الفصل الخامس

حفظ الأغذية بالتجفيف

الدكتور محمود على بخيت

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الخامس

حفظ الأغذية بالتجفيف

مقدمة:

الهدف الرئيسي من عملية التجفيف هو حفظ الغذاء لفترات طويلة حيث أنه من المعروف أن الأنشطة الميكروبية وكذلك التفاعلات الإنزيمية والميكروبية تحدث فقط عند توافر كمية كافية من الماء وبالتالي فإن خفض المحتوي المائي للأغذية إلى حدود معينة كما سبق أن عرفنا يؤدي إلى منع أو إبطاء هذه الأنشطة والتفاعلات المسببة لفساد الغذاء وفقد عناصر الجودة به وكذلك التأثير على قيمته الغذائية.

وبجانب تحقيق هذا الهدف فإن حفظ الغذاء بالتجفيف يحقق مزايا أخرى أهمها تقليل الوزن والحجم نتيجة التخلص من أغلب الماء الموجود بالغذاء وهذا بدوره يؤدي إلى خفض تكاليف التعبئة والنقل والتخزين وتبرز أهمية ذلك بصفة خاصة أثناء الحروب أو المجاعات أو حدوث كوارث بيئية مثل الزلازل والأعاصير.

كذلك تمتاز الأغذية المجففة بسهولة تخزينها حيث لا يتطلب الأمر أكثر من مكان نظيف وجاف وخالي من الحشرات والقوارض بينما تحتاج الأغذية المحفوظة بالتجميد مثلاً إلى تخزينها في المجمدات والمحافظة عليها في صورتها المجمدة حتى يتم استهلاكها مع ضرورة التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية في جو التخزين طوال فترة تخزينها وإلا تتعرض للتلف أو الفساد إذا ارتفعت درجة الحرارة وأدى ذلك إلى انصهارها.

بالإضافة إلى ما سبق فإن عملية التجفيف تمتاز بانخفاض التكاليف المطلوبة لإجرائها بالمقارنة بطرق الحفظ الأخرى مثل التعليب أو التجميد خاصة في حالة التجفيف الشمسي كما أنها لا تتطلب استخدام خامات أخرى مثل السكر أو الملح أو عبوات ذات طبيعة خاصة كما في حالة الأغذية المعلبة.

هذا وأحياناً تجرى عملية التجفيف بهدف الحصول على منتجات جديدة أكثر ملائمة مثل إنتاج القهوة سريعة الذوبان وكذلك بيورية البطاطس سريعة التحضير حيث يتم في مثل

هذه الحالات إجراء عمليات الإعداد والطبخ والتخمير قبل التجفيف وعند الاستهلاك لا يحتاج الأمر أكثر من إضافة الماء مع المزج الجيد أو التقليب.

على الرغم من المزايا السابق ذكرها فإن حفظ الأغذية بالتجفيف له بعض العيوب أهمها:

1) نظرا لاستخدام الحرارة في عملية التجفيف فإن بعض العناصر الغذائية تتعرض للفقد والتدهور حيث يحدث فقد في بعض الفيتامينات مثل فيتامين ج وفيتامين أ والثيامين وكذلك فقد في بعض مكونات الطعم والرائحة كما تحدث بعض التغيرات في القوام وقد يتأثر لون بعض المواد الغذائية نتيجة التجفيف خاصة تلك الغنية بالبروتين والمواد السكرية حيث يحدث التلون البني لهذه المنتجات نتيجة لتفاعل الأحماض الامينية والسكريات المختزلة. وبالاضافة إلى هذا فإن الخطوات التصنيعية السابقة لعملية التجفيف نفسها تؤدي أيضا إلى حدوث بعض الفقد في العناصر الغذائية وبالتالي تتأثر صفات الجودة بصفة عامة ويعتمد هذا أيضاً على طريقة التجفيف المستخدمة.

2) انخفاض فترة الصلاحية Shelf life للأغذية المجففة مقارنة بطرق الحفظ الأخرى نظراً لاستمرار حدوث بعض التفاعلات الكيميائية أثناء التخزين وبالتالي استمرار الانخفاض في صفات وخصائص الجودة تدريجيا.

3) تحتاج معظم المواد الغذائية إلى اعادة ترطيبها قبل الاستهلاك ويحتاج هذا إلى وقت طويل نسبيا حتى تصبح أقرب ما يمكن للصورة الطازجة.

4) نظراً إلى أن درجة الحرارة التي تستخدم عادة في تجفيف الأغذية ليست عالية بالدرجة الكافية بحيث يمكن القضاء على كل الأحياء الدقيقة الموجودة ونظراً إلى أن عملية ترطيب الأغذية المجففة تستغرق وقتا طويلاً نسبياً فإن الفرصة تصبح متاحة لنمو الأحياء الدقيقة مرة أخرى ومما يزيد من خطورة هذا الأمر أن بعض الأحياء الدقيقة المرضية مثل Staphylococcus aureus لا تتأثر بعملية التجفيف ويمكنها أن تسبب حدوث التسمم الغذائي من استهلاك الأغذية المجففة.

وهكذا نرى أن المعادلة الصعبة في عملية التجفيف تتمثل في أن يتحتم الوصول إلى مستوى رطوبة منخفض للحصول على درجة ثبات عالية أثناء التخزين مع أقل تغيرات في

خواص الغذاء بقدر الإمكان وقد يتطلب تحقيق ذلك زيادة التكلفة كما سنرى في بعض طرق التجفيف وعموماً فإن جودة المنتج والتكلفة الاقتصادية وجهان لعملة واحدة خاصة مع الأغذية الحساسة للمعاملات الحرارية.

خطوات صناعة التجفيف:

تبدأ خطوات عملية التجفيف بجمع المحصول عند درجة النضج المناسبة والاستلام والوزن ثم إجراء عمليات الفرز الأولى والغسيل بالطريقة المناسبة لنوع الثمار ثم الفرز الثانوي – بعد ذلك يتم إعداد وتجهيز الثمار في الصورة الملائمة لعملية التجفيف وقد تحتاج بعض الثمار مثل العنب والبرقوق إلى معاملة خاصة لإزالة الطبقة الشمعية التي تغطيها حيث أن تلك الطبقة تعوق خروج الماء من الثمار أثناء عملية التجفيف. ويتم ذلك بغمر الثمار في محلول قلوي ساخن من الصودا الكاوية تركيزه حوالي 0.5٪ أو أقل لمدة تختلف حسب نوع الثمار ودرجة حرارة المحلول وتختلف هذه المعاملة عن تلك السابق الإشارة إليها في طريقة التقشير بالقلوي. وأخيراً تجرى عملية الكبرتة أو السلق أو كلاهما إذا اقتضى الأمر ذلك وهنا تصبح المادة الخام مجهزة لإجراء عملية التجفيف نفسها باستخدام الطريقة المناسبة.

وقبل أن نتعرض للطرق المختلفة المستخدمة في عملية التجفيف لابد من معرفة الأسس العلمية التي تقوم عليها عملية التجفيف وإزالة الماء من الأغذية والعوامل المختلفة التي تتحكم في هذه العملية.

