الخلية م , y: الوزن النوعي للحبوب طن/هيكتو ليتر.

الفصل الثالث

تهوية الحبوب

Grain ventilation

بعد أن يتم حصاد القمح يجب تخزينه لفترة من الزمن قبل تسويقه واستخدامه مرة ثانية للتغذية أو كبذور للزراعة ويعتمد زمن التخزين على نوعية الحبوب عند التخزين وطريقة التخزين حيث أن تخزين الحبوب ذات رطوبة وحرارة منخفضة يمكن أن يستمر لوقت طويل دون أن تتأثر خواصها, إن الحفاظ على حرارة ورطوبة منخفضة شرط أساسي لنجاح تخزين الحبوب لفترة طويلة.

تعتبر تهوية القمح المخزّن إجراء شائع للمحافظة على حالته الفيزيائية لمدة طويلة. يجب أن تؤخذ كمية المواد الغريبة التي يحتويها القمح بعين الاعتبار عند تطبيق التهوية على القمح المخزن في الخلايا. حيث يؤثر التبن والأجرام والشوائب على معدل جريان الهواء ضمن مخزون القمح ويمكن أن تنتقل رطوبة بذور الأعشاب الضارة إلى الحبوب المحصودة حديثاً. تأثير الرطوبة النسبية ودرجة حرارة الهواء على معدل تجفيف الحبوب مهم في تحديد زمن وشروط التهوية. تعتبر التهوية مفيدة عندما تكون شروط الهواء ملائمة، وإلا فإنها فقط تساعد على تنفس القمح والأحياء الدقيقة بتزويدها بالأكسجين اللازم لعملية التنفس.

تجرى عملية التهوية إما بنقل الحبوب إلى صومعة فارغة أو بتمرير تيار هوائي ضمنها. تعتبر عملية نقل الحبوب إلى خلية فارغة عملية مكلفة مع لزوم وجود خلية فارغة. تتم عملية تمرير تيار هوائي عمودي من الأسفل إلى الأعلى إما بضغط الهواء من الأسفل أو عن طريق سحبه من الأعلى. ويتم أثناء بناء الصوامع بناء قنوات تهوية تؤمن توزع التهوية ضمن الصومعة بشكل متجانس. يجب إجراء التهوية عند وجود فرق كبير بين الرطوبة النسبية داخل الصومعة وخارجها أو وجود فرق في درجة الحرارة يتجاوز 5 م°.

3-1- تعريف التهوية :

هي عمليات تكيف الحبوب بنسبة تدفق للهواء منخفض ولتحقيق تجانس حرارة الحبوب في كامل الصومعة ومنع تجمع الرطوبة في الطبقات العليا أو السفلى من

الصومعة نتيجة تيارات الحمل الطبيعية, علما أن التهوية يجب أن لا تؤدي إلى تجفيف الحبوب حيث يمكن أن يحدث بعض التجفيف نتيجة الطقس الجاف وعمل المروحة لوقت طويل.

3-2- فوائد التهوية:

1. تبريد الحبوب وتأمين توزع متجانس للحرارة.
2. الحفاظ على درجة حرارة الحبوب ضمن الحدود المثلى.
3. سحب رائحة الحبوب المخزنة.
4. توزيع العلاج الكيميائي للحشرات بشكل منتظم وجيد.
5. منع الحبوب الرطبة عند تخزينها لمدة قصيرة من ارتفاع درجة حرارتها بشكل مفاجئ.

من المفضل أثناء التخزين خلط القمح المرتفع الرطوبة مع القمح منخفض الرطوبة و يتم حساب نسبة الخلط كما يلي:

مثال: لدينا 60 طن من قمح رطوبته 16% و قمح رطوبته 10.5%، للحصول على كمية من القمح ذي رطوبة منخفضة اللازمة ليكون الخليط ذا رطوبة 13.5%.

تجرى حساب كمية القمح ذي الرطوبة المنخفضة من المعادلة التالية:

$$W = \frac{A(H - X)}{X - L} = \frac{60(16 - 13.5)}{13.5 - 10.5} = \frac{60 * 2.5}{3} = 50 \text{ ton}$$

حيث:

W: كمية القمح منخفض الرطوبة.

X: الرطوبة المطلوبة لخليط القمح.

H: رطوبة القمح ذي الرطوبة المرتفعة.

L: رطوبة القمح ذي الرطوبة المنخفضة.

A: كمية القمح ذي الرطوبة المرتفعة.

3-3- الهدف من التهوية:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

إن الهدف من التهوية هو الحفاظ على العلاقة بين التخزين والحرارة الخارجية التي سوف تقلل من خفض الرطوبة وتحافظ على حرارة الحبوب منخفضة للتقليل من نسبة الفساد والمحافظة عليها ثابتة مع الحرارة المحيطة لذلك تعتمد كمية الهواء المطلوبة على نسبة تغير درجة الحرارة للحبوب المخزنة.

3-4- آلية التهوية:

تحدث التهوية بتحريك الهواء إلى الأعلى أو الأسفل عبر الحبوب حيث يحرك نظام توصيل الهواء نفس المقدار من الهواء لكن هناك ميزات وسلبيات لكل من الطريقتين:

إن ميزة تحريك الهواء إلى الأسفل وسحب الهواء العادم من أسفل الصومعة هي التقليل من السطح المعرض للتكاثف عندما ترفع التهوية حرارة الحبوب خلال الطقس البارد, ولكن سلبية هذه الطريقة هي عدم القدرة على التحديد بشكل كامل ودقيق نهاية عملية التهوية حيث أن الحبوب أسفل الصومعة هي الأصعب للكشف عليها. يفضل وضع الترمومتر عند مخرج الهواء العادم في جانب الامتصاص للمروحة ويساعد في تفحص مراحل التهوية ويعطي قراءات لحرارة العادم والتي قد تعبر عن ارتفاع حرارة الهواء الناتج عن المركز السفلي.

يجب على العامل تفحص إتمام عملية التهوية إما بتفحص الترمومتر أو حرارة الحبوب السفلى بتفريغ البعض منها عبر قمع مركزي.

السلبية الأساسية للتهوية نحو الأعلى هي الرطوبة التي قد تحدث نتيجة التكاثف عندما يصطدم الهواء الساخن بسطح الصومعة الباردة وهذا يحدث عند تهوية الحبوب الساخنة خلال الفصل البارد ويمكن التقليل من هذه المشكلة بالبدء بالتهوية باكرا وخفض حرارة الحبوب خلال فترة أطول من الوقت. الطريقة الأفضل لنجاح عملية التهوية بغض النظر عن اتجاه الهواء هو تغير حرارة الحبوب بشكل تدريجي على عدة مراحل.

يحسب الهواء اللازم لإجراء التهوية بالهواء المحرّك بشكل اصطناعي ضمن المخزون، على أساس المعدل 0.1–0.2 م^3/دقيقة لكل 1000 كغ. ولكن في التخزين الأفقي (المسطح) يجب أن يتم التبريد بسرعة أكبر لذلك تستخدم معدلات مرتفعة بحدود 0.25 م^3/دقيقة لكل 1000 كغ. يمكن تحديد فيما إذا كانت الشروط ملائمة للتهوية، باستخدام مخططات قياس رطوبة الهواء النسبية psyehrometric والبيانات المتعلقة برطوبة ودرجة حرارة القمح بالإضافة إلى درجة حرارة الهواء المحيط ورطوبته النسبية. تم تصميم جداول ومخططات وبرامج كمبيوتر متنوعة لتحديد مجال درجات حرارة الهواء ومستويات الرطوبة النسبية المثلى التي يجب عندها تدوير القمح. وهي تعتمد على الفرق بين درجة حرارة الحبوب ودرجة حرارة الهواء المحيط بالإضافة إلى رطوبة الحبوب. يمكن إجراء التهوية إذا كانت الرطوبة النسبية أقل من مستوى معين.

وضحت علاقة كثافة القمح وعمق الحبوب والرطوبة والمواد الغريبة مع مقاومة جريان الهواء ضمن كتلة القمح. تضرب القيم المستخرجة من التمثيل البياني للعلاقة بين معدل جريان الهواء مقدراً بـ cfm/ft^2 وهبوط الضغط بالإنشات المائية لكل قدم عمق من القمح بعوامل مرتبطة بشروط القمح. وقدمت أمثلة لتصميم أنظمة تهوية القمح ومتطلبات استطاعة المروحة (بالحصان) ومتطلبات الضغط الساكن (بالإنش المائي) لتهوية القمح عند معدلات مختلفة لجريان الهواء مقدرة بـ cfm/bu وعند أعماق للحبوب تتراوح من 10–150 قدم.

عندما يخضع القمح لشروط محددة من درجة الحرارة والرطوبة النسبية، يتوازن محتوى رطوبته مع الهواء لأنه مادة هيغروسكوبية. على أية حال فإن الفروقات في درجة الحرارة تؤدي إلى تغير ملحوظ بين الرطوبة النسبية ومحتوى الرطوبة.

ولحساب محتوى رطوبة الحبوب في حالة التوازن مع الهواء عند قيم مختلفة للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة نستخدم المعادلة التالية:

$$M = E - F \cdot \ln\left[-\left(T + C\right) \cdot \ln\left(RH\right)\right]$$

حيث أن:

M: رطوبة الحبوب

RH: الرطوبة النسبية

T: درجة الحرارة.

الجدول (4) : ثوابت معادلة Chung and Pfost

الحبوب	C	E	F	خطأ قياسي للرطوبة
قمح ديوروم	112.350	0.37761	0.055318	0.0057
قمح قاس	50.999	0.35616	0.056788	0.0061
قمح طري	35.662	0.27908	0.042360	0.0147

- يجب المحافظة على حرارة الحبوب أقل بF10 عن معدل الحرارة الخارجية للتقليل من تيارات الهواء و هجرة الرطوبة داخل الصومعة.
- يجب أن تكون التهوية مستمرة حتى يحدث التغير في الحرارة بشكل كامل.
- يسبب وجود الشوائب و الفطور و الحشرات حركة غير متجانسة للهواء داخل الحبوب و بالتالي يزيد من كلفة التهوية و الخسارة في الحبوب المخزنة.

التهوية بنسبة تدفق هواء معروفة يساعد في التحكم بحرارة الصومعة.

