التخزين في الأوساط الغازية

يعتبر التخزين في الأوساط الغازية المحددة التركيب الغازي من أفضل وأحدث طرق التخزين لمعظم أنواع الفاكهة حيث أثبتت هذه الطريقة فعالية عالية في إطالة فترات التخزين إضافة للمحافظة على الجودة المميزة للنوع والصنف .

الأسس النظرية للتخزين في الأوساط الغازية :

بينت الدراسات والتطبيقات العملية أن درجات حرارة تخزين الخضر والفواكه بالتبريد غالباً ما تكون منخفضة وتتراوح بين (- ١، +١°م) لضمان استمرار هذه المنتجات لفترات طويلة نسبياً بالتخزين مع المحافظة على مواصفاتها الاستهلاكية المطلوبة . ولكن تبين أن لهذه الدرجات المنخفضة والقريبة من الصفر المئوي تأثيرات جانبية على المادة المخزنة وخاصة تلك المنتجات الحساسة للانخفاض الشديد بدرجات الحرارة والتي تصاب عندها بالأضرار الفيزيولوجية والتي تسمى بأمراض التبريد . وذلك يعود أساساً لتسريع عمليات أكسدة مكونات الثمار وخاصة البوليفينولات بوجود التركيز العالي لغاز الأوكسجين بوسط التخزين (٢١%) . وهذا يحدث تغيرات في الاستقلاب الخلوي تؤدي إلى تدهور حالة الثمار .

لذلك توجه اهتمام الباحثين لاستخدام تقنيات أخرى إضافة لدرجات الحرارة المنخفضة تسمح بتفادي مخاطر التخزين التقليدية وبنفس الوقت تزيد من فترات تخزين منتجات الخضر والفاكهة مع المحافظة على مواصفات جودة عالية وهذا ما تمثل في تقنية التخزين بالأوساط الغازية . ويعتمد مبدأ استخدام هذه التقنية على التحكم بالعوامل الأخرى المؤثرة في شدة التنفس إضافة لدرجة الحرارة وبالتالي السيطرة القصوى على شدة العمليات الحياتية للثمرة وصولاً إلى إطالة فترة حياة الثمار وزيادة إمكاناتها التخزينية ما يؤدي إلى إطالة مدة التخزين .

إن العوامل الأساسية التي تحدد شدة التنفس هي درجة الحرارة وتركيز غاز الأكسجين المستهلك في عملية التنفس وتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس . وتبين أن انخفاض تركيز الأكسجين وارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون بوسط التخزين يخفض من معدل التنفس بشكل واضح . وبالتالي يمكن تعريف التخزين بالأوساط الغازية بأنه : استخدام مشترك لدرجات الحرارة المنخفضة وتغير بالتركيب الغازي لوسط التخزين يؤدي إلى تخفيض شدة التنفس إلى الحدود الدنيا والتي عندها تتباطأ عمليات النضج والشيخوخة بالشكل المطلوب ونتفادى فيه تأثير درجات الحرارة المنخفضة وذلك لإمكانية التخزين بدرجات حرارة أعلى من الصفر المئوي (+١ ، +٤°م) .

أسس تشكيل الأوساط الغازية :

من المعروف أن الجو العادي يحتوي أساساً على (٧٩%) غاز الآزوت (N_2) و(٢١%) غاز الأكسجين (O_2) . وعند التخزين بالتبريد يكون تركيز الغازات في وسط التخزين نفسه بالجو العادي كون نظام التخزين مفتوح وبالتالي التبادل الغازي مستمر بين الجو الخارجي ووسط التخزين وبالتالي نقص غاز O_2 الناتج عن التنفس يعوض مباشرة من الجو الخارجي وبنفس الوقت يخرج غاز CO_2 الناتج عن التنفس إلى الجو الخارجي . وهذا النظام يسمى التخزين بالوسط الطبيعي تميزاً عن التخزين بالأوساط الغازية والتي تحوي في وسط التخزين غاز CO_2 إضافة لغاز O_2 وN_2 وبنسب محددة ومدروسة مسبقاً بحيث تلائم طبيعة المنتجات المخزنة .