1- انتقال الحرارة والكتلة:

أيا كانت طريقة التجفيف المستخدمة فإن التجفيف يتم من خلال عمليتين متلازمتين تحدثان في نفس الوقت وهما اكتساب الغذاء للحرارة وفقد الغذاء للرطوبة وقد تكون الظروف المستخدمة في عملية التجفيف مناسبة أكثر لإحدى هاتين العمليتين عن الأخرى فمثلاً إذا تم وضع الغذاء بين لوحين ساخنين فإن هذا سوف يحقق اتصال جيد للغذاء مع الحرارة من أعلى ومن أسفل وهذا قطعاً سوف يسرع من انتقال الحرارة داخل الغذاء ولكنه في الوقت نفسه سوف يقلل من كفاءة خروج الماء من الغذاء المراد تجفيفه.

وهكذا يصبح من الأفضل الأكتفاء بسطح ساخن أسفل الغذاء وترك السطح العلوى للغذاء حراً للسماح بخروج الماء بالمعدل المناسب.

2- مساحة السطح:

كلما كان الغذاء المراد تجفيفه مجهزاً في صورة قطع صغيرة أو طبقات رقيقة فإن هذا سوف يؤدي إلى زيادة معدل انتقال الحرارة والكتلة وذلك نظراً لأن زيادة مساحة السطح المعرض تحقق إتصال أفضل مع وسط التسخين وكذلك مساحة أكبر يتم خروج الماء منها كما أن الأجزاء الصغيرة أو الطبقات الرقيقة تساعد على تقليل المسافة التي تقطعها الحرارة للوصول إلى المركز وكذلك بالنسبة لخروج الماء.

3- درجة الحرارة:

كلما زاد الفرق في درجة الحرارة بين الغذاء ووسط التسخين كلما ساعد ذلك على زيادة معدل انتقال الحرارة داخل الغذاء وهذا يعطي دفعة قوية لخروج الماء وإذا كان وسط التسخين عبارة عن الهواء فإن ارتفاع درجة حرارة الهواء يؤدى إلى زيادة كمية الرطوبة التي يمكن أن يحملها قبل الوصول إلى درجة التشبع.

4- حركة الهواء:

بالإضافة إلى سخونة الهواء التي تزيد من كفاءته في حمل الرطوبة فإن الهواء المتحرك ذو السرعة العالية سوف يذهب بالرطوبة بعيداً عن الغذاء وبالتالي لا يتكون جو مشبع ببخار الماء حول الغذاء الأمر الذي لو حدث سوف يؤدى إلى تقليل معدل خروج الماء من الغذاء.

5- رطوبة الهواء:

عندما يكون الهواء هو وسط التجفيف فإن معدل التجفيف سوف يتأثر بمقدار الرطوبة الموجودة أصلاً في الهواء حيث أن الهواء الرطب سوف يتشبع بسرعة وبالتالي يحمل كمية أقل من الرطوبة بالمقارنة بالهواء الجاف بالإضافة إلى ذلك فإن درجة جفاف الهواء تؤثر أيضاً على مستوى الرطوبة الممكن الوصول إليه عند تجفيف الغذاء حيث أن الغذاء المجفف يصبح محباً للرطوبة وكل غذاء له درجة رطوبة نسبية متوازنة خاصة به عند درجة حرارة معينة

obeikandl.com

وعندما يصل إليها لا يفقد أو يمتص رطوبة إلى أو من الجو المحيط وقبل الوصول إليها يستمر الغذاء في فقد الرطوبة والجفاف بالتالي بينما زيادة الرطوبة في الجو المحيط عن الرطوبة النسبية المتوازنة للغذاء يؤدي إلى اكتسابه للرطوبة. ومعرفة هذا الأمر ضرورية جداً للتحكم في درجة الرطوبة النهائية للمنتج المجفف ويمكن تحديد الرطوبة النسبية المتوازنة لكل غذاء على درجات الحرارة المختلفة عن طريق تعريض الغذاء المجفف إلى مستويات مختلفة من الرطوبة الجوية في إناء محكم ثم وزنه بعد عدة ساعات حتى نصل إلى مستوى الرطوبة الذي عنده لا يفقد الغذاء أو يكتسب أي رطوبة إلى أو من الجو المحيط. فمثلاً نجد أن البطاطس عند تجفيفها بالهواء على درجة حرارة 100° م ورطوبة الهواء النسبية 40٪ فإن المنتج النهائي سوف تكون رطوبته حوالي 4٪ فإذا أردنا خفض هذه الرطوبة إلى 2٪ فقط يستلزم ذلك استخدام هواء ساخن درجة حرارته 100° م ورطوبته النسبية 15٪ وهكذا يمكن من خلال التجارب عمل المنحنيات التي تحدد ظروف التجفيف لكل غذاء من حيث درجة الحرارة المستخدمة وكذلك الرطوبة النسبية للجو المحيط للوصول إلى المحتوى الرطوبي المطلوب للمنتج النهائي. وجدير بالذكر أن أهمية الرطوبة النسبية للغذاء لا تقف عند حدود عملية التجفيف ولكنها تؤثر أيضاً على المنتج المجفف أثناء التخزين فمثلاً إذا كان الغذاء معبأ في عبوات ليست مانعة لنفاذ الرطوبة وتم التخزين في جو رطوبته أعلى من الرطوبة النسبية المتوازنة للغذاء فإن هذا سوف يؤدي إلى اكتساب الغذاء للرطوبة من الجو المحيط وبالتالي تعرضه للتلف أو الفساد.

6- *الضغط الجوي والتفريغ:*

من المعروف أن الماء يغلي على درجة 100° م عندما يكون الضغط الجوي مساوياً 760 ملليمتر زئبق ويمكن خفض درجة الغليان عن طريق خفض الضغط الجوى وهو ما يسمى بالتفريغ وهكذا فإن إجراء عملية التجفيف تحت تفريغ سوف يؤدى إلى فقد الرطوبة على درجات حرارة أقل وعند تثبيت درجة الحرارة فإ خفض الضغط سوف يؤدي إلى زيادة معدل الغليان وذلك بالمقارنة بالضغط الجوي العادي. وكما هو معروف فإن درجة حرارة التجفيف المنخفضة وكذلك زمن التجفيف القصير ضروريان للمحافظة على جودة الغذاء خاصة في حالة الأغذية الحساسة للحرارة.

7- الزمن ودرجة الحرارة:

حيث أن معظم طرق التجفيف تعتمد على استخدام الحرارة كما أن مكونات الأغذية حساسة للحرارة فإنه لابد من وجود توافق بين أعلى معدل تجفيف ممكن والجودة وعموماً فإن التجفيف على درجات حرارة عالية وزمن قصير ينتج عنه تغيرات أقل في الغذاء بالمقارنة بالتجفيف على درجات حرارة منخفضة لزمن أطول فمثلاً قطع الخضروات المجففة بالفرن لمدة 4 ساعات كانت جودتها أفضل بالمقارنة بتلك المجففة شمسياً لمدة يومين.

