الفصل الرابع عشر

التعبئة والتخزين والشحن فى جو معدل

إن الجو المعدل modified atmosphere (اختصارًا: MA) هو الجو الذى ينخفض فيه تركيز الأكسجين عن التركيز الطبيعى (٢١٪)، ويزيد فيه تركيز ثانى أكسيد الكربون عن التركيز الطبيعى (٠,٠٣٪)، ولكن لا يتم التحكم فى نسب الغازين بصورة دقيقة كما فى حالة الجو المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere (اختصارًا: CA – موضوع الفصل الثالث عشر).

ويتم توفير الجو المعدل بعدة وسائل – هى موضوع هذا الفصل – وأكثرها شيوعًا التعبئة فى عبوات من أغشية خاصة تسمح بنقص تركيز الأكسجين فى هواء العبوة – تدريجيًا – إلى المستوى المناسب، فى الوقت الذى يزيد فيه – تدريجيًا كذلك – تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء العبوة إلى المستوى المناسب، وتعرف تلك العبوات باسم "عبوات الجو المعدل" modified atmosphere packages (اختصارًا: MAP).

إن تعبئة الخضر والفاكهة الطازجة فى عبوات الجو المعدل يعنى بها وضع المنتجات النشطة فى التنفس داخل عبوات من أغشية بوليمرية polymeric films مع لحامها لكى يصبح الهواء داخل العبوة معدلاً مع تنفس المنتج بداخلها؛ حيث ينخفض تركيز الأكسجين، ويزداد فى الوقت ذاته تركيز ثانى أكسيد الكربون؛ فينخفض بذلك أيض المنتج وما قد يوجد به من مسببات مرضية؛ فتزداد فترة تحمله للتخزين. وإلى جانب ذلك التأثير للـ MAP فإنها تعمل على تحسين المحافظة على رطوبة المنتج، التى قد يكون لها تأثير أكبر على حفظ جودته عن تأثير الهواء المعدل. هذا إلى جانب أن العبوات تعزل المنتج عن الجو الخارجى؛ بما يمنع تعرضه لأى ملوثات مرضية خارجية (Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

وتستعمل لذلك أغشية رقيقة نسبيًا (١٠ ميكرون) لتوفير حاجز أمام فقد بخار الماء دون التأثير فى انتشار أى من الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون أو الإثيلين.

نظريات تكوين الجو المعدل فى عبوات الجو المعدل

عندما يُحكم إغلاق وزن معين من المنتج الطازج داخل عبوة بلاستيكية، فإنها تستهلك ما بداخل العبوة من أكسجين – تدريجيًا – فى الوقت الذى تُنتج فيه ثانى أكسيد الكربون بفعل التنفس. ومع انخفاض تركيز الأكسجين بداخل العبوة إلى أقل من ١٠٪ ينخفض معدل التنفس وينخفض معه استهلاك الأكسجين. وفى الوقت ذاته يتحرك الأكسجين الخارجى من خلال غشاء العبوة إلى داخلها، فى الوقت الذى ينتشر فيه ثانى أكسيد الكربون نحو الخارج. وتكون حركة الأكسجين وثانى أكسيد الكربون عبر الغشاء متناسبة مع الانخفاض فى تركيز الأكسجين والزيادة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون.

هذا إلا أن معدل استنفاد الأكسجين يعتمد على العوامل التالية:

١– وزن المنتج فى العبوة.

٢– درجة الحرارة.

٣– معدل تنفس المنتج، وهو الذى يختلف – طبيعيًا – باختلاف المنتج والصنف وظروف الإنتاج، وظروف الإنتاج، ومعاملات التداول بعد الحصاد.

٤– معدل انتشار غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون خلال غشاء العبوة؛ الأمر الذى يتوقف على ضغط غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون داحل وخارج العبوة.

يتوقف معدل حركة الأكسجين خلال الغشاء على مساحة مسطح العبوة، وسمك الغشاء وطبيعته الكيميائية. ويمكن زيادة نفاذية الغشاء بتثقيبه بثقوب دقيقة (كما فى المنتج التجارى LifeSpan) تسمح بنفاذ الأكسجين إلى داخل العبوة بالقدر المناسب.

ويحدث الثبات فى محتوى هواء الـ MAP عندما يكون استهلاك المنتج داخل العبوة من الأكسجين مساوٍ لما يمر من خارج العبوة إليها، وعندما يكون إنتاج المنتج من ثانى أكسيد الكربون مساوٍ لما يمر منه خلال غشاء العبوة إلى الهواء الخارجى؛ الأمر الذى يحدث عند ثبات معدل التنفس. وهذه العملية يمكن التحكم فيها بتعديل مخلوط الغازين فى هواء العبوة وقت إحكام غلقها.