١ – تأثير ارتفاع نسبة غاز CO2 :

يظهر تأثير غاز CO_2 في كبح النشاط الحيوي للثمار إذا ارتفع تركيزه بالوسط بحدود (٢-١٠%) أما التراكيز الأعلى تؤدي إلى أضرار كبيرة للحاصلات المخزنة . وتختلف الحاصلات البستانية في مدى حساسيتها لارتفاع تركيز غاز CO_2 في وسط التخزين وتبعاً لذلك يمكن تقسيمها إلى أربع مجموعات:

الأولى : قليلة الحساسية : تتحمل تراكيز من غاز CO_2 حتى (١٠%) مثل الفليفلة – الشمام – بعض أصناف التفاح .

الثانية : متوسطة الحساسية : تتحمل تراكيز غاز CO_2 حتى (٥%) مثل : الخيار – التفاح– أرضي شوكي – بازيلاء – أرضي شوكي – الزهرة – البندورة .

الثالثة : عالية الحساسية : تتحمل تراكيز غاز CO_2 حتى (٣-٤%) مثل : الملفوف - الجزر – البندورة – بعض أًصناف التفاح – الإجاص .

الرابعة : حساسة جداً : تتحمل تراكيز غاز CO_2 حتى (٢-٣%) مثل : البطاطا – الخس – الإجاص الناضج .

٢ – تأثير انخفاض نسبة غاز O_2 :

تظهر فعالية انخفاض تركيز O_2 بوسط التخزين بوسط التخزين على خفض شدة التنفس والنشاط الحيوي في الثمار بانخفاض تركيزه عن (٢١%) إلا أنه مع اقتراب التركيز من (٣%) يتعاظم التأثير الكابح للأكسجين على شدة التنفس بمعنى أن الانخفاضات المتساوية المتتالية لتركيز غاز O_2 بالوسط تؤدي لتأثيرات مضاعفة في شدة التنفس . وعموماً يؤدي انخفاض تركيز غاز O_2 بالوسط عن (٢%) إلى حدوث عملية التنفس اللاهوائي وبالتالي تخمر وتدهور الثمار بسرعة وذلك يعود لطبيعة الحاصلات البستانية ومدى حساسيتها لانخفاض تركيز غاز O_2 وبالتالي يمكن تقسيمها تبعاً لذلك إلى ثلاث مجموعات:

الأولى : قليلة الحساسية : تتحمل انخفاض تركيز O_2 حتى أقل قليلاً من(١%) مثل : الخس – الثوم – الكرز .

الثانية : متوسطة الحساسية **:** تتحمل انخفاض تركيز O_2 حتى (١-٢%) مثل: الإجاص – الفريز – الدراق – الموز الأخضر – الشمام – الأرضي شوكي – الملفوف – البندورة الخضراء – الزهرة – كرفس .

الثالثة : عالية الحساسية : تتحمل انخفاض تركيز O2 حتى (٥%) حسب النوع والصنف مثل البندورة الحمراء – الموز الناضج – البرتقال – الليمون – التفاح – الفليفلة .

أنظمة التخزين في الأوساط الغازية :

بشكل عام تقسم أنظمة التخزين في الأوساط الغازية إلى ثلاثة أشكال رئيسية :

١ – الوسط العادي : ويكون فيه مجموع تركيز غازي O_2 وCO_2 (٢١%) كما هو عليه الأكسجين في الوسط الطبيعي وعادة ما يكون تركيز الأكسجين (١١-١٦%) وما تبقى يشغله غاز N_2 وCo2. وهذا الوسط يستخدم في تخزين الأنواع والأصناف القليلة الحساسية لارتفاع غاز CO_2 مع تعذر استخدام الأنظمة الأخرى .

٢ – الوسط الشبه العادي : وفيه يكون مجموع غازي O_2 وCO_2 لا يزيد عن (١٠%) والباقي يشغله غاز N_2 وفي هذا الشكل يمكن تمييز أكثر الأنظمة استخداماً وهي :

(CO_2 (٥%) وO_2 (٣%) – O_2 (٥%) وCO_2 (٣%) – O_2 (٣%) وCO_2 (٣%) .