8- التبخير ودرجة حرارة الغذاء:

عندما يتبخر الماء من سطح الغذاء فإن درجة حرارة السطح تنخفض وذلك لأن الماء يمتص الحرارة الكامنة اللازمة لتحويله من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية من وسط التسخين وكذلك من الغذاء الساخن وهكذا تنخفض درجة حرارتها وهكذا نجد أنه في التجفيف باستخدام الرذاذ فإن درجة حرارة الهواء المستخدم في التسخين والداخل إلى المجفف تكون حوالي 200° م بينما الهواء الخارج تكون درجة حرارته حوالي 120° م ولا تتعدى درجة حرارة حبيبات الغذاء أثناء التجفيف 70° م ومع انخفاض المحتوى الرطوبي لحبيبات الغذاء وانخفاض معدل التبخير ترتفع درجة حرارة الحبيبات وهكذا حتى تصل درجة حرارتها إلى نفس درجة حرارة الهواء الخارج والإثنان تقترب درجة حرارتهما في النهاية من درجة حرارة الهواء الداخل، ولأن معظم الأغذية حساسة للحرارة فلابد من اخراجها من المجفف وإيقاف عملية التجفيف قبل أن تصل إلى هذه المرحلة. وجدير بالذكر أن الغذاء لا يصبح معقماً في نهاية عملية التجفيف بالرغم من أن أعداداً كبيرة من الميكروبات تموت بتأثير الحرارة المستخدمة لأن أعداداً كبيرة من جراثيم البكتريا تظل موجودة ويزداد عددها أكثر في حالة التجفيف على درجات حرارة منخفضة بالنسبة للأغذية الحساسة للحرارة فمثلاً في التجفيد حيث يحدث تبخير الماء من الغذاء من الحالة المجمدة وتحت تفريغ عن طريق ظاهرة التسامي نجد أن أعداد الأحياء الدقيقة التي تموت يكون قليلاً ولهذا يستخدم التجفيد كثيراً كطريقة مناسبة للمحافظة على حيوية المزارع البكتيرية.

وهكذا يتضح مما سبق أن عملية انتقال الحرارة والكتلة أثناء عملية التجفيف تتأثر كثيراً بخصائص وسط التسخين المستخدم مثل درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء وكذلك تتأثر

بمساحة السطح المعرض من الغذاء وكل هذا يمكن التحكم فيه بسهولة وذلك من خلال التصميم المناسب للمجفف ولكن على العكس من ذلك فإن خصائص الغذاء أيضاً لها تأثير كبير على عملية التجفيف خاصة وأن هذه الخصائص تتعرض لحدوث تغيرات جوهرية أثناء التجفيف تؤثر على معدل التجفيف وكذلك على جودة المنتج النهائي وهذا ما سوف نتعرض له فيما يلي:

تأثير خصائص الغذاء على عملية التجفيف:

1 - التجانس:

قليل من الأغذية تقترب من التجانس على مستوى الجزئيات وهذا بالقطع يؤدى إلى اختلاف معدل التجفيف بالنسبة لكل مكون من مكونات الغذاء. فاللحوم مثلاً تحتوى على أجزاء دهنية وأجزاء خالية من الدهن وكلها ممتزجة ومتداخلة ووجود الدهن في طبقات اللحم يسرع من معدل التجفيف. وقد يحدث في بعض الأغذية الغنية بالزيت تكون مستحلب بين الزيت والماء حيث يغطي الزيت قطرات الماء وهكذا يصبح معدل التجفيف بطيئاً.

2 - تركيز المحلول:

وجود مواد ذائبة في المحلول ترفع درجة الغليان وبالتالي يقل معدل التجفيف ومع تقدم العملية يزداد تركيز هذه المواد الأمر الذي يؤدي إلى زيادة بطء عملية التجفيف.

3 - الماء المرتبط:

الماء الموجود في الغذاء على صورة حرة غير مرتبطة يخرج بسهولة من سطح الغذاء أثناء عملية التجفيف حيث يكون ضغطه البخاري أكبر من الضغط البخاري للجو المحيط به ومع استمرار العملية يقل الماء الحر ويقل بالتالي الضغط البخاري لوحدة السطح من الغذاء. بالنسبة للماء المرتبط بقوة الادمصاص مع المواد الصلبة في الغذاء مثل النشا والبكتين والصموغ فإنه يصعب إزالته وبالمثل الماء المرتبط كيميائياً في صورة ماء الهدرتة.

4- التركيب الخلوى:

تتميز الأغذية بوجود تركيب خلوي في الأنسجة ويوجد الماء حول وداخل الخلايا

وعندما تكون الأنسجة حية فإن جدار الخلية وكذلك الغشاء الخلوي يحجز الماء داخل الخلايا وعندما تموت الخلايا فإنها تفقد القدرة على الاحتفاظ بالماء ولهذا نجد أن الأغذية التي تتعرض لمعاملات حرارية مثل السلق أو الطبخ يمكن تجفيفها بسهولة، وبسرعة بالمقارنة بمثيلتها الطازجة بالإضافة إلى أن هذه المعاملات الحرارية تقلل من حدوث الخشونة أو الانكماش الزائد في الأغذية المجففة.

مما سبق يتضح لنا أنه من الصعب وجود نظام مثالي للتجفيف يصلح لجميع أنواع الأغذية وذلك بسبب اختلاف الأغذية في تركيبها الكيميائي وكمية الماء الحر والمرتبط ومقدار الانكماش وتحرك المواد الذائبة وكذلك مدى التغيرات الممكن حدوثها في كل نوع من الأغذية أثناء التجفيف ولهذا كله فإن اختيار وتصميم نظام مثالي لتجفيف منتج معين يتطلب عمل تجارب واختبارات للوصول إلى التصميم المناسب الذي يحقق الوصول إلى أعلى معدل تجفيف مع أقل تغيرات في خصائص المنتج في ظل أفضل ظروف اقتصادية من حيث التكلفة من خلال حدوث توازن بين العوامل المختلفة وظروف التجفيف المستخدمة.

وفيمايلي نذكر بشيء من التفصيل أمثلة لطرق الجفيف المستخدمة والمعدات اللازمة.

1 - *التجفيف الشمسي*:

يعتبر التجفيف الشمسي من أقدم طرق حفظ الأغذية بصفة عامة حيث بدأ استخدامه منذ حوالي 2000 سنة قبل الميلاد ولا يزال يستخدم حتى وقتنا هذا في تجفيف بعض الفواكه مثل العنب والبرقوق نظراً لرخص العملية وبساطتها حيث لا يتطلب الأمر أكثر من وضع الثمار المجهزة على صواني وتركها لتجف بحرارة الشمس. ولكن هناك عدة عوامل تحد من استخدام التجفيف الشمسي حيث أن الظروف تكون متاحة لنمو الأحياء الدقيقة أثناء عملية التجفيف نظراً لطول المدة اللازمة خاصة وأن درجة حرارة الغذاء ليست عالية بالدرجة الكافية لمنع نموها وبالتالي تزداد احتمالات حدوث التلف أو الفساد أو التغيرات غير المرغوبة بالإضافة إلى أن عملية التجفيف تتم في العراء وفي أماكن مكشوفة مما يعرض الغذاء للأتربة والمهاجمة بالحشرات والطيور والقوارض كما أن الفرصة متاحة أيضاً لحدوث بعض التفاعلات الكيميائية التي توثر على اللون والنكهة.