3-5- النخل و النثر و التفريغ (Screening, Spreading, Unloading):

إن نقاط تجمع الجزيئات الصغيرة و البذور وغيرها من المواد الغريبة هي النقاط الأولى لتشكل العفن و نشاط الحشرات و تنتج بالتالي مناطق سخونة و فساد للحبوب وبشكل طبيعي تكون هذه التراكمات قريبة من مركز الصومعة

تقلل عملية النخل كمية المواد الغريبة و تحسن بشكل كبير من استطاعة التخزين وتكون ضرورية عند التخزين الطويل خاصة في حال كانت الحبوب المستلمة غير نظيفة.

ويستخدم النثر لتوزيع المواد الغريبة بشكل منتظم مما يساعد في تجانس عملية التهوية و لكن تشير بعض الأبحاث إلى أن توزيع الجزيئات الناعمة يزيد من المقاومة لتدفق الهواء عبر كتلة الحبوب.

أما التفريغ يتم بتجهيز الصومعة بقمع تفريغ مركزي حيث يقوم بتفريغ بعض الحبوب من المركز بعد ملئ الصومعة حتى الأعلى لإزالة المواد المتراكمة (300–1000bu تبعا لحجم الصومعة).

وهكذا بإزالة نقاط تجمع الشوائب وزيادة تدفق الهواء في مكان تفريغ الحبوب حيث يمتلئ المركز المخروطي (الناتج عن تفريغ بعض الحبوب) بحبوب نظيفة مكانها يمكن الحصول على تخزين أفضل, و يفضل تفريغ بعض الحبوب من المركز بعد ملئ الصومعة بشكل دوري إذا كان ذلك ممكن.

بعض الإرشادات العامة :

1. يجب أن يتم تفريغ الحبوب ذات الرطوبة المرتفعة أولا.
2. يجب نقل الحبوب التي تعرضت للتهوية بحرارة مرتفعة في صومعة التجفيف و تم تخزينها في نفس الصومعة أولا.
3. يجب نخل الحبوب التي سيتم تخزينها لفترات طويلة أكثر من 10 أشهر حتى السنة.
4. في حال لم يستخدم النثر في صوامع التخزين يفضل ملئ الصومعة للذروة ثم التفريغ في نفس الوقت من المركز و يجب استخدام هذه الطريقة في حال تم النثر و كانت الحبوب تحوي نسبة عالية من الشوائب.

3-6- عملية نظام التهوية Aeration System operation:

يجب من أجل تهوية الحبوب مناقشة ثلاث أمور رئيسية:

المناقشة الأولى تتعلق بالتحكم بنظام التهوية مثلا :

متى يجب أن تتم التهوية؟

ماهي درجة الحرارة التي يجب تبريد الحبوب إليها؟

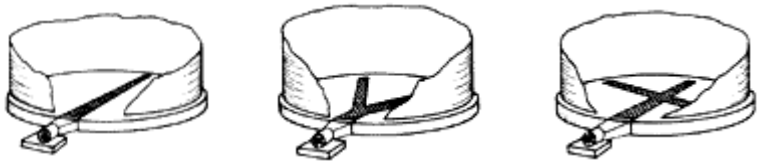
هل ستعمل المروحة في الشتاء؟

هل يتم تدفئة الحبوب في الربيع أم فقط قبل نقل الحبوب من المخزن؟

حيث تحدد هذه المناقشة جدول عمل المروحة.

المناقشة الثانية : تعتمد على عمل المروحة اليومي خلال فترة التهوية فيما إذا كان متواصل أو خلال فترات عمل يومية و التحكم يدوي أو آلي بالمروحة.

المناقشة الثالثة : تتضمن اتجاه تحرك الهواء من حيث استخدام التهوية من الأسفل downward في نظام الامتصاص suction system أو تدفق الهواء من الأعلى في نظام الضخ pressure system أو مشترك بين النظامين.



الشكل (21) : أنواع من أنظمة التهوية حيث يبدو سطح قنوات التهوية

3-7- جدول التهوية الموسمي:

تعتمد إجراءات التهوية على المناخ المحلي حيث يختلف معدل الحرارة بين الأشهر الحارة و الباردة حوالي (28 م°) و يكون عادة معدل الرطوبة اليومية للهواء أقل من رطوبة التوازن للحبوب و يمكن تهوية الحبوب بشكل متواصل دون حدوث زيادة غير مرغوبة بالرطوبة باستثناء أشهر الشتاء الثلاثة.

عادة يمكن أن يكون نظام عمل المروحة مقسم إلى 3-4 فترات:

3-7-1- مباشرة بعد التخزين:

يجب تهوية الحبوب إذا أمكن مباشرة بعد وضعها في الصوامع لإزالة الحرارة المتبقية من الحصاد أو التجفيف و يجب خفض الحرارة بشكل متجانس إلى (15-20 م°) للحبوب المحصودة صيفا و إلى 10-15 م° من أجل الحصاد الخريفي.

قمح الحصاد الصيفي يحتاج بشكل طبيعي إلى تهوية في بداية الخريف لخفض الحرارة إلى 10-15 م°.

الهواء البارد و الجاف عادة يأتي من جبهة العاصفة storm front و يكون هذا هو الوقت الأفضل للتهوية و إذا استمر الطقس الجيد لوقت كاف ستبرد إلى درجة حرارة أُقل من المعدل الموسمي.

3-7-2- آخر الخريف:

تتم تهوية الحبوب حتى تبرد إلى 0-15 م° تقريبا أسبوع متواصل من عمل المروحة يكون من الضروري تخفيض متجانس لحرارة الحبوب بنسبة تدفق للهواء 0.1 m3/min.t يجب أن تبرد جميع الحبوب تقريبا إلى نفس درجة الحرارة في أقصر زمن ممكن.

إذا كان معدل الحرارة الخارجية أكثر من 5 م° أعلى أو أبرد من الطبيعي يتم تأجيل التهوية عادة حتى تعود حرارة الجو إلى الحرارة الطبيعية

يكون الطقس عادة في آخر تشرين الثاني (نوفمبر) و بداية كانون أول (ديسمبر) مناسب لتبريد الحبوب إلى حرارة قريبة من حرارة الشتاء, إذا تحقق ذلك فلا يكون هناك حاجة إلى تهوية إضافية حتى في الربيع.

قد تعمل مروحة التهوية عدة دقائق حتى الساعة خلال الشتاء للكشف عن المشاكل التي قد تكون في الحبوب و يتم تقدير هذه العملية عن طريق تفحص الرائحة للهواء العادم و قياس حرارته.

أثناء الطقس البارد قد يكون التبريد الخفيف إلى أقل من التجميد ضروري للمحافظة على حرارة الحبوب ضمن 8-10 م° من حرارة الطقس الخارجية لذلك يتم حفظ الحبوب الباردة بشكل أفضل من الحبوب الساخنة لكن مساوئ التبريد أنه في حال لم يتم ارتفاع حرارة الحبوب عند ارتفاع حرارة الجو تتكاثف الرطوبة عليها مسببة نمو سريع للعفن و كذلك إذا تمت تهوية الحبوب عندما يصبح الطقس دافئ فنتيجة رطوبة الهواء يتكاثف الماء على الحبوب الباردة مما يسبب تجمد و إعاقة حركة الهواء.

3-7-3- الربيع :

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

يمكن تهوية الحبوب في آذار و نيسان حتى ترتفع حرارتها إلى 10-15 م° عند البدء بالتهوية الربيعية يجب الاستمرار حتى تسخن الحبوب بشكل متجانس و تصل إلى معدل حرارة الهواء الخارجية.

التهوية المستمرة تسبب حركة منطقة التكاثف لتجنب نمو العفن.

يجب أن تتم تهوية إضافية عندما تسخن الحبوب إلى 12-8 م° في أشهر الصيف ذات الحرارة العالية مالم تتشكل بقع حرارة أو تحدث أية مشاكل.

3-8- عمل المروحة اليومي:

إن عمل المروحة المستمرة خلال أيام الرطوبة المنخفضة يزيل و يعيد توزيع الرطوبة الزائدة يجب أن تعمل المروحة عندما تكون الرطوبة أعلى من 70-80% كما يحدث في بداية الشتاء.

يمكن تنظيم فترات تهوية دورية وفقا لتوقعات الطقس أو بالاعتماد على مقاييس الطقس.

يحدد مقياس الرطوبة و الحرارة عند تهوية الحبوب عمل المروحة بالفترات عند حرارة أعلى من حرارة دنيا عادة هي حرارة التجمد و أقل من حرارة عظمى حيث يوصل جهاز ضبط الرطوبة بشكل تسلسلي مع مقياس ضبط الحرارة ليوقف عمل المروحة عند ارتفاع الرطوبة هذا و يمكن التقليل من عمل المروحة عندما تكون الرطوبة النسبية أعلى من 85-90%.

يوصل أحيانا مؤقت مع مقياس ضبط الرطوبة و الحرارة ليسمح بالتهوية لفترات قصيرة في اليوم بغض النظر عن الرطوبة و الحرارة.

يستخدم في الشتاء ميقاتيات لتشغيل المروحة لساعة أو اثنتين كل يوم أو أسبوعيا.

يتعلق محتوى رطوبة الحبوب و عدد الساعات المحدد لعمل المروحة بتدفق الهواء الذي يجب أن يتم التزود به بواسطة التحكم اليدوي تعتمد شروط التشغيل المقبولة على العلاقة بين محتوى رطوبة الحبوب و الهواء.

3-9- عمل المروحة خلال فترات التبريد:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

الهدف خلال هذه الفترة هو حفظ حرارة الحبوب أقل من F35 و لكن ليس أقل من F20 يكون المجال بين (25–35) مناسب, و إن أفضل نظام يمكن اتباعه بتشغيل المروحة ليلا و نهارا عندما تكون حرارة الهواء العادم الناتج عن الصومعة أعلى من الحرارة اليومية العليا.

بما أن القمح يملك سعة حرارية كبيرة فإنه يحتاج إلى حرارة جوية حوالي F10 و أقل لتحقيق التهوية المطلوبة.