أما باقي هواء المخزن فيشغله غاز N_2 في هذه الأنظمة . ويعتبر النظام الأول (٥% CO_2 و٣% O_2) أكثر هذه الأنظمة انتشاراً ويناسب عدد كبير من أصناف الفاكهة والخضار لذلك تنصح به منظمة الأغذية العالمية.

- الوسط الآزوتي : وهذا الوسط تقريباً خالٍ من غاز CO_2 ويشكل تركيز غاز O_2 فيه (٣-٥%) وذلك تبعاً للنوع والصنف والباقي يشغله الآزوت . ويستخدم هذا الشكل من الأنظمة في تخزين الأنواع والأصناف الحساسة جداً لوجود غاز CO_2.

إن الكثير من التجارب أثبتت أن درجة الحرارة المثلى في الأوساط الغازية أعلى من الصفر وتتراوح من (٠ حتى +٤°م) وذلك تبعاً للنوع والصنف.

أما فيما يتعلق بالرطوبة النسبية الملائمة لتخزين الثمار في الأوساط الغازية يجب أن تكون في حدود (٩٠-٩٥%)

طرق تشكيل الأوساط الغازية :

١ – طرق التشكيل الداخلية : الشكل (١-٩) وفيها يتم تشكيل الوسط الغازي المطلوب اعتماداً على النشاط الفيزيولوجي للثمار من خلال عملية التنفس حيث تستهلك الحاصلات المخزنة في عبوات أو حجر مغلقة الأكسجين الموجود في جو التخزين وتطرح فيه ثاني أكسيد الكربون ونتيجة لذلك يرتفع تدريجياً تركيز CO_2 وينخفض تركيز O_2 في وسط التخزين إلى أن يصل تركيز كل من الغازين للحدود المطلوبة عندها تبدأ عملية التحكم بنسبة الغازات في وسط التخزين للمحافظة على التركيب الغازي الذي تم تشكيله .

٢ – طرق التشكيل الخارجية : وفي هذه الطرق يتم تشكيل الوسط الغازي المطلوب خارج غرف التخزين ثم يرسل جاهزاً إلى وسط التخزين وتشكيل الوسط الغازي خارج الغرف يتم بإحدى الطرق التالية :

آ – استخدام مولدات الغاز : وهي عبارة عن غرفة احتراق تعمل على حرق غاز البروبان أو غازات أخرى قابلة للاحتراق في موقد خاص وبوجود الهواء حيث تحترق الغازات بوجود الأكسجين بدون لهب بوجود عامل وسيط وينتج عن الاحتراق غاز CO_2

ب – استخدام أسطوانات الغاز : حيث تستخدم أسطوانات الغاز المضغوطة لكل من الغازات : CO_2، O_2 ، N_2 بوجود حجرة لمزج هذه الغازات بالنسب اللازمة وباستخدام جهاز قياس الغازات يمكن الوصول إلى المزيج المطلوب .

طرق التحكم بالوسط الغازي :

بعد تشكيل نظام التخزين بالوسط الغازي والوصول إلى التراكيز المناسبة من الغازات في جو التخزين. لا بد من اتباع آلية للمحافظة على النظام المحدد من التغير . وتختلف تقنيات تنظيم الوسط الغازي ويمكن تقسيمها إلى نوعين :

النظام الأول : التخزين في جو متحكم به Controleol Atmosphere :

وفي هذا النوع من التحكم بتراكيز الغازات في أوساط التخزين غالباً ما يتم بشكل آلي وبمساعدة الأجهزة اللازمة وبالتالي يمكن التحكم بدقة كبيرة في تركيب الوسط الغازي . حيث يتم التخلص من غاز CO_2 الزائد (الذي يتراكم بالوسط نتيجة لعملية تنفس الثمار) بواسطة الأجهزة الماصة لهذا الغاز أو ما يسمى بأجهزة غسل الغازات (Serobber) أو محطات التنقية. وغالباً ما يستخدم في محطات التنقية مواد كيميائية لها القدرة على امتصاص غاز CO_2.