هذا وتحتاج عملية التجفيف الشمسي إلى مساحة كبيرة تصل إلى حوالى فدان للمحصول الناتج من كل 20 فدان ولا تصلح إلا في الأماكن التي يتوافر فيها الطقس الهادئ المستقر الخالي من احتمالات سقوط الأمطار.

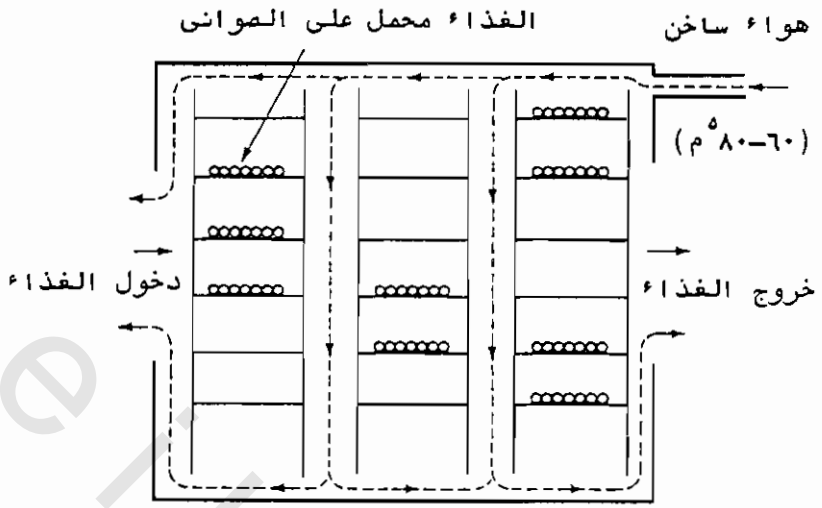
ومن ناحية القيمة الغذائية فإن التجفيف الشمسي ينتج عنه أكبر نسبة فقد في الفيتامينات بالمقارنة بطرق التجفيف الأخرى فمثلاً يفقد الخوخ حوالي 50% من فيتامين (ج) أثناء التجفيف الشمسي ونظراً لهذا الفقد العالي في العناصر الغذائية وكذلك الخطورة الناتجة من التلوث الميكروبي فإنه لا ينصح باستخدام التجفيف الشمسي المنزلي إلا في حالات خاصة مثل تجفيف التوابل والبصل والثوم حيث تكون المشاكل قليلة في هذه الحالات أما خلاف ذلك فلابد من توافر الخبرة الكافية لربات البيوت في هذا المجال.

2 - التجفيف بالإنفاق:

هذه الطريقة مثلها مثل الطرق الصناعية الأخرى تتلافى عيوب التجفيف الطبيعى باستخدام حرارة الشمس حيث يتم استبدالها بالهواء الساخن الجاف المندفع بسرعة كبيرة حول الغذاء المحمل على ألواح أو صواني تحملها عربات خاصة أو على سير يتحرك داخل النفق وهكذا يمكن منع الفقد والتلوث الناتج من مهاجمة الطيور والحشرات والقوارض أو سقوط الأمطار. ويتم التحكم في درجة حرارة الهواء وسرعته وكذلك رطوبته النسبية حسب متطلبات التجفيف الخاصة بكل منتج ويتم التحكم في سرعة مرور العربات داخل النفق أو حركة السير حسب زمن التجفيف المطلوب والذي يستغرق حوالي 6 – 18 ساعة حسب نوع المنتج وهذا الزمن يعادل عدة أيام في حالة التجفيف الشمسي. هذا وفي معظم مجففات الانفاق يتم دخول الهواء الساخن في إتجاه معاكس لاتجاه دخول الغذاء وفي هذه الحالة فإن الهواء الأكثر سخونة وجفافاً يقابل الغذاء الذي اقترب من الجفاف بينما العربات المحملة حديثاً بصواني الغذاء فإنها تتعرض للهواء المنخفض في درجة حرارته والمحمل بالرطوبة الناتجة من عملية التجفيف وهذا يعني أن درجة حرارة المنتج الابتدائية وكذلك رطوبته سوف تكون متدرجة وبالتالي يقل تعرضه لحدوث الجفاف السطحي ووجود المركز الرطب وبهذه الطريقة أيضاً يمكن الوصول إلى مستوى رطوبة منخفض في المنتج النهائي لأن المنتج الأكثر جفافاً يتعرض أيضاً للهواء الأكثر جفافاً والأكثر سخونة.

وعلى العكس من ذلك توجد أنواع أخرى من الأنفاق يدخل فيها الهواء الساخن والعربات المحملة بالغذاء معاً في اتجاه واحد وفي هذه الحالة فإن الجفاف الابتدائي السريع والنهائي البطئ قد يؤدي إلى حدوث الجفاف السطحي واحتجاز الرطوبة داخل المنتج وبالتالي يتأخر جفاف المركز ويتعرض المنتج لحدوث التشققات. عموماً فإن استخدام السير بدلاً من العربات يجعل العملية مستمرة حيث تتم عملية تغذية المنتج وتحميله على السير بطريقة أوتوماتيكية في صورة طبقات رقيقة ثم يدخل السير إلى منطقة التسخين في النفق والتي يتم التحكم في تدفق الهواء الساخن إليها في أقسامها المختلفة حتى يخرج من الاتجاه الآخر المعاكس ثم يجمع المنتج الجاف من على السير أوتوماتيكياً. هذا وتحسب طاقة التجفيف على أساس عدد كيلو جرامات الماء التي تزال من كل متر مربع من سطح السير في الساعة تحت ظروف تجفيف محددة.

عموماً فإن زمن التجفيف القصير بالمقارنة بالتجفيف الشمسي لا يعطي الفرصة لحدوث فقد كبير في القيمة الغذائية أو حدوث تفاعلات كيميائية ضارة بالنكهة أو اللون أو القوام بالدرجة التي تحدث في التجفيف الشمسي فمثلاً لا يتعدى الفقد في فيتامين (ج) في الفاكهة عموماً 10٪ ويفقد الجزر أقل من 20٪ من فيتامين (أ) ولكن أهم عيوب التجفيف بهذه الطريقة هو حدوث كرمشة للمنتجات المجففة مما يؤدي إلى صعوبة عملية الترطيب وتقل نسبة تشربها للماء وبالتالي لا تعود إلى حالتها الطبيعية قبل التجفيف ويحدث ذلك غالباً بسبب تحطم الأنابيب الشعرية في الأنسجة أثناء التجفيف وقد تم حديثاً تطوير الأجهزة المستخدمة لمحاولة تلافي ذلك. والشكل (28) يوضح رسم تخطيطي لأحد أنواع مجففات الأنفاق.