يبين الجدول محتوى رطوبة التوازن للحبوب عند قيم متعددة للرطوبة النسبية و الحرارة F60:

الجدول (5) : محتوى رطوبة التوازن للحبوب عند 60F				
الذرة	11.4%	12.9%	14.5%	16.4%
القمح	12.3	13.7	15.2	16.9
حب الصويا	8.6	10.5	12.8	15.7
عباد الشمس*	—	8.0	10.0	12.0
*بذور زيت عباد الشمس تقدر استنادا على قدرة التخزين المقابلة				

لا تكتسب الحبوب رطوبة إضافية إذا كان معدل الرطوبة النسبية للهواء المحيط أثناء عمل المروحة يساوي أو أقل من محتوى رطوبة التوازن للحبوب, كما أنه من الأفضل تجنب عمل المروحة لوقت طويل خلال الطقس الماطر و يجب أن تبدأ التهوية منذ وصول الحبوب إلى الصومعة مع ضرورة التأكد من تبريد جميع أجزاء الصومعة حيث أن المنطقة الأعلى من الصومعة هي الأخيرة عند التبريد بالهواء الصاعد و المنطقة السفلى هي الأخيرة عند التبريد بالهواء الهابط.

3-10- عمل المروحة خلال فترة الثبات الشتوي :

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

تتوقف المروحة عن العمل خلال فترات الثبات الشتائي و يجب أن يتم تغطيتها بالكتان أو طبقات رقيقة من الخشب Plywood لمنع برودة الشتاء من الانتقال إلى الحبوب القريبة من القناة.

كما يجب أن يتم الكشف عن الحبوب أسبوعيا طوال هذه الفترة و تشغيل المروحة ليوم أو اثنين عند تحسن الطقس و اقتراب الحرارة الخارجية من حرارة الحبوب.

3-11- عمل المروحة خلال فترة التدفئة الربيعية Spring warm-up period:

في أغلب الأحيان لا يكون هناك ضرورة إلى رفع حرارة الحبوب في الربيع حيث أنه إذا تم نقل الحبوب خارجا في تموزJuly و لم تبرد إلى أقل من F30 فإنها لا تحتاج إلى تهوية, و في كل الأحوال يفضل رفع حرارة الحبوب إلى حدود 50-60 F إذا كانت ستبقى لوقت أطول أو كانت باردة و تكون هذه العملية مفيدة في مراحل متعددة لاحقا (نهاية آذار و بداية نيسان) حيث يتم تشغيل المروحة على مدار اليوم عندما يكون الفرق في معدل الحرارة خلال اليوم و الحبوب حوالي F10 و هذا يعني أن تعمل المروحة بشكل متواصل حين تكون الحرارة اليومية الصغرى قريبة من حرارة عادم الصومعة و حين تزداد الحرارة في الصومعة إلى مستوى جيد يتم التوقف حتى ترتفع حرارة الجو المحيط F10 أخرى عندها يتم رفع الحرارة إلى مستوى آخر و هكذا يتم رفع الحرارة داخل الصومعة خلال عدة مراحل.

يجب التأكد من رفع حرارة كامل كتلة الحبوب و إلا حدث تكاثف في المناطق بين الأجزاء الساخنة و الباردة مما يؤدي إلى حدوث التعفن في تلك المنطقة إذا ترك لعدة أيام و يكون التكاثف أكثر حدوثا في الفصول حيث التغيرات الحرارية كبيرة.

3-12- عمل المروحة خلال فترة الثبات الصيفي Summer holding period:

يجب أن تكون حرارة الحبوب بين 50-F60 في منتصف حزيران و يجب أن تتم تغطية المروحة أثناء توقفها عن العمل لتجنب حدوث التكاثف في الحبوب الباردة خلال الفترات الحارة و الرطوبة المرتفعة في الصيف مما يؤدي لتشكل عفن في تلك المناطق

القريبة من قناة التهوية. و يجب تفقد الحبوب بشكل دوري و تشغيل المروحة أثناء الطقس البارد أو الساخن عندما تكون حرارة الجو قريبة من حرارة الحبوب.

إن تحريك الهواء إلى الأعلى أفضل من تحريكه نحو الأسفل عبر كتلة الحبوب لأن الطبقات العليا من الحبوب تسخن بشكل أسرع نتيجة الحرارة المرتفعة بين الحبوب و سطح الصومعة لذلك يكون من الجيد تحريك الهواء نحو الأعلى لحمل هذا الهواء الساخن خارجا.

يظهر الجدول (6) الضغط الساكن الذي يمكن أن يستخدم لاختيار المراوح لتهوية القمح مع أنظمة القنوات:

بحدود 20 قدم	1.0 إنش	1.0 إنش	1.5 إنش	2.0 إنش
20 – 30	1.5	1.0	2.5	4.5
30 – 40	2.5	1.5	4.0	7.5
40 – 50	4.0	2.0	5.5	–

- من الضروري أن يكون حجم قناة التهوية و السطح المثقب مناسب من أجل الأداء الجيد
- كما يجب تركيب سطح مثقب كاف ليؤمن قدم مكعب واحد كل 20.

مثلا: إذا تم اختيار مروحة لتحريك 1,500 cfm يجب تركيب سطح مثقب مساحته 60 قدم مكعب

(1,500 ÷ 25 = 60)

- يجب أن يكون لقناة توصيل الهواء مساحة cross-sectional كافية لتؤمن قدم مكعب لكل 1,500 – 2,000 cfm.

الفصل الرابع

الكشف عن آفات الحبوب و مكافحتها

Detection and control of pests of grain

يهدف التخزين السليم إلى حماية المواد المخزنة من الحشرات و القوارض و
الطيور و الأحياء الدقيقة التي تهاجم الحبوب المخزونة في العالم و يفقد بسبب هذ
الآفات أكثر من (10 – 30%) من الحبوب و قد يصل إلى 50% في بعض الدول

النامية, و يرجع حوالي 14% من هذا الفاقد إلى الحشرات. و على ذلك يجب الاهتمام بالإجراءات الوقائية و العلاجية للمواد و الحبوب المختزنة حتى تقلل الفاقد و يحافظ عليها من التلف.

4-1- الكشف عن الإصابة الحشرية:

تقضي معظم حشرات المخازن بعض مراحل حياتها داخل جسم الحبة لكنها تظهر بعد فترة معينة، لذلك من السهل الكشف عن الإصابات الحشرية عندما تكون الحشرات خارج الحبوب و ذلك بعملية نخل بسيطة يمكن عزل الحشرات عن الحبوب و تقدير درجة خطورة الإصابة. و لكن لا يمكن الكشف عن الأطوار المختبئة في الحبوب بهذه الطريقة مما يجعل من الصعب تدريج الحبوب و خزنها بشكل سليم و صحيح، لذلك لا بد من اللجوء إلى طرائق أخرى تمكن من تحديد درجة إصابتها لاتخاذ قرار بخزنها مباشرة أم معالجتها قبل خزنها و من هذه الطرائق:

4-1-1- طريقة الطفو:

يؤخذ 50 غ من الحبوب المراد فحصها و توضع في وعاء حاو على سائل كثافته 1,25 و بعد مرور 10 دقائق تترسب الحبوب السليمة في حين تطفو الحبوب المصابة على سطح السائل لأن الحشرات تغذت على جزء من مكوناتها مما قلل من وزنها النوعي. تعتبر هذه الطريقة غير دقيقة لأن الحبوب المصابة جزئياً لا تطفو و تؤدي إلى حدوث أخطاء في عملية حساب نسبة الحبوب المصابة.

4-1-2- طريقة التلوين:

تستخدم هذه الطريقة صبغة الفيوشين Fushine حيث يحضر محلول مائي حاو على 5% حمض الخل و 0,5% فيوشين حمضي و توضع العينة ضمنه لمدة وجيزة. تظهر بعدها الحفر الموضوع بداخلها بيوض الحشرات ملونة باللون الأحمر، و من مساوئها أن الخدوش ذات المنشأ الميكانيكي تتلون أيضا فنحصل على نتائج مبالغ بها.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

4-1-3- الأشعة السينية:

يسمح استخدام الأشعة السينية في الكشف الحشري برؤية اليرقات داخل الحبوب.

و لكن هذه الطرائق الثلاثة لا تسمح بمعرفة فيما إذا كانت اليرقات حية أم ميتة مما يعيق إمكانية أخذ القرار في إجراء المعالجة.

4-1-4- قياس غاز ثاني أوكسيد الكربون المنطلق:

يعتمد مبدأ هذه الطريقة على قياس كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون الذي تطلقه العينة المفحوصة، فالحبوب السليمة تطلق غاز ثاني أوكسيد الكربون نتيجة تنفسها و لكن وجود حشرات ضمنها يزيد من كمية الغاز المنطلق. يتم حجز الغاز المنطلق بواسطة البوتاس، و تقارن كميته بالكمية المنطلقة من عينة سليمة و الفرق يعبر عن نسبة الإصابة الحشرية.

4-1-5- الطريقة السمعية:

تصدر اليرقات الموجودة ضمن الحبوب أثناء حركتها و تغذيتها أصواتاً تختلف شدتها حسب عدد اليرقات و درجة نشاطها، و يعتمد مبدأ الطريقة السمعية على تضخيم هذه الأصوات بواسطة جهاز يتألف من مجس صوتي و مضخم للصوت و سماعات. توضع العينة المراد فحصها ضمن حجرة خاصة و يعطي الجهاز الشدة الصوتية الصادرة عن الحشرات و اليرقات و تقدر درجة الإصابة على أساس ذلك. تعتبر هذه الطريقة من أحدث طرق الكشف الحشري و أفضلها حتى الآن.

4-2- مكافحة الحشرات:

الطرائق المستخدمة في مكافحة الحشرات:

4-2-1- الإجراءات الوقائية:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

هناك العديد من الإجراءات التي يجب اتخاذها سواء في الحقل أو عند النقل أو في المخزن حتى نجنب الحبوب الإصابة بالآفات نذكر منها:

1. يجب حصاد المحصول بعد تمام نضجه و عدم تركه في الحقل مدة طويلة بدون داع حتى لا يتعرض للإصابة بالحشرات أو القوارض و الطيور, و التخلص من بقايا المحصول في الحقل حتى لا تكون مأوى للآفات و مصدرا للعدوى.
2. تطهير آلات الدراس و ذلك برشها بالمعلقات أو المستحلبات.
3. تطهير المناجل و الجرارات و أدوات التعبئة قبل إعادة استخدامها و يتم ذلك بعدة طرق نذكر منها:

أ- التطهير الطبيعي و ذلك بتعريض السطوح الداخلية و الخارجية للمناجل و الجرارات لأشعة الشمس المباشر في فصل الصيف و لمدة كافية مع مراعاة تقليبها.