ولدرجة الحرارة تأثيرها ليس فقط على معدل تنفس المنتج المعبأ، ولكن كذلك على مدى نفاذية غشاء العبوة لكل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، حيث تزداد بشدة مع ارتفاع درجة الحرارة (Beaudry ٢٠٠٠، و Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

ويتم التحكم فى حرارة المنتج داخل الـ MAP بتمرير الهواء البارد حول العبوات، علمًا بأن الغشاء وما بداخله من هواء يمنعا توصيل الحرارة ويبطئان من كفاءة عملية التبريد. ولذا ..يجب ألا تزيد المسافة بين الغشاء الخارجى ومركز المنتج المعبأ فيها عن قدر معين للمحافظة على برودة المنتج؛ الأمر الذى يتناسب عكسيًّا بزيادة معدل تنفس المنتج، فبينما يجب ألا تزيد تلك المسافة عن ١٤سم فى البروكولى للمحافظة على حرارته على ١°م، فإنها يمكن أن تزيد فى الكمثرى إلى ٥٠سم (عن Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

إن أصعب ما فى تقنية عبوات تحوير الجو MAP هو التوصل إلى الجو الثابت المناسب داخل العبوة؛ ذلك لأن ذلك الجو دائم التغيير ويصعب التحكم فيه.

وتعد الحرارة أكثر العوامل المؤثرة فى حالة توازن الجو. ولسوء الحظ فإن سلسلة التبريد لا يُحافظ عليها بصورة دائمة خلال كل مراحل التسويق. ويؤدى كسر تلك السلسلة فى أى مرحلة – مثل أثناء التحميل أو التفريغ – إلى رفع حرارة المنتج، ويؤدى ذلك الارتفاع – ولو لدرجات قليلة – إلى زيادة معدل التنفس وانخفاض تركيز الأكسجين تحت المستوى الموصى به؛ مما قد يحفز التنفس اللاهوائى، مع ما يرافق ذلك من تكوين طعم كحولى غير مرغوب فيه، وعدم صلاحية المنتج للتسويق.

إن أفضل تأثير للجو المعدل فى زيادة فترة الصلاحية للتخزين هو عندما يكون تركيز الأكسجين عند أقل مستوى ممكن لا يسمح بحدوث تنفس لاهوائى؛ الأمر الذى يحمل معه أكبر المخاطر. فإذا ما ازداد معدل التنفس كنتيجة لحدوث ارتفاع بسيط فى درجة الحرارة، فإن مستوى الأكسجين سوف ينخفض عن الحد الحرج، ويحدث – بالتالى – التنفس اللاهوائى. ويحدث الأمر ذاته فى الجو الذى تكون فائدته مردها إلى تركيز ثانى أكسيد الكربون المرتفع، حيث يؤدى الارتفاع فى درجة الحرارة إلى زيادة

معدل التنفس وازدياد تركيز ثانى أكسيد الكربون عن الحد الحرج؛ الأمر الذى يؤدى إلى حدوث أضرار بالمنتج (Jobling ٢٠٠٧أ).

ويتأثر تركيز مختلف الغازات (الأكسجين وثانى أكسيد الكربون والإثيلين) داخل أنسجة المنتج الطازج بعملية تبادل الغازات بين الأنسجة وخارجها تبعًا للمعادلة التالية:

$$-ds/dt = (C_{in} - C_{out})\ DR$$

حيث إن:

-ds/dt : معدل انتقال الغاز خارج المنتج.

C_{in} : تركيز الغاز داخل أنسجة المنتج.

C_{out}: تركيز الغاز خارج أنسجة المنتج.

D: معامل انتشار الغاز فى الهواء.

R: ثابت خاص بكل محصول.

وتنتج الشركات أغشية يمكنها إطالة فترة صلاحية المنتجات الطازجة للتخزين. ومنها Maxifresh، و Gelpack، و Xtend (Thompson ١٩٩٨).

آليات تعديل الهواء فى عبوات الجو المعدل

إن تعديل مكونات هواء العبوة قد يتم بطريقة سلبية من خلال تنفس المنتج المعبأ واستهلاكه للأكسجين وإطلاقه لثانى أكسيد الكربون، أو بطريقة نشطة يتم فيها إحلال هواء العبوة بآخر ذات تركيزات محددة من كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون والنيتروجين. وتختلف المنتجات فى مدى تحملها لكل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون.

أولاً: الآلية السلبية

يتغير تركيب الهواء فى الآلية السلبية بفعل تنفس المنتج. وذلك بمعدل يعتمد على تنفس المنتج وخصائص الغشاء، إلى أن نصل إلى حالة تعادل بين نفاذ الغشاء للأكسجين واحتياجات تنفس المنتج من الغاز.