شكل رقم (28) مجفف أنفاق

3 - التجفيف باستخدام السير العميق:

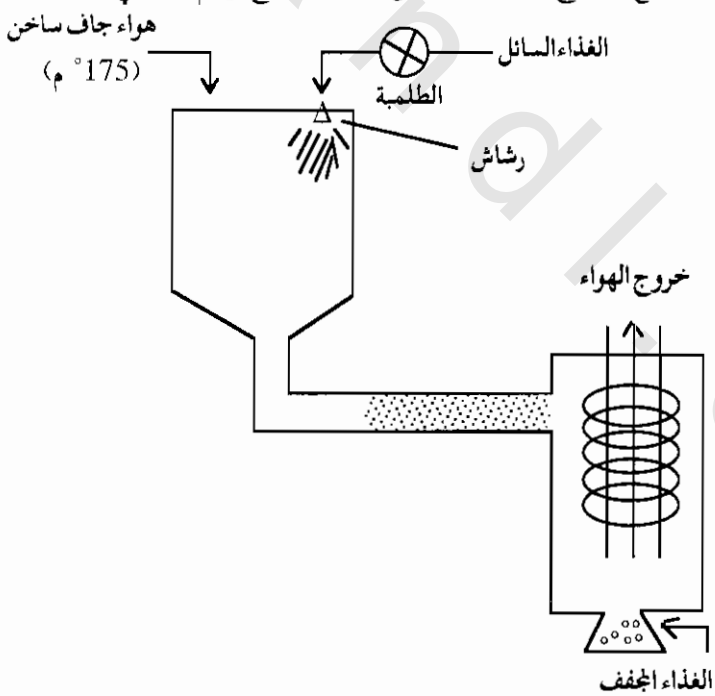
في هذا النوع من المجففات يكون السير من المعدن المثقب على شكل قناة ويتحرك السير بصفة مستمرة وبطريقة تجعل الغذاء في حالة حركة مستمرة بحيث يتجدد السطح المعرض باستمرار ويستخدم الهواء الساخن الذي يندفع من خلال الثقوب وتكون درجة حرارته حوالي 135° م وتحت هذه الظروف يمكن تجفيف قطع الخضروات إلى مستوى رطوبة 5 – 7٪ في زمن قدره ساعة واحدة ولكن ليست كل المنتجات يمكن تجفيفها بهذه الطريقة حيث أن بعض الأحجام والأشكال من قطع الغذاء يصعب تحريكها وتقليبها وبعضها يكون هشاً بعد جفافه فتؤدي عملية التقليب إلى تهشم الحواف كما في حالة شرائح التفاح كذلك قطع الفاكهة التي يخرج منها السكر أثناء التجفيف يمكن أن تلتصق مع بعضها نتيجة عملية التقليب ولهذا لابد من مراعاة هذه الأمور عند اختيار المجفف وطريقة التجفيف لغذاء معين.

4 - التجفيف بالرذاذ:

مجففات الرذاذ توجد منها أنواع عديدة تناسب المنتجات المختلفة التي يمكن تحويلها إلى رذاذ مثل الأغذية السائلة ذات اللزوجة المنخفضة والبيورية. وجود الغذاء في صورة نقط

صغيرة مع استخدام هواء درجة حرارته حوالي 200° م يجعل عملية التجفيف تتم في عدة ثواني بينما لا تزيد درجة حرارة الحبيبات الجافة عن 80° م ويتم إزالة المنتج المجفف بسرعة من المناطق الساخنة وهكذا يمكن الحصول على منتجات عالية الجودة من الأغذية الحساسة للحرارة مثل اللبن والبيض والقهوة.

في هذه الطريقة يتم دخول الغذاء السائل في صورة رذاذ دقيق جنباً إلى جنب مع هواء ساخن ذو سرعة عالية وذلك داخل غرفة كبيرة يصل طولها إلى 60 – 100 قدم وقطرها حوالي 20 قدم ومع حدوث التلامس بين رذاذ الغذاء والهواء الساخن يحدث فقد للرطوبة ويتحول الغذاء إلى حبيبات صغيرة تسقط في قاع برج التجفيف حيث تتم إزالتها ويخرج الهواء المحمل بالرطوبة المزالة من الغذاء من البرج بواسطة شفاطات خاصة. هذا ويختلف تصميم المجفف حسب نوع الغذاء المراد تجفيفه. عموماً فإن متطلبات التجفيف بهذه الطريقة تشتمل على خزانات لتخزين السائل مزودة بطلمبات تعمل تحت ضغط لرفع السائل إلى برج التجفيف ثم جهاز ترذيذ لتحويل السائل إلى رذاذ بالإضافة إلى مصدر لتسخين الهواء وشفاط لخروج الهواء الرطب ووعاء تجميع للمنتج الجاف والشكل (29) يوضح رسم تخطيطي لمجفف الرذاذ.