ب- التطهير بغمرها في الماء المغلي لمدة 5 دقائق و يجب عدم استعمالها إلا بعد تمام جفافها أو تبخيرها, كما يمكن تطهير الأسطح الداخلية للجرارات و يتم التأكد من نظافة وسائل النقل من بقايا الحبوب و خلافه و تطهيرها قبل و بعد استعمالها.

ت- تطهير المخازن و المستودعات و إعدادها للتخزين و ذلك بالتأكد من سلامتها و عدم وجود شقوق أو فجوات في جدرانها و نظافتها من مخلفات المواد المخزونة سابقا, كما يمكن تطهيرها باستعمال قاذفات اللهب و ذلك للأماكن المبنية من مواد غير قابلة للاشتعال أو استعمال مولدات الدخان.

4. تجفيف الحبوب و المواد المخزنة حيث يعتبر محتوى الرطوبة المرتفع، السبب الرئيسي لفساد القمح و لذلك الإجراء الوقائي الأكثر وضوحاً هو تخفيض الرطوبة إلى أقل من المستوى الحدي، و يجب أن ينجز ذلك بأسرع ما يمكن بعد حصاد القمح, فيجب ألا تزيد نسبة الرطوبة عن 12% في الحبوب المخزنة حتى لا يؤدي ذلك إلى زيادة نشاط بعض الحشرات و الكائنات الدقيقة الأخرى مما ينتج عنه ارتفاع درجة الحرارة و درجة الرطوبة نتيجة تنفس الحبوب و الكائنات الدقيقة الأخرى.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

يمكن إنجاز التجفيف بدفع الهواء عبر مخزون القمح في الخلية. عند درجة حرارة منخفضة يعتبر استخدام هواء شروطه مثالية لامتصاص الرطوبة أثناء حركته عبر القمح، مستهلك للوقت.

يمكن تخفيض الرطوبة بمعدل أسرع، عند دفع الهواء المسخّن اصطناعياً عند رطوبة نسبية منخفضة خلال القمح. السلبية الرئيسية للهواء المسخّن هي إمكانية تضرر القمح بدرجات الحرارة المرتفعة.

تستخدم أعمدة التجفيف في البلاد التي تحصد فيها الأقماح عند مستويات رطوبة 18% و ما فوق. تستخدم أيضاً أعمدة التجفيف كوسيلة لتغيير خصائص مكونات القمح، مثل النشاء و البروتين و خصوصاً الغلوتين.

4-2-2-المكافحة الحيوية و البيولوجية:

يهتم الباحثون في مجال مكافحة الحشرات حالياً بتطوير المكافحة الحيوية للحشرات و ذلك بإيجاد سلالات من الذكور العقيمة أو فيروسات تهاجم الحشرات الضارة، بالإضافة إلى طرائق أخرى تعتمد على إيجاد البدائل لمواد المكافحة الكيميائية الضارة جدا بالصحة العامة و البيئة. أما المكافحة البيولوجية فتهتم بإيجاد أصناف من الحبوب أكثر مقاومة للحشرات و ذلك بالاعتماد على الأصناف المحلية و تهجينها مع الأصناف عالية الإنتاج.

و يمكن ضبط الحشرات في المنتجات المخزنة بالطرق البيولوجية التي تضبط الحشرات المؤذية دون بقاء مواد كيميائية بالبناء. حيث أن جميع حشرات المنتجات المخزنة لها أعداء طبيعيين يمكن استخدامهم لمنع نمو التعداد الحشري. من بينها، يوجد دبابير صغيرة جداً (Trichogramma evanescens) تحطم بيوض الحشرات بدون ترك أي مواد متبقية يمكن كشفها حسياً. و تفصل الدبابير الصغيرة بسهولة في نظام تنظيف القمح بعد التخزين .

4-2-3- المكافحة الفيزيائية:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

تتضمن المكافحة الفيزيائية عدة أنواع نذكر منها:

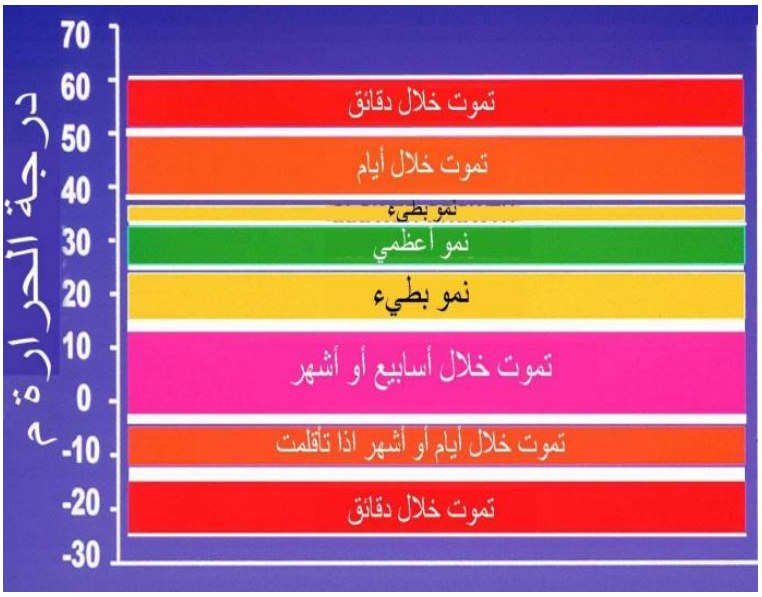
4-2-3-1- المكافحة بالبرودة:

من المعروف أن نشاط الحشرات يتوقف عندما تنخفض درجة حرارة الوسط المحيط عن 10 م°، لذلك يجري اللجوء إلى تهوية الحبوب في الأيام الباردة، مما يؤدي إلى وقف النشاط الحشري. يمكن تخزين الحبوب في مستودعات مجهزة بمعدات تبريد لمنع النشاط الحشري و الحد من تضرر الحبوب، حيث تستخدم وحدات متنقلة لضخ هواء مبرد في قاعدة خلايا التخزين. باستخدام هذا النظام يمكن تخزين القمح ذا مستويات الرطوبة المرتفعة لفترات طويلة.

4-2-3-2- المكافحة بالحرارة:

تعرض الحبوب أو منتجاتها كالسميد و الدقيق إلى تيار هوائي ساخن يرفع درجة حرارتها إلى 65 م° ثم تبرد بعد ذلك مما يؤدي إلى إحداث صدمة حرارية تقتل معظم الأطوار الحشرية. لقد أجريت عدة اختبارات على هذه الطريقة و خاصة في استراليا و قد أثبتت نجاحها كما أنها رخيصة التكاليف بالمقارنة مع طريقة التبريد.

و يبين الشكل (22) تأثير درجة الحرارة على الحشرات الملوثة للحبوب:



الشكل (22) : تأثير درجة الحرارة على نمو الحشرات

4-2-3-3- المكافحة باستخدام الهواء المعدل:

و يتم ذلك بالقضاء على الحشرات نتيجة تخفيض نسبة الأوكسجين إلى ما دون 2%.

4-2-3-4- المكافحة بالأشعة Gamma irradiation:

استخدمت أشعة جاما (كوبلت 60) بنجاح في تعقيم حشرات المخازن, و كانت التأثيرات الجانبية للأشعة على الحبوب ضئيلة للغاية. حيث تمنع الأشعة فقس البيض, و توقف تطور اليرقات و العذارى, و تقتل الحشرات الكاملة لخنفساء الحبوب المنشارية التي توجد بالثمار المعاملة دون أن تؤثر على قيمتها الغذائية أو طعمها أو رائحتها أو مذاقها, و ذلك لفترات 12,9,6,3 شهرا بعد التخزين.

4-2-3-5- المكافحة بالكهرباء High frequency waves:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

تستخدم على نطاق ضيق لارتفاع تكاليفها, و تتلخص الطريقة في امرار الحبوب على سير وسط مجال كهربائي ذي ذبذبة عالية للقضاء على جميع أطوار الحشرات داخل الحبوب و خارجها.

4-2-4- المكافحة الميكانيكية:

إن عملية مكافحة الحشرات غير مجدية في بعض الأحيان و خاصة عندما تكون فترة تخزين الحبوب قصيرة، لذلك يجري عزل الحشرات و بعض أطوارها المتواجدة مع الحبوب ميكانيكيا بواسطة الغربلة مما يقلل من تكاليف تخزين و تصنيع هذه الحبوب.
و تشمل المكافحة الميكانيكية الغربلة و الجرش و استخدام القوة الطاردة المركزية.

4-2-4-1- الغربلة Sieving:

هذه الطريقة يتبعها صغار المزارع و التجار, و تعمل الغربلة على فصل الحشرات الموجودة خارج الحبوب, و على فصل بعض الشوائب و كسر الحبوب, و لكنها لا تفصل الأطوار الحشرية التي توجد داخل الحبة (كثير من اليرقات و العذارى) أو التي تلتصق بها (بيض خنافس البقول) و يجب التخلص من نواتج الغربلة و إعدامها, و يلجأ الى نخل الدقيق للغرض نفسه مع تكرار العملية عدة مرات, لفصل اليرقات التي تظهر أسبوعيا بعد فقس البيض.

4-2-4-2- الجرش Crushing:

تفيد هذه الطريقة في حماية الفول و العدس من الإصابة بخنافس البقول, و تؤدي هذه الطريقة إلى القضاء على الأطوار الحشرية داخل الحبوب, كما أن الحشرات لا تقبل على إصابة الحبوب بعد جرشها, و لا ينصح بجرش الفول إلا اذا كان معدا للاستهلاك في هذه الصورة, و كانت نسبة الإصابة أعلى من 20%.

4-2-4-3- استخدام القوة الطاردة المركزية Centrifugal force:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

يستخدم جهاز خاص يعرف بالـ Entoleter للقضاء على الحشرات الموجودة في الدقيق وأطوارها عن طريق فصلها بخاصية الطرد المركزي, و الجهاز شائع الاستعمال في مطاحن الدقيق الحديثة.

4-2-5- المكافحة الكيميائية:

تُعدّ المكافحة الكيميائية الطريقة الأكثر استخداماً بالمقارنة مع الطرائق السابقة بسبب فعاليتها العالية، لكن يجب أن تطبق باعتدال لما للمواد الكيميائية المستخدمة من ضرر على صحة المستهلك في حال زيادة تركيزها المتبقي ولقد وضعت بعض القوانين في العالم التي تثبت الحدود العليا المسموح بها للآثار المتبقية للمبيدات. إن هذا النوع من المكافحة علاجي و ليس وقائياً و يفضل عدم اللجوء إليه إلا في حالات الضرورة.