وما يميز التخزين في الجو المتحكم به وجود ثلاث عوامل مجتمعة تؤثر في المادة المخزنة وهي خفض درجة الحرارة ورفع تركيز غاز CO_2 وخفض تركيز غاز O_2 . وبالتالي يعتبر التخزين في الجو المتحكم به الطريقة المثلى للتخزين في الأوساط الغازية . إلا أن تطبيق هذه التقنية مكلف ويحتاج إلى استثمار رساميل كبيرة كونها تحتاج لإنشاء برادات بمواصفات خاصة من البناء والعزل والأجهزة والمواد المؤتمتة والأيدي العاملة الخبيرة.

النظام الثاني : التخزين في جو هوائي معدل Mollified Atmosphere :

هذا النوع من التخزين يعتبر أبسط طرق التخزين في الأوساط الغازية لسهولة تطبيقه وقلة استخدام الأجهزة والأتمتة ويتم تشكيل الوسط المعدل نتيجة لعملية تنفس الثمار فترتفع نسبة غاز CO_2 وتنخفض نسبة غاز O_2 وبعد تحقيق نظام التخزين المطلوب يتم التحكم بتراكيز الغازات بطرق عادية وبسيطة ومن هذه الطرق :

آ – تخزين الثمار بالتغليف برقائق البولي إتيلين : وتتميز رقائق البولي إتيلين بنفوذيتها المحددة لغازات (O_2) و(CO_2) ولبخار الماء والآزوت . كما تتميز هذه الرقائق باختلاف سرعة إمرارها للأكسجين عنها لغاز ثاني أكسيد الكربون ويتم اختيار رقائق البولي إتيلين بحيث لا تكون نفوذيتها عالية لأن ذلك يصعب من الحفاظ على الوسط الغازي المطلوب داخلها وكذلك يجب أن لا تكون عديمة النفوذية بشكل كامل حيث يؤدي ذلك إلى ارتفاع محتوى غاز (CO_2) بالوسط عن الحدود المسموحة . وتبين أن نفوذية رقائق البولي إتيلين تتوقف على سماكة الرقائق فكلما كانت رقيقة كلما كانت نفوذيتها عالية ولقد لاقت رقائق البولي إتيلين ذات السماكات (٣٥-٦٠) ميكروناً انتشاراً واسعاً في مجالات تخزين الحاصلات الزراعية

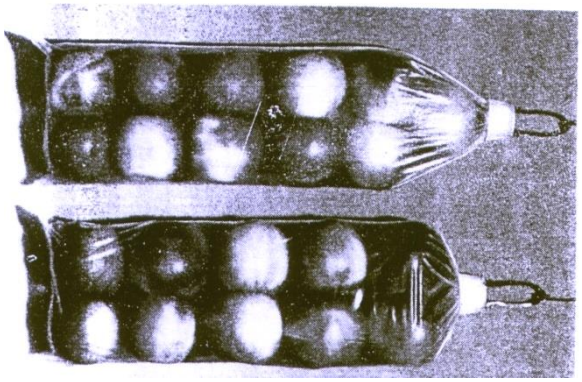
يمكن باستخدام رقائق البولي إتيلين تشكيل أنواع مختلفة من العبوات والحاويات وبحسب المتطلبات التكنولوجية . فمثلاً يمكن تشكيل أكياس صغيرة تتسع لواحد أو لعدة كيلو غرامات من المحصول كما يمكن تشكيل عبوات لاحتواء عدد من الصناديق وفي كل الحالات تغلق العبوات وتحكم تماماً بعد التغليف وعادة عن طريق لحام أطرافها الحرة حرارياً (بدرجة حرارة ١١٠-١٥٠°م) . **ب – استخدام نوافذ التبادل الغازي :** وهذه تعتبر الشكل المتطور لطريقة التخزين في رقائق البولي إتيلين . ولذلك تعتمد هذه الطريقة على تخزين الثمار ضمن حاويات مغلفة برقائق البولي إتيلين غير النفوذ للغازات أو ذو نفاذية منخفضة جداً . بحيث يتم حصر التبادل الغازي مع الوسط المحيط بالحاوية عبر نافذة معينة يمكن حساب نفوذيتها للغازات بدقة في حيث لا يشترك بقية سطح المغلف بعملية التبادل وبالتالي يمكن أن يكون الغلاف من أية مادة بلاستيكية وبأي ثخانة شرط أن يكون كتيماً غير نفوذ للغازات ويمكن إحكامه . وكثيراً ما تستخدم رقائق البولي إتيلين ذات السماكات الكبيرة (١٠٠-٢٠٠ ميكرون) لتغليف الحاويات .