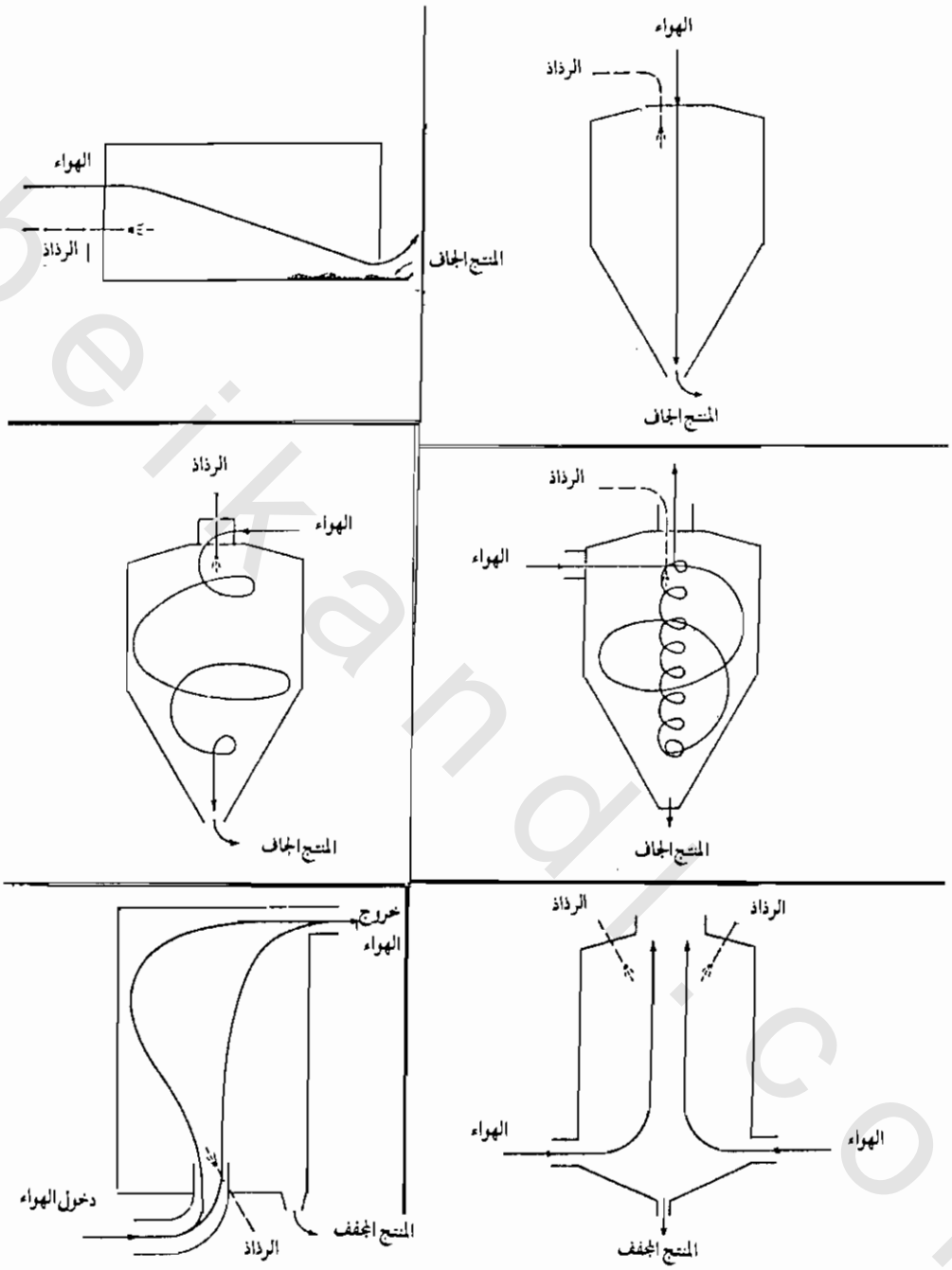


شكل رقم (29) التجفيف بالرذاذ

الهواء الساخن والسائل يدخلان البرج معًا من القمة وفي أنواع أخرى من القاع وقد يدخل كل منها منفصلاً عن الآخر وقطرات الغذاء قد تدخل في صورة خط مستقيم أو في مسار حلزوني والبرج قد يكون في وضع رأسي أو أفقي وكما سبق ذكره في حالة التجفيف بالأنفاق فإن دخول الهواء وقطرات الغذاء معًا في إتجاه واحد ينتج عنه سرعة في التجفيف في المراحل الأولية وبطء في المراحل النهائية ولهذا فإن الاتجاه المعاكس ربما يكون أفضل في حالة الأغذية عالية الهيجروسكوبية (المحبة للرطوبة).

في حالة دخول الغذاء السائل من قمة برج التجفيف فإنه يهبط ويخرج في صورة جافة في اتجاه واحد أما إذا تم دخوله من القاع فإنه يصعد لأعلى أولاً ثم يهبط بعد تجفيفه وفي الحالة الأخيرة تزداد مدة التجفيف . الزمن الأطول للتجفيف يكون مطلوبًا في حالة الرغبة في الحصول على مستوى رطوبة أقل في المنتج النهائي أو الرغبة في زيادة حجم الحبيبات حيث تتاح الفرصة لحدوث ارتباط بين الحبيبات الجافة وتلك الأقل جفافًا وتكوين تجمعات تحتوى على جيوب هوائية وبالتالي يكون المنتج أكثر سهولة في الذوبان والترطيب.

جهاز الترذيذ يوجد منه نوعان رئيسيان أحدهما يعمل بالضغط المرتفع والآخر عن طريق الطرد المركزي والأخير يستخدم في حالة صعوبة تحويل السائل إلى نقط صغيرة برشاش الضغط كما في حالة السوائل اللزجة والبيورية. وكلما صغر حجم قطرات السائل وكلما زادت درجة التجانس في حجم القطرات كلما زاد معدل التجفيف. زيادة عدم التجانس سوف ينتج عنه جفاف القطرات الصغيرة أكثر من اللازم قبل أن تجف القطرات الأكبر حجما كذلك سوف يختلف حجم الحبيبات في المنتج النهائي وهذا سوف يؤثر على معدل الذوبان والترطيب. القطرات صغيرة الحجم تجف أيضًا في صورة حبيبات ناعمة قد تفقد مع الهواء الخارج إذا لم يكن نظام التجميع على قدر عالٍ من الكفاءة. ولابد أن يراعي في تصميم المجفف مسار القطرات السائلة الصغيرة بحيث لا تلامس الجدران حتى لا تلتصق بها قبل أن يكتمل جفافها حيث تصعب إزالتها وتتعرض للتلف بتأثير الحرارة. الشكل رقم (30) يوضح رسومًا تخطيطية لبيان كيفيـــة دخول السائل والهواء وخروج المنتج المجفف في الأنواع المختلفة من مجففات الرذاذ.