هناك نوعان من المكافحة الكيميائية، الأول و يستخدم فيه مواد الملامسة التي تغطي الحبوب و تؤثر على الجهاز الهضمي للحشرات المتواجدة معها، و الثاني تكون فيه المواد الكيميائية بصورة غاز و تسبب قتل كافة الأطوار الحشرية عن طريق التأثير على الجهاز التنفسي للحشرات.

4-2-5-1- طريقة الملامسة:

تغلف الحبوب بطبقة رقيقة جداً من المبيد الحشري الذي يقتل الحشرات الكاملة و اليرقات عند أخذها لجزء منه أثناء تغذيتها على الحبوب و يجب أن يكون المبيد المستخدم فعالا و لمدة طويلة و قليل الضرر بالإنسان و الحيوان. يتضمن المبيد الحشري عادة المادة الفعالة و المادة الحاملة و تقسم المبيدات إلى ثلاثة أقسام:

مبيدات البودرة الجافة: يستخدم هذا النوع من المبيدات بصورة بودرة جافة تتراوح نسبة المادة الفعالة بين 0,5 و 5% أما الباقي فهو عبارة عن مادة حاملة، و يستخدم هذا النوع من المبيدات برشه على سطح الأكياس و الأكداس.

مبيدات البودرة القابلة للمزج بالماء: يحتوي المبيد على المادة الفعالة بنسبة 25 إلى 80% و تمزج بالماء و تستخدم لرش جدران المخازن للقضاء على الحشرات و أطوارها المختبئة في الشقوق.

مبيدات الاستحلاب: لا يذوب مبيد الاستحلاب بالماء إنما يشكل مستحلباً معه و يستعمل لمكافحة الحشرات المختبئة في سطوح و أرضية المستودعات غير الملساء.

4-2-5-2- طريقة التدخين Fumigation:

يستخدم الطحان مواد التدخين لحماية الحبوب المخزنة من خطر الحشرات و للسيطرة على الحشرات المختبئة. حيث تُعرّف مبيدات التدخين بأنها المواد التي تتحول إلى الحالة الغازية على درجة حرارة و ضغط محددين و تؤدي إلى قتل الأطوار الحشرية، تتميز هذه الطريقة من المكافحة بأن الغاز السام قادر على التوغل ضمن الحبوب و ذلك حسب كثافة و درجة حرارة الوسط المحيط و قتل الأطوار الحشرية, إن عامل الزمن أساسي و هام عند مكافحة الحشرات بهذه الطريقة، إذ يحتاج الغاز لوقت معين للتغلغل بين الحبوب في الكدس و الذي تحدده عدة عوامل كحجم الكدس و درجة الحرارة و نوع الغاز المستخدم. إن أكثر مواد التدخين استعمالاً هو فوسفيد الهيدروجين PH3 و المعروف تجاريا باسم الفوستوكسين و كذلك بروم الميتيل CH3Br و الذي يباع بصورة سائل ضمن اسطوانات متوسطة الحجم. يتم الحصول على فوسفيد الهيدروجين بتفاعل الفوسفور المعدني بصورة فوسفور الألمنيوم أو فوسفور المغنزيوم مع بخار الماء الجوي و ذلك و فق ما يلي:

$$2\ Al\ P + 6\ H_2O \longrightarrow 2\ PH_3 + 2\ Al(OH)_3 + \text{حرارة}$$

$$Mg_3\ P_2 + 6\ H_2O \longrightarrow 2\ PH_3 + 3\ Mg(OH)_2 + \text{حرارة}$$

تعد هذه التفاعلات ناشرة للحرارة بصورة كبيرة، و لكي لا تسبب حدوث حرائق يجري إبطاؤها بإضافة كربامات الألمنيوم، و البارافين إلى الفوسفور المعدني.

إن غاز فوسفيد الهيدروجين سام جداً بالنسبة للحشرات و الحشرات المختبئة و الإنسان و الأنواع الأخرى من الحيوانات الحية. و بالإضافة للخصائص السمية للغاز

فإنه يؤكسد بعض المعادن و قد يشتعل في الهواء بشكل تلقائي عندما يكون تركيزه أعلى من الحد الأدنى للاشتعال 1.8% (v/v). يحتوي المنتج التجاري على 55% مادة فعالة و 45% مادة خاملة لتخفيض مخاطر الاشتعال. المادة الخاملة هي كربونات الأمونيوم التي تحرر الأمونيا و ثاني أكسيد الكربون كالتالي:

$$(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

و يعتبر غاز الأمونيا أيضاً عامل تحذير.

و يبين الجدول (7) فترات التعرض للفوستوكين عند تدخين الحبوب:

الجدول (7): فترة التعرض الدنيا للفوستوكسين

درجة الحرارة م°	حبات	أقراص
< 5 م°	لا داعي للتدخين	لا داعي للتدخين
5–12 م°	8 أيام (192 ساعة)	10 أيام
12–15 م°	4 أيام (96 ساعة)	5 أيام
16–20 م°	3 أيام (72 ساعة)	4 أيام
أعلى من 20 م°	2 يوم (48 ساعة)	3 أيام

ينصح عند تخزين القمح بإضافة فوسفيد الألمنيوم بجرعة مقدارها (5–10) أقراص للطن الواحد لمدة خمسة أيام، و يجب إضافتها أثناء دخول القمح إلى الخلية.

إضافة مواد التدخين بشكلها الصلب للقمح بعيد تعبئته في الخلية يسبب توزع غير متجانس, و انطلاق الغاز من مواد التدخين الصلبة (على سبيل المثال: فوسفيد الهيدروجين من الفوستوكسين) موضعي و ينتشر الغاز بشكل بطيء جداً لأن وزنه يساوي وزن الهواء، و لذلك يتم تحريك الهواء ضمن المخزون للتغلب على هذه المشكلة. و الطريقة المطوّرة للتدخين باستخدام المواد الصلبة تتضمن نثر المواد فوق مخزون الحبوب. و مما يضمن التوزيع المتجانس للغاز ضمن الحبوب في الخلية، استخدام نظام تدوير الهواء حيث يتم سحب الهواء للأسفل ضمن المخزون بشكل بطيء جداً. و

يعاد ضخ الهواء المدوّر الممزوج مع الغاز إلى أعلى الحمولة لضمان تركيز متوازن من الغاز.

يمكن استخدام الجدول التالي كدليل لتحديد الحد الأدنى لفترة التعرض للفوستوكسين بدرجات حرارة مختلفة لتدخين القمح.

و تنقسم مواد التدخين حسب صفاتها الفيزيائية الى ثلاث مجموعات هي:

1. مواد التدخين الغازية Gaseous fumigants:

و هي المواد التي تكون في حالة غازية تحت درجة حرارة و ضغط الغرفة و من أمثلتها: بروميد الميثيل (Methyl bromide) و غاز حمض الهيدروسيانيك (Hydrocyanic acid gas).

2. مواد التدخين السائلة Liquefied fumigants:

و هي تكون سائلة تحت ظروف الغرفة, و تتبخر عند تعرضها للهواء الجوي, و من أمثلتها: رابع كلوريد الكربون (Carbon tetrachloride) و ثاني كبريتيد الكربون (Carbon disulphide).

3. مواد التدخين الصلبة Solid fumigants:

مواد صلبة تتحول إلى غاز نتيجة امتصاصها رطوبة الجو, و من أمثلتها: سيانيد الكالسيوم (Calcium cyanide) الذي ينفرد منه غاز حمض الهيدروسيانيك (سيانيد الهيدروجين HCN) و من أمثلتها أيضا فوسفيد الألمنيوم الذي ينفرد عنه غاز فوسفيد الهيدروجين (Hydrogen phosphide) .

و عند إجراء عملية التدخين تراعى الإجراءات الآتية:

1) اتخاذ الاحتياطيات اللازمة لتأمين سلامة القائمين بعملية التدخين:

أ- لا توكل العملية إلا لذوي الخبرة منهم.

ب- تعاون شخصين معا عند قيام العملية.

ت- استعمال الأقنعة الواقية من الغاز عند إجراء العملية, و عند التهوية مع مراعاة أن لكل نوع من الغازات مرشحه الخاص الذي لا يصلح لغيره, و أن له عمرا محدودا تنتهي فعاليته بانتهائه.

ث- الإلمام التام بخواص المادة, و طرق الوقاية منها, و الإسعافات الأولية اللازمة.

2) قطع التيار الكهربائي و إبعاد أي مصدر لحدوث شرارة, لأن بعض الغازات قابلة للاشتعال.

3) التأكد من إحكام غلق المكان المعد لإجراء العملية و ترميم أي ثقوب يمكن أن يتسرب منها الغاز.

4) تقدير الجرعة اللازمة بدقة, و كذلك مدة التعريض و الالتزام بها, مع مراعاة أن الجرعة المميتة لأحد الغازات قد تختلف تبعا لدرجة الحرارة و المحتوى المائي للحبة, و يعتبر تقدير الجرعة و مدة التعريض من أكثر الأمور أهمية, حتى لا تؤثر العملية على حيوية الحبوب أو خواص الدقيق أو امتصاصها لجزء من الغاز السام الذي يؤثر على صحة المستهلك.

5) تجنب إجراء العملية في درجة حرارة أعلى من 45 م°, لسرعة تبخر مادة التدخين و زيادة تسربها, أو في درجات حرارة تقل عن 15 م° حيث يقل نشاط الحشرات, و بالتالي معدل تنفسها, و تنقص فعالية المادة المدخنة, و يتجنب أيضا التدخين في الجو العاصف. إن ارتفاع درجة حرارة المكان المراد تدخينه (30-35 م°) و زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون يزيدان من معدل تنفس الحشرات, و يزيد استنشاقها للغاز السام, و يرفع من فعاليته.

6) اتخاذ جميع الاحتياطيات اللازمة لتأمين نقل مواد التدخين و تداولها (بعضها يوجد على حالة سائلة, و بعضها يحفظ تحت ضغط عال داخل الاسطوانات) فهناك احتمال تسرب الغاز بالإضافة الى أن بعض هذه المواد قابل للاشتعال.