بعد التعبئة تغلف الحاويات وتحكم تماماً ثم يفتح في جدارها نافذة وتغلق برقيقة بشكل محكم (تلصق الرقيقة بشكل تغطي النافذة بإحكام) وهذه الرقائق (نوافذ التبادل الغازي) مصنعة من مواد مثل : السيليكون العضوي أو الكاوتشوك الطبيعي وتتميز هذه المواد بنفوذيتها المختلفة والاصطفائية للغازات.

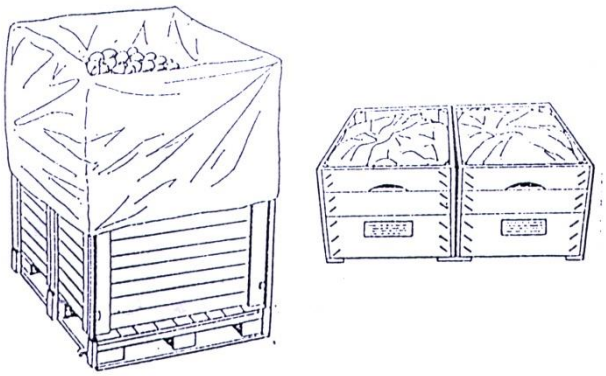
مزايا استخدام التخزين في الأوساط الغازية بشكل عام :

– تخفيض شدة التنفس وهدم المواد الادخارية – تخفيض حدة التغيرات البيوكيميائية وعمليات الأكسدة وبالتالي تأخير ظهور الأمراض الفيزيولوجية ومظاهر التدهور المختلفة – إعاقة تكوين المواد الطيارة وغاز الأتيلين – المحافظة على مواصفات جودة عالية – بقاء الثمار بعد إخراجها

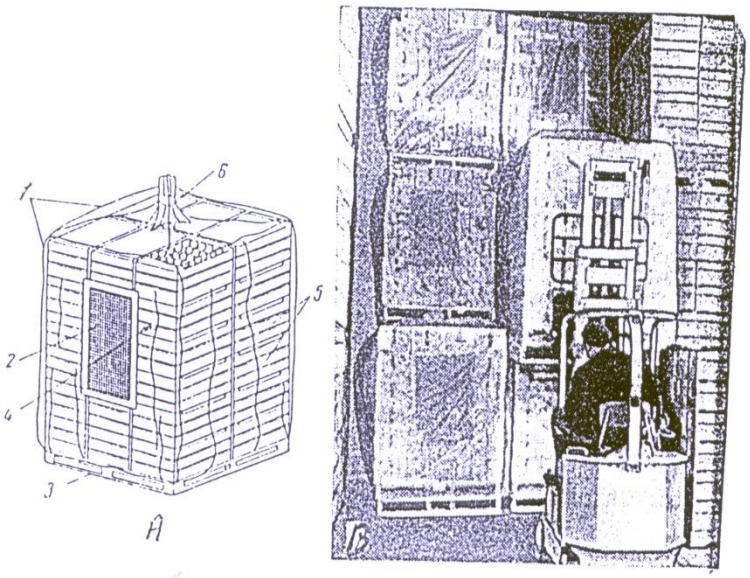
من التخزين في حالة جيدة فترة أطول من تلك في التبريد العادي ٦ – انخفاض النسبة المئوية للفقد بالوزن – انخفاض نسبة الإصابة بالأمراض الميكروبيولوجية – إطالة فترات تخزين الحاصلات البستانية خاصة تلك ذات القابلية الجيدة للتخزين .



تخزين التفاح في أكياس من البولي ايتلين



عبوات خشبية مبطنة بالبولي يتيلين



حاوية من البولي ايتلين مزودة لمبادل غازي