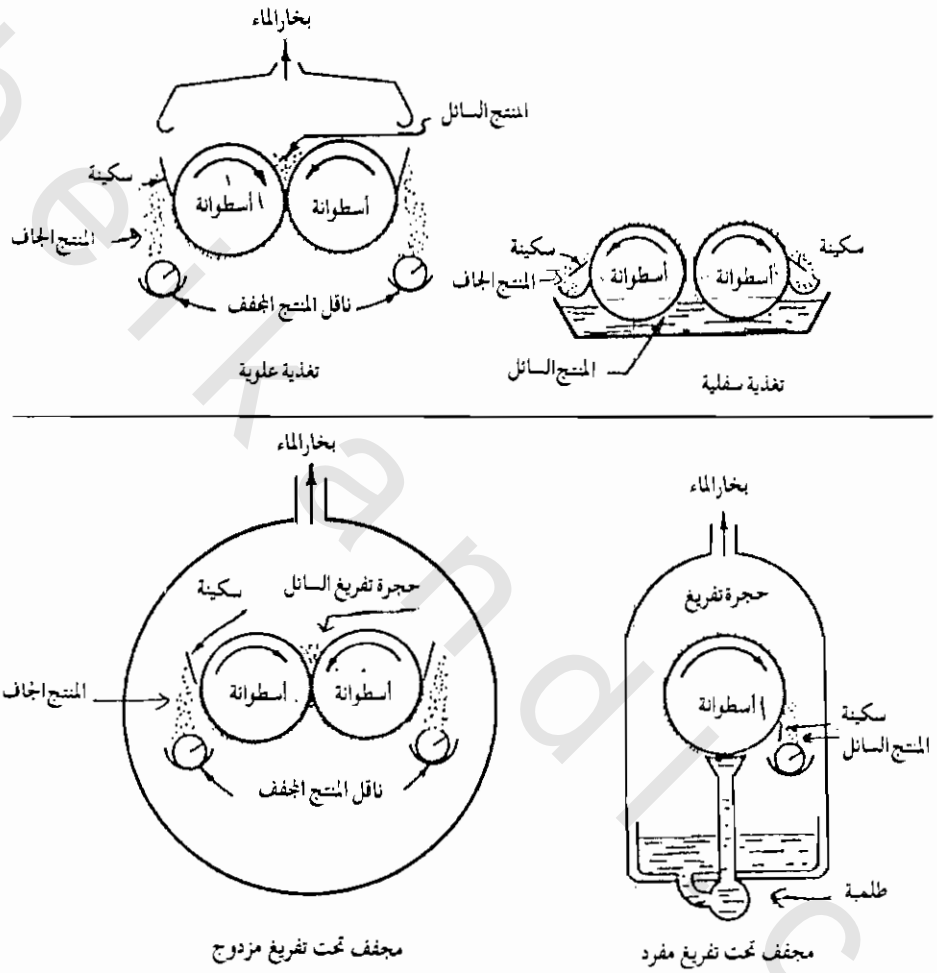


شكل رقم (30) نماذج مختلفة لمجفف الرذاذ

5 - التجفيف بالإسطوانات:

في هذا النوع من المجففات فإن الأغذية السائلة مثل اللبن والبيورية وكذلك العجائن مثل عجينة البطاطس والطماطم يمكن تجفيفها في صورة طبقات رقيقة على سطح اسطوانات دائرية يتم تسخينها من الداخل بالبخار. المجفف قد يتكون من اسطوانة واحدة أو زوج من الاسطوانات ويتم دفع الغذاء بين اسطوانتين تدوران معاً والمسافة بينهما تحدد سمك طبقات الغذاء والعملية تتم بطريقة مستمرة وعند نقطة محددة في الأسطوانة يتم تثبيت سكين لكشط الطبقة الرقيقة الجافة. هذا ويتم ضبط سرعة الاسطوانات بحيث تجف طبقة الغذاء بمجرد وصولها لمكان الكشط. درجة حرارة سطح الاسطوانة تصل إلى 100 – 150° م ومع طبقة الغذاء ذات سمك أقل من 2 ملليمتر فإن عملية التجفيف تتم خلال دقيقة واحدة أو أقل حسب نوع المادة الغذائية.

ارتفاع درجة حرارة الإسطوانات بالرغم من أنه يسرع عملية التجفيف إلا أن ذلك قد يؤثر على طعم ولون المنتج النهائي كما أن صعوبة التحكم في درجة الحرارة بحيث تكون متماثلة على كل مناطق التجفيف يؤدي إلى حدوث تفاوت في معدل التجفيف. هذا وبالرغم من سهولة كشط اللبن والبطاطس من على سطح الإسطوانات في صورة رقائق جافة فإن ذلك غير ممكن مع كثير من الفاكهة والعصائر التي تميل إلى أن تكون لزجة أو شبه منصهرة وهي ساخنة فيحدث لها تراكم والتصاق بحد السكين ونحتاج في هذه الحالة إلى وجود منطقة تبريد لتحويل المادة اللزجة إلى مادة هشة سريعة الانكسار قبل الوصول إلى نقطة الكشط ويحتاج الأمر لتنفيذ ذلك أن تكون الاسطوانات طويلة بالدرجة الكافية بحيث يمكن تبريد منطقة في حدود 6 متر في اسطوانة يصل طولها إلى 45 م ويستخدم الهواء البارد في عملية التبريد. والشكل (31) يوضح تصميمات مختلفة لمجففات الاسطوانات تحت الضغط الجوي العادي أو تحت تفريغ وفي الحالة الأخيرة يمكن خفض درجة الحرارة ولكن هذا سوف يؤدي إلى زيادة التكلفة.



شكل رقم (31) التجفيف بالإسطوانات

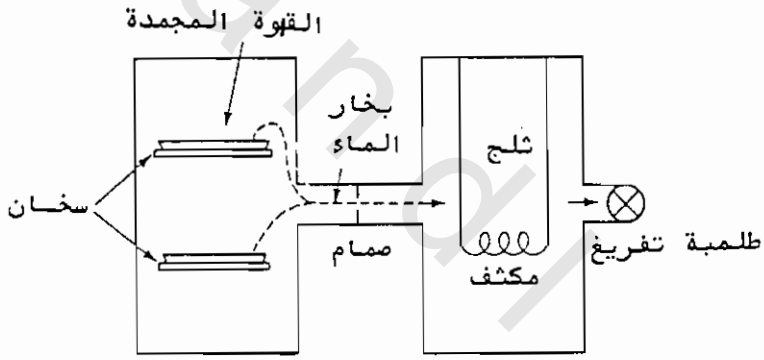
عموماً يعتبر التجفيف بالإسطوانات مناسباً للأغذية ذات المقاومة النسبية لتأثير الحرارة حيث أن هذه الطريقة تعتبر من الناحية الاقتصادية الأقل في التكلفة بينما في حالة الأغذية الحساسة للحرارة مثل اللبن فإنها غالباً تكتسب الطعم المطبوخ وتقل درجة جودتها بالمقارنة بطريقة التجفيف بالرذاذ ولكنها تكون مناسبة لاستخدامها كمكون في تصنيع الأغذية ذات النكهة الضعيفة.

6 - التجفيف بالتجميد (التجفيد):

تعتبر هذه الطريقة من أفضل طرق التجفيف المستخدمة حالياً حيث تقل التغيرات الكيميائية غير المرغوبة وكذلك الفقد في العناصر الغذائية إلى أقل درجة ممكنة مقارنة بطرق الحفظ الأخرى نظراً لانخفاض درجة الحرارة المستخدمة ورغم ذلك فإن هذه الطريقة غير شائعة الاستخدام نظراً لتكلفتها العالية حيث تصل إلى 2 – 5 أضعاف لكل وزن من الماء يمكن إزالته بطرق التجفيف الأخرى ولهذا فإن استخدام هذه الطريقة يكون عادة مع الأغذية الحساسة للحرارة وذات القيمة السعرية العالية مثل القهوة والعصائر والفراولة والجمبري الكامل وشرائح الفراخ والمشروم وهذه الأغذية أيضاً يصعب تجفيفها بالطرق الأخرى دون أن تتأثر جودتها وقيمتها الغذائية بطريقة جوهرية. فعلى سبيل المثال فإن الفراولة الكاملة تكون ثمارها لينة وسهلة التهشم نظراً لارتفاع نسبة الماء بها وأي طريقة من طرق التجفيف العادية التي تستخدم فيها الحرارة سوف تسبب حدوث درجة عالية من الانكماش والتهشم وبالتالي فقد القوام الطبيعي وعند إعادة الترطيب فإن المنتج لن يستعيد لونه الطبيعي أو نكهته أو حجمه. هذا كله يمكن تجنبه عن طريق التجفيف من الحالة الصلبة المجمدة حيث تنخفض درجة الحرارة المستخدمة وتقل فرصة حدوث الانكماش وكذلك يقل تعرض المنتج للتهشم أثناء فقده للماء كما أن عملية الترطيب تتم بسهولة وبسرعة وتعتمد عملية التجفيف بهذه الطريقة على ظاهرة التسامي حيث تتحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة. الماء المتجمد في صورة ثلج يمكن أن يتسامى ويتحول مباشرة إلى بخار الماء وذلك عند درجة حرارة صفر °م أو أقل وفي وجود تفريغ (ضغط يساوي 4.7 ملليمتر زئبق أو أقل) تحت هذه الظروف الماء يظل مجمداً وجزئيات الماء تتسامى من كتلة الثلج بمعدل سريع واستخدام الحرارة يسرع من عملية التسامى وللوصول لأقصى معدل يستلزم ذلك التحكم في درجة الحرارة بحيث لا تؤدي إلى انصهار الثلج والمحافظة علي التفريغ بحيث يكون الضغط في حدود 0.1 – 2 ملليمتر زئبق هذا وتبدأ عملية التسامي من السطح في اتجاه مركز قطعة الغذاء وفي النهاية تصل رطوبة المنتج إلى أقل من 5٪ وحيث أن الغذاء يظل صلباً أثناء التسامي فإن جزئيات الماء المتبخرة تترك فراغات خلفها مما يكسب المنتج التركيب المسامي الاسفنجي وهكذا فإن عملية الترطيب تكون