7) وضع مادة التدخين في أعلى كومة الحبوب, أو عند القاعدة تبعا لكثافة الغاز. إن استعمال المراوح يضمن توزيع الغاز توزيعا متماثلا داخل الحيز المراد تدخينه.

8) تهوية المكان بعد انقضاء مدة التعريض.

9) فحص عينة من المادة التي تم تدخينها للتأكد من نجاح العملية.

4-2-5-3- المكافحة بالزيوت النباتية:

أمكن عزل زيوت ثمار اليانسون و الفلفل الأسود و الكمون و أوراق النعناع و اختبر سمية هذه الزيوت ضد حشرتي سوسة الأرز و ثاقبة الحبوب الصغرى و خنفساء الدقيق المتشابهة, و وجد أن لها تأثير إبادي حشري ضد هذه الحشرات, و تم اختبار التأثير السام للزيوت الطيارة المستخلصة من قشور ثمار البرتقال البلدي الأبيض و البرتقال الخليلي و البرتقال السكري و البرتقال الصيفي و البرتقال الشموتي و البرتقال أبو صرة و الليمون الأضاليا و الليمون البنزهيري و الليمون الحلو و النارنج و اليوسفي البلدي و الجريب فروت ضد الحشرة الكاملة لسوسة الأرز و من القطن و من الخوخ و أوضحت النتائج أن زيوت الموالح لها تأثيرات سامة مختلفة ضد هذه الحشرات.

4-2-6- طرائق أخرى Other Approaches:

القمح المخزن لفترات زمنية طويلة يكون أحياناً مخزن بوجود غاز خامل أو غبار خفيف لمنع الإصابة الحشرية، يستخدم عادة غاز النتروجين أو ثاني أكسيد الكربون الذي يحرم الحشرات من الأوكسجين و يمكن أن يبقى في القمح المخزن لفترة طويلة.

و قد اختبر تخزين القمح السليم في جو من الهواء أو من النتروجين (يحوي 0.04% أوكسجين) عند درجات الحرارة 20 م° و30 م°. تم تنفيذ الاختبار على حمولتين من القمح :

كانت الأولى نقية و عالية الجودة, و الثانية من النوع التجاري الربيعي الشمالي الغامق و بمحتويات رطوبة من 13% و حتى 18%

عند محتوى رطوبة 16%: كان القمح التجاري المخزن في النتروجين خالي من تضرر الجنين بعد 40 أسبوع, و كان القمح المرتفع الجودة بعد 48 أسبوع, بينما نفس القمح المخزن في الهواء، كان تضرر الجنين 100% و95% على الترتيب.

و قد تم حرمان القمح المخزن من الأوكسجين بوضعه بحاوية محكمة الإغلاق، و السماح للحشرات و الحبوب بالتنفس، هذا سبب زيادة نسبة CO_2 .

للقضاء على 100% من كل أطوار calandra granrialor أو sitophilus granaries

تم إجراء تجارب متنوعة، لزيادة مستوى CO_2 و تخفيض الأوكسجين في تخزين محكم الإغلاق لعدد مختلف من الأيام.

بشكل عام: تعتبر الحشرات الناضجة، الطور الأكثر مقاومة لحجب الأكسجين بينما تعتبر اليرقات بالطور الأول هي الأكثر حساسية. تؤثر متغيرات مختلفة على تخفيض الأوكسجين و زيادة CO_2 .

و تبين أنّ تركيز غاز CO_2 ارتفع إلى 90-95% عندما كانت رطوبة الحبوب 22-24% بينما ارتفع إلى 70-75% عندما كانت رطوبة الحبوب 19%، و ارتفع إلى 50% عندما كانت رطوبة الحبوب 18%, و ارتفع إلى 35-40% عندما كانت رطوبة الحبوب بحدود 17%.

الغبار الخامد كيميائياً الذي حجم جزيئاته 1µm أو أقل يعمل كمجفف لقتل الحشرات. و يمتاز برخصه و سهولة إزالته في تنظيف القمح اللاحق .

و تم استخدم القمح المعالج ب Pyrenone كمادة حافظة تتكون من butoxide piperonyl بنسبة 1.1% و على 0.8% من pyrethrins مخلوطة مع قمح مسحوق. و تستخدم هذه المادة الحافظة بمعدل 34 كغ لكل 27 طن من القمح.

فورمات الإيتيل عبارة عن سائل عديم اللون و ذو درجة غليان منخفضة بحدود 54,1 م°، و رائحته عطرية لطيفة، و يقتل الحشرات بسرعة على خلاف الفوسفين الذي يستغرق أيام ليقتل الحشرات. كما أن المتبقي منه يتناقص إلى المستويات الطبيعية بدون إجراء التهوية. و أيضاً تفككه إلى منتجات غير سامة و تتشكل بشكل طبيعي (حمض الفورميك، إيتانول) يكسبه إيجابية إضافية.

4-3- قوارض الحبوب المخزنة:

تسبب القوارض خسائر كبيرة في الحبوب و خاصة المخزون منها في العراء و المستودعات حيث تستهلك قسما منها و تتلف قسما آخر و تترك مخلفاتها ملوثة ما يبقى منها. فقد وجد أن الجرذ يستهلك حوالي 24 غ من الحبوب يومياً في حين يتلف

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

عشرة أضعاف ما يأكله. كما يمكنه إتلاف الأسلاك الكهربائية في غرف التحكم مما يؤدي إلى تماس كهربائي قد يولد حريقاً في الصومعة. كذلك يتلف الأكياس عند تخزين الحبوب المعبئة بالأكياس. يمكن أن تنقل القوارض الأمراض كالطاعون و التيفوس و اليرقان و الأمراض المعوية للإنسان و ذلك عبر الحبوب الملوثة، لذلك يجب مكافحتها بشكل جيد.

من أهم القوارض التي تضر بالحبوب المخزونة هي الجرذ و الفأر، و يمكن الكشف بسهولة عن تواجد القوارض من خلال تواجد قطع من شعرها التي يمكن الكشف عنها تحت المجهر.

4-4- مكافحة القوارض:

4-4-1- المكافحة الوقائية:

و تتضمن أخذ الاحتياطات اللازمة أثناء بناء المستودعات لمنع وصول القوارض إلى داخلها اعتماداً على عدة أسس كعدم مقدرة الجرذان بأنواعها تجاوز الجدران الناعمة و الألواح المعدنية الملساء التي يتجاوز ارتفاعها 30 سم، كما أنها لا تستطيع الحفر لأكثر من مسافة 40 سم, و لا يمكنها الدخول من فتحات الشبك المعدني الذي يكون قطر فتحاته بحدود 1سم، و لا تستطيع القوارض الحفر في البلاستيك و المعادن، لذلك يمكن استخدامها في الأماكن الهامة في المستودع، كما يجب أن تكون الأبواب و النوافذ مصممة بحيث يمكن إغلاقها بشكل جيد.

4-4-2- المكافحة الفيزيائية:

تجري المكافحة الفيزيائية للقوارض باستخدام المصائد و لا تهدف هذه الطريقة إلى القضاء على هذه القوارض في المستودعات الكبيرة، إنما لتحديد أنواع القوارض الموجودة تمهيداً لاستخدام المكافحة الكيميائية.

4-4-3- المكافحة الكيميائية:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

و تتضمن استخدام الطعوم السامة التي تحتوي على مواد ذات مفعول سريع كأملاح التاليوم و فوسفيد الزنك و فلوراسيتات الصوديوم. إن استخدام هذا النوع من المواد حساس جداً نظراً لإمكانية تلوث الحبوب بها، مما يسبب خطراً على صحة الإنسان و الحيوان. يثير استخدام الطعوم السامة انتباه مستعمرات القوارض نظراً لإحداثه الموت بشكل سريع لذلك يمكن استخدام مانعات التخثر و التي تسبب حدوث نزف داخلي للقوارض تؤدي إلى موتها بعد عدة أيام. من أهم مانعات التخثر المستخدمة : الكومافين Coumafene و الكلورفاسينون Chlorophacinone و البروماديولون Bromadiolon.

الفصل الخامس

إدارة المخاطر

Risk Management

5-1- غبار الحبوب و خطر انفجار الصوامع:

إن حدوث الانفجار في أماكن معالجة المواد الصلبة التي تنتج غباراً ليست حوادث جديدة، و هذا أدى إلى إجراء أبحاث مكثفة ليس هدفها فقط معرفة أسباب الانفجار و حسب، بل لبحث سبل تجنبها أيضاً.

من الصناعات التي يمكن حدوث انفجار الغبار فيها مصانع الحبوب منها الصوامع و معامل العلف ومطاحن الدقيق.

ينتج الغبار أثناء عمليات نقل الحبوب و الدقيق و غيرها من نواتج الطحن، و يسبب في أماكن تخزين و تصنيع الحبوب و منتجاتها مشاكل كثيرة كالضرر بصحة الإنسان و إعاقة عمله، و الأهم من ذلك إحداثه للانفجار. يصنف الغبار تبعاً لحجم الجزيئات، فالجزيئات الصغيرة جداً و التي لها قطر أقل من 0.5 µm تتبع قانون Brownian للحركة، و هي تتصرف كالدخان تستنشق ثم تنفث مع الزفير مباشرة. أما الجزيئات الأكبر و التي يمكن أن تترسب داخل الجهاز التنفسي يمكن أن يكون لها تأثيران مختلفان بالاعتماد على حجم الجزيئات. الجزيئات ذات القطر الأكبر من 5 µm على الأغلب ذات تأثير مهيج مهمل و الفضل يعود للأهداب التي تتواجد في الجهاز التنفسي و هي تنفث من الجهاز التنفسي خلال 24 ساعة. أما الجزيئات ذات القطر الذي يتراوح ضمن المجال 0.5-5µm تعتبر ذات خطر كبير، و هي تلتهم بشكل جزئي بواسطة خلايا الدم البيضاء قبل أن يتم في النهاية سعلها، و تستغرق هذه العملية زمناً طويلاً و قد تدوم 60-120 يوم. لذلك فإن مثل هذه الجزيئات قد تسبب التهاب بدرجات خطورة مختلفة، نتيجة لوجود التربة و الفيروسات و البكتيريا على جزيئات غبار القمح.

غبار الحبوب عبارة عن مواد عضوية على شكل ذرات متطايرة فهي قابلة للاشتعال و الانفجار، و التحليل الكيميائي للغبار بين التركيب التالي:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

كربوهيدرات	30-70%
ماء	5-11%
بروتينات	6-20%
ليبيدات	1-4%
رماد	5-40%
ألياف	7-15%

نلاحظ من خلال التركيب الكيميائي للغبار أن منشأه الأساسي هو أغلفة الحبوب، أما بالنسبة للعناصر المعدنية الداخلة في تكوين الغبار فلها مصادر أخرى عدا الحبوب, فتزداد نسبة الحديد فيه بسبب تآكل أجهزة الغربلة و النقل المختلفة و التي تصل حتى 40 ضعفاً بالمقارنة مع نسبته في الحبوب.

تعد معظم المواد الصلبة القابلة للتأكسد عرضة لعملية احتراق سريعة عندما تكون جزيئاتها صغيرة. هذا الاحتراق يتحول إلى انفجار عند توفر احتباس مولدات غازات ساخنة متمددة تولد موجة ضغط، أي أن الانفجار هو احتراق سريع مولداً كمية كبيرة من غازات الاحتراق التي تولد موجة ضغط كبيرة نتيجة تمددها السريع.

يمتلك الغبار قدرة تفجيرية كبيرة جداً ولكن لحسن الحظ إن انفجار الغبار مرتبط بتوفر عدة عوامل نذكر أهمها:

1. توفر الحد الأدنى من الطاقة لاحتراق الغبار (مصدر الاشتعال).
2. وجود التركيز المناسب من الغبار ضمن محيط مغلق.
3. درجة تركيز الأوكسجين.

و يبين الشكل (23) تمثيل هذه الشروط عادة بمثلث يدعى مثلث الرعب.

الشكل (23) : الأسباب الأساسية لتوليد الانفجار الغباري.

يختلف التركيز الأدنى للجزيئات لحدوث الانفجار (MEC) لغبار الحبوب أو دقيق الحبوب أو مكونات العلف وفقاً لحجم الجزيئات، فكلما كانت الجزيئات صغيرة كانت أكثر قوة، كما أن لطبيعة المادة تأثيراً مختلفاً إذ يُعد نشاء الذرة الصفراء من أقوى منتجات الحبوب و يعتبر أخطرها. و يتراوح التركيز الأدنى لحدوث الانفجار بين 50-150 غرام من الغبار في متر مكعب واحد.

5-2- العوامل المسببة للانفجار الغباري:

1. إجراء عمليات القص و اللحام والتي تعطي حرارة عالية في مناطق تواجد الغبار.
2. ارتفاع الحرارة نتيجة احتكاك أجهزة نقل الحبوب مع الأجزاء المعدنية الثابتة.
3. حدوث حرائق بواسطة مصادر مختلفة كالتدخين.
4. الكهرباء الساكنة.

5-3- طرائق الوقاية من الانفجارات:

يمكن تقسيم طرائق التقليل من الانفجار الغباري إلى مجموعتين، الأولى خفض تشكل الغبار، و الأخرى تجنب مصادر الاشتعال.

5-3-1- خفض تشكيل الغبار:

يمكن التقليل من الانفجارات بخفض نسبة الغبار المنطلق أثناء عمليات نقل و تخزين الحبوب، و ذلك بإجراء عمليات شفط فعالة أو بترطيب الجو. و يمكن تحسين

فعالية شفط الهواء بتحسين نوعية السيكلونات و صيانتها بشكل مستمر بحيث يجمع الغبار بشكل فعال ضمن أجهزة نقل و تنقية الحبوب. كما أن مكافحة الحشرات تقلل من تشكل الغبار، حيث أن الإصابة الحشرية تزيد من تشكل الغبار. و يمكن التوصية بالنقاط التالية:

1. إعادة تصميم أية عملية تولد عجاجاً غبارياً.
2. تصميم التجهيزات بحيث تكون مغلقة و تمنع انتشار الغبار.
3. يجب إغلاق أي مصدر للغبار أو تغطيته.
4. يوصى بتجميع الغبار خارج البناء، حيث تبنى الفلاتر و السيكلونات خارج البناء، كما يوصى بوضع شفاط للغبار عند أماكن تحميل أو تفريغ و أجهزة النقل.
5. يجب تنظيف أجهزة تجميع الغبار و إجراء صيانة دورية لهذه الأجهزة.

5-3-2- تجنب مصادر الاشتعال:

1. استبدال الكيلات المعدنية في الروافع الكيلية بكيلات بلاستيكية.
2. استخدام أحزمة مكونة من مواد غير قابلة لتشكيل كهرباء ساكنة في النواقل الشريطية.
3. يجب أن تكون الأجهزة الكهربائية مصممة خصيصاً لأجواء غبارية.
4. يجب نزع المواد المعدنية و الغريبة خلال عملية الاستلام.
5. يجب ربط جميع التجهيزات إلى الأرض (تأريض) لمنع تولد كهرباء ساكنة.
6. صيانة الأجزاء المتحركة لمنع الاحتكاك.
7. تأسيس و تفتيش نظام مانعات ارتفاع درجة الحرارة.
8. مراقبة و تفتيش البناء لتجنب ظهور أي مصدر اشتعال.

5-4- تفادي الانغماس:

إن المدراء الناجحين في مجال تخزين الحبوب يراقبون استثماراتهم بانتظام, و الطريقة الوحيدة لفعل ذلك هي بدخول الصومعة أو إرسال موظف ليجري فحص بصري على حالة الحبوب.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

واحد من أكثر الأسباب شيوعا لدخول صومعة مملوءة بالحبوب هي لفك تكتل الحبوب الذي يعيق عملية تفريغ الحبوب من الصوامع.

لكن جميع الاحتمالات لعلاج مشكلة تكتل الحبوب يجب أن تُجرب أولا قبل التفكير بدخول الصومعة.

إذا كان من الضروري بالنسبة للشخص أن يدخل الصومعة فيجب عليه أن يرتدي عدة الوقاية و المتصلة بحبل ممسوك من قبل آخرين خارج الصومعة.

في حال الفشل في اتخاذ هذه السبل الوقائية فقد ينتج عن ذلك أخطاء قد تؤدي بحياة هذا الشخص, و من أكبر المشاكل هي أن الناس لا تدرك مدى السرعة التي تتحرك بها الحبوب عند تفريغ الصومعة و مدى قوة الجذب التي تشكلها على جسم الإنسان.

عندما يتم تفريغ الحبوب من الصومعة فإن التدفق السفلي للحبوب ينتقل مباشرة إلى السطح العلوي للحبوب, مع الإشارة إلى أن الحبوب في الأسفل و بعيدا عن مركز الصومعة لا تتحرك أبدا.

إن وزن الشخص الموجود على سطح الحبوب يجبرها على الحركة نحو المخرج بسرعة.

مثلا: شخص بطول 6 أقدام و تقريبا بحجم 7.5 قدم مكعب, و بتدفق للحبوب خارج الصومعة بمعدل 14 قدم مكعب في الدقيقة فإن جسم الشخص ممكن أن يُغطى كاملا بزمن تقريبي قدره 11 ثانية و بسبب سرعة تدفق الحبوب فإن الشخص بحاجة لتحرير نفسه قبل انقضاء 5 ثواني.

و بشكل منطقي عندما يرتفع مستوى الحبوب ليغمر رُكب الشخص فلن يستطيع بعدها تحرير نفسه بدون مساعدة خارجية.

إن جريان الحبوب قد يبدو كجريان الماء من حيث تطبيق الضغط على كامل السطح لأي شيء مغمور فيها, لكن مقدار القوة المطلوبة لسحب شخص عالق ضمن تيار حبوب هي أكثر بكثير من القوة المطلوبة لسحب نفس الشخص من الماء. و هذا

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

يعود إلى أن الحبوب على عكس الماء ليست زلقة, و نتيجة احتكاك الحبيبات مع بعضها تشكل قوة هائلة.

حتى عندما تكون الحبوب فقط عند مستوى الركب, يوجد حوالي 5 pounds ناتجة عن الاحتكاك تضاف إلى وزن الشخص, و ليس على الشخص أن يُغمر كثيرا قبل أن تتضاعف القوة اللازمة لسحبه.

أظهرت الدراسات أنه أكثر من 900 pounds من قوة السحب مطلوبة لرفع مجسم بشري مغطى بالحنطة أو الذرة.

حتى إذا لم يكن هناك تدفق للحبوب خارج الصومعة فإن الانغماس ممكن أن يحدث إذا سار الشخص على حبوب ذات سطح متشقق نتيجة لفساد هذه الحبوب.

حيث أن أي تجويف ممكن أن يصبح كالفخ بالنسبة لهذا الشخص, كما أن السطح العلوي للحبوب نادرا ما يكون قاسيا كفاية لدعم و تحمل وزن الشخص.

حتى لو قام العامل بإيقاف تدفق الحبوب خارج الصومعة قبل دخوله فإنه بأية حال قد يغمر في الحبوب عندما ينهار السطح نتيجة ثقل العامل.

و في مواقف مماثلة قد تحدث الوفيات نتيجة انهيار من جدار عمودي في صومعة شبه ممتلئة حتى لو بدا هذا الجدار آمنا فإن أخذ كمية صغيرة بالمجرفة قد تؤثر على قاعدة هذا الجدار ويحدث انهيار.

5-4-1- كيفية حدوثها:

يمكن أن تحدث حادثة الانغماس في الحبوب لثلاثة أسباب هي:

1. انهيار الحبوب المتكتلة.
2. انهيار جدار عمودي من الحبوب.
3. الانغماس في تيار جاري من الحبوب.

إن جريان الحبوب هو جزء رئيسي من هذه الأسباب الثلاثة, الأشخاص العاملين في الحبوب (في تحميله أو في تفريغه أو في نقله من صومعة إلى أخرى) يجب أن يعوا مخاطر جريان الحبوب وكيفية تجنب الانغماس في الحبوب.

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

5-4-1-1- انهيار الحبوب المتكتلة:

الحبوب ممكن أن تتكتل نتيجة تعفنها, أو نتيجة ارتفاع رطوبتها, أو عند تعرضها لظروف تخزين سيئة. حيث تلتصق الحبات مع بعضها لتشكل طبقة صلبة تشبه القشرة, و هذا ما يعطي إيحاء خاطئ بأنها آمنة للسير فوقها, حيث أن العمال لا يستطيعون التمييز ما إن كان هناك حبوب تحت القشرة أم لا.