سريعة ولكن الأمر يتطلب حماية المنتج من امتصاص الرطوبة من الجو المحيط باستخدام العبوات المناسبة. ويجب ملاحظة أنه مع تقدم عملية التجفيف فإن المعدل يقل نظراً لأن الطبقة المسامية الجافة السطحية تعمل كعازل وتبطئ من معدل انتقال الحرارة وكذلك تبطئ من معدل خروج جزيئات الماء.

وعلي سبيل المثال فإن انتاج القهوة المجففة بهذه الطريقة يتم بصب القهوة السائلة في صينية من الحديد الصلب غير القابل للصدأ لمسافة حوالي $\frac{1}{4}$ العمق ثم توضع الصواني في غرفة التجميد على – 40° م (– 40° ف) وعندما تتجمد تنقل إلى الغرفة المتصلة بطلمبة التفريغ حيث يتم امداد الطبقات المتجمدة بالحرارة بعد إجراء عملية التفريغ وتقوم الحرارة بتحويل الثلج مباشرة إلى البخار الذي يندفع إلى غرفة أخرى حيث يعاد تجميده على سطح المكثف ووجود التفريغ يساعد على سرعة تحرك البخار الناتج إلى سطح المكثف ويمنع انصهار الثلج المتكون ويتضح ذلك في الشكل رقم (32) .



شكل رقم (32) التجفيف بالتجميد

ولتقليل التكلفة والحصول في نفس الوقت على درجة جودة عالية يتم في التطبيقات الحديثة الدمج بين التجفيف الهوائي لقطع الغذاء إلى مستوى رطوبة 50 ٪ ثم تكمل عملية التجفيف عن طريق التجفيد حتى مستوى رطوبة 2 – 3 ٪ .

7 - التجفيف بطريقة الرغوة: Foam-Mat Drying

وتستخدم هذه الطريقة أساسا مع عصائر الفاكهة المركزة حيث يتم ضرب هذه السوائل في الخلاط مع مادة مثبتة للرغوة مثل الميثايل سليلوز إلى أن يتم تكوين رغوة كثيفة ثم تفرد

هذه المادة الرغوية على ألواح مثقبة في صورة طبقة رقيقة ويتم تجفيفها بالهواء الساخن ثم طحنها وتحويلها إلى مسحوق وقد تم تحويل كثير من عصائر الفاكهة المركزة مثل عصير البرتقال والليمون والجريب فروت والتفاح إلى مسحوق منخفض في نسبة الرطوبة بهذه الطريقة وتتميز المواد المجففة الناتجة بتركيب مسامي جيد يجعلها سريعة الذوبان حتى في الماء البارد. ونظراً إلى أن تبخير الماء من المواد الرغوية يتم بمعدل سريع فإنه يمكن تجفيف المنتجات بهذه الطريقة على درجة حرارة منخفضة نسبيا وتحت الضغط الجوي العادي وفي زمن قصير فعلى سبيل المثال فإن عصير الفاكهة المركز بسمك $\frac{1}{8}$ بوصة يمكن تجفيفه على درجة حرارة 160° ف إلى مستوى رطوبة 2٪ خلال 15 دقيقة والمسحوق الناتج يتميز بلون ونكهة أفضل مقارنة بمثيله الناتج باستخدام طرق التجفيف الأخرى التي يستخدم فيها أيضا الهواء الساخن.

وتستخدم هذه الطريقة بقلة نسبياً نظراً لانخفاض فترة الصلاحية للمواد الناتجة حيث أن التركيب المسامي الذي تتميز به يؤدي إلى سهولة ادمصاص الرطوبة والاكسجين وبالتالي يتيح الفرصة لحدوث التفاعلات التي تؤثر تأثيراً ضاراً على صفات الجودة.

8 - التجفيف تحت تفريغ:

يعتبر التجفيف تحت تفريغ من الطرق التي يمكن من خلالها الحصول على منتج مجفف بدرجة عالية من الجودة ولكن التكلفة تكون أعلى بالمقارنة بالطرق الأخرى التي لا تستخدم التفريغ وفي هذه الطريقة يتم التحكم في درجة حرارة الغذاء ومعدل إزالة الماء عن طريق التحكم في درجة التفريغ وكمية الحرارة الداخلة إلى الغذاء. انتقال الحرارة إلى الغذاء يتم عن طريق التوصيل وكذلك الإشعاع وتتكون كل أنواع المجففات التي تعمل بالتفريغ من أربعة أجزاء رئيسية:

- غرفة تفريغ ذات بناء محكم يتحمل الفرق الكبير في الضغط الداخلي والخارجي حولها.
- وسيلة لإحداث التفريغ والمحافظة عليه.
- مصدر للإمداد بالحرارة.

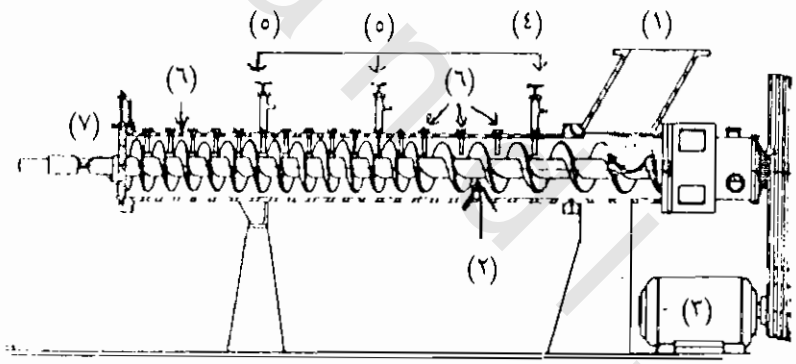
– وسيلة لاستبعاد