عند تشكل فجوة نتيجة إزالة كمية من الحبوب خارج الصومعة فإن القشرة المتشكلة فوقها لا تكون قوية كفاية لتحمل وزن العامل, و عندما يسير العامل فوق الحبات المتكتلة على شكل قشرة فإنها سوف تنهار و سوف يسقط العامل ضمن الفجوة بالإضافة إلى الحبوب و عادة ما يغمر تحت عمق عدة أقدام من الحبوب.

الإجراءات المتبعة لتفادي ذلك:

1. عدم دخول الصومعة من أجل كسر القشرة بل عوضا عن ذلك يتم كسر هذه القشرة بواسطة أداة من الخارج و إحداث الانهيار لتمتلئ الفجوة بينما العامل ما يزال واقفا في الخارج
2. إذا أظهر السطح عدم انتظام و دليل على بدء خروج الحبوب عبر الفتحة لكنه توقف بسبب انسداد الفتحة بقطعة من القشرة فإنه من الخطر عندها دخول الصومعة لأن الحبوب في أعلى القمع سوف تنهار تحت تأثير الثقل.
3. تجنب حدوث ظاهرة تكتل الحبوب عبر تخزينها في ظروف جيدة و الحيلولة دون فسادها.

5-4-1-2- انهيار جدار عمودي من الحبوب:

إن الحبوب ممكن أن تتجمع على شكل كتلة كبيرة مستندة على جدار الصومعة أو بأشكال أخرى نتيجة تخزينها في ظروف سيئة. هذه الكتلة ممكن أن تنهار على العاملين عند محاولتهم لفك التكتل بواسطة مجرفة أو أي أداة أخرى, و عندها فإن أثر هذا الانهيار سوف يطمر العاملين تحته تماما.

الإجراءات المتبعة لتفادي ذلك:

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية

1. عدم دخول الصومعة لمحاولة فك التكتل إذا كانت الحبوب متكدسة على هيئة كتلة كبيرة.
2. محاولة فك التكتل من أعلى الصومعة إن أمكن ذلك.
3. تخزين الحبوب في ظروف جيدة لتجنب حدوث هذه الظاهرة.

5-4-1-3- جريان الحبوب:

عند تدفق الحبوب و جريانها خارج الصومعة فإنها سوف تسحب معها الشخص العامل. عملية الشفط هذه تكون قوية كفاية لسحب الشخص حيث يصبح عاجزا عن السباحة أو التسلق أو حتى السير في عكس اتجاه جريان تيار الحبوب. و مع استمرار تدفق الحبوب خارج الصومعة فإن الضحية سوف يسحب إلى العمق و في وقت قصير.

و للأسف فإن هذا الشخص لا يمكن سحبه دون حدوث إصابات خطرة في العمود الفقري إن وصل مستوى الحبوب إلى خصره أو أعلى من ذلك, لأن الحبوب سوف تلتف حول جسده مشكلة ما يشبه قبضة قوية.

أظهرت الدراسات أن أكثر من 400 pounds مطلوبة لسحب شخص مغمور في الحبوب حتى الخصر, و هذه القوة كافية لإحداث ضرر دائم في العمود الفقري.

الإجراءات المتبعة لتفادي ذلك :

1. عدم السماح للأطفال بالتواجد أو اللعب في مكان ممكن أن يحدث فيه تدفق للحبوب.
2. تحذير كل العاملين في هذا المجال للبقاء بعيدا عن تيار الحبوب.
3. عدم دخول الصومعة وحيدا و يجب على الأقل وجود شخصين آخرين للمساعدة غي حال حدوث أي مكروه كما يجب ارتداء العدة الواقية عند دخول الصومعة.
4. إسدال حبل نجاة من مركز الصومعة حتى يمسك به العامل.

5-4-2- إجراءات الإنقاذ المتبعة في حالة الانغماس في الحبوب:

1. تجهيز فريق إنقاذ.
2. ارتداء العدة الواقية الموصولة بحبل ممسوك من قبل شخصين آخرين على الأقل.

3. فصل مصادر الطاقة المسؤولة عن بدء تدفق الحبوب خارج الصومعة.
4. تهوية الصومعة عبر تشغيل مروحة التجفيف دون تشغيل مصدر الحرارة.
5. البدء بفصل الحبات المتكتلة الأقرب إلى قمة التلة و ذلك لأنه عندما تتحرر الحبوب و تبدأ بالانزلاق فإن كتلة المنتج المتدفق لن تكتسب تسارعا كثيرا و بالتالي فإن كمية الحبوب التي ستغمر الشخص ستكون أقل.
6. إزالة الحبوب من حول الضحية بواسطة المجارف أو بشفاطات الحبوب, و يجب أخذ الحذر خاصة عندما تكون الضحية غير مرئية.
7. فتح فجوات في جدار الصومعة تسمح بتدفق الحبوب خارج الصومعة و بعيدا عن الشخص المغمور كليا ضمنها, نقوم بعمل فتحتان متقابلتان على الأقل بشكل V أو بشكل U .
8. توفير العناية الصحية للضحية و خاصة من أجل التنفس و المحافظة على درجة حرارة جسمه بالإضافة إلى الدعم النفسي.
9. عدم فقدان الأمل في عملية الإنقاذ, فقد سُجلت حالات إنقاذ لأشخاص غمروا كليا في الحبوب لأكثر من ساعتين, لأن الضحية قد يستطيع مواصلة التنفس حتى و هو مغمور في الحبوب.

و هكذا فعلى الرغم من أن حوادث الانغماس قد تكون نادرة إلا أنها مميتة...

REFERENCES المواقع و المراجع العلمية :

- http://www.extension.purdue.edu/extmedia/AE/AE-93.html
- http://www.cimbria.com
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022474X01000108
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153684802132
- http://www.zira3a.net/
- http://aradina.kenanaonline.com/posts/186640
- http://www.alhobob.com/maqalat_3.html

- Arble, William C. and Dennis J. Murphy. 1989. Extinguishing Silo Fires. NRAES-18. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, Riley-Robb Hall, Ithaca, Ny.

- Baker, Dale L., William E. Field, Rollin Schneider, Clair W. Young, Robert A. Parsons, and Dennis J. Murphy. 1991. Farm Accident Rescue. NRAES-10. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, Riley-Robb Hall, Ithaca, NY.

- Bean, Thomas L. "Flowing Grain." WVU Cooperative Extension Service Fact Sheet SA-30.0.

- Iowa State University Cooperative Extension Service. 1987. "Suffocation Hazards Associated with Stored Grain." Iowa State University Cooperative Extension Service Fact Sheet Pm-1293i.

- Iowa State University Cooperative Extension Service. 1987. "Hazards of Confined Space." Iowa State University Cooperative Extension Service Fact Sheet Pm-1293h.

- Midwest Plan Service. 1987. Structures and Environment Handbook, 11th ed. MWPS-1. Midwest Plan Service, Ames, Iowa.

- Murphy, Dennis J., John Pollok, Gary Smith, Thomas Bean, and Marty Sailus. 1989. First on the Scene. NRAES-12. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, Riley-Robb Hall, Ithaca, NY.

- NIOSH. 1986. "Preventing Occupational Fatalities in Confined Spaces." NIOSH Publication No. 86-110. National Institute for Occupational Safety and Health Division of Safety Research.

- NIOSH. 1984. "Preventing Scalping and Other Severe Injuries from Farm Machinery." NIOSH Publication No. 94-105. National Institute for Occupational Safety and Health Division of Safety Research.

- Pettit, Ted, and Herb Linn. 1987. A Guide to Safety in Confined Spaces. National Institute for Occupational Safety and Health. U.S. Department of Health and Human Services.

- Snyder, Karl A. and Thomas G. Bobick. Safe Grain and Silage Handling. NIOSH Publication No. 95-109. National Institute for Occupational Safety and Health Division of Safety Research. Morgantown, WV

- Book Storage of cereal grains and their products. 1982 pp. 544 pp

- Book Grain Storage Techniques: Evolution and Trends in Developing

الفهرس

العنوان **الصفحة**

الفصل الأول

التغيرات والعوامل المؤثرة على تخزين الحبوب

1-1- خواص الحبوب المتعلقة بالتخزين..... 2

1-2- العوامل المؤثرة على تخزين الحبوب..... 8

1-3- التغيرات التي تحصل أثناء التخزين..... 23

1-4- أشكال تضرر الحبوب..... 24

الفصل الثاني

تجهيزات وطرق تخزين الحبوب

2-1- التجهيزات..... 34

2-2- أخذ العينات..... ... 37

2-3- التحليل..... 44

2-4- ضبط الغبار..... 48

2-5- التنظيف التمهيدي..... 51

2-6- الترطيب المسبق للقمح..... 53

2-7- تجهيزات وخلايا التخزين..... 54

2-8- الحفاظ على جودة الحبوب..... 74

2-9- ضبط الإصابة الحشرية..... 76

2-10- خلط مزائج المطحنة في التخزين..... 77

2-11- الإجراءات والتحكم..... 81

2-12- طرائق تخزين الحبوب..... 82

2-13- حساب سعة الصومعة..... 91

الفصل الثالث

تهوية الحبوب

3-1- تعريف التهوية..... 93

3-2- فوائد التهوية..... 94

3-3- الهدف من التهوية..... 95

3-4- آلية التهوية..... 95

3-5- النخل والنثر والتفريغ..... 98

3-6- عملية نظام التهوية..... 99

3-7- جدول التهوية الموسمي..... 100

3-8- عمل المروحة اليومي..... 102

3-9- عمل المروحة خلال فترات التبريد..... 103

3-10- عمل المروحة خلال فترة الثبات الشتوي..... 104

3-11- عمل المروحة خلال فترة التدفئة الربيعية..... 104

3-12- عمل المروحة خلال فترة الثبات الصيفي..... 105

الفصل الرابع

الكشف عن آفات الحبوب ومكافحتها

4-1- الكشف عن الإصابة الحشرية..... 108

4-2- مكافحة الحشرات..... 110

4-3- قوارض الحبوب المخزنة..... 123

4-4- مكافحة القوارض..... 124

الفصل الخامس

إدارة المخاطر

5-1- غبار الحبوب و خطر انفجار الصوامع..... 127

5-2- العوامل المسببة للانفجار الغباري..... 129

5-3- طرائق الوقاية من الانفجارات..... 129

5-4- تفادي الانغماس..... 131

تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية
المواقع و المراجع العلمية..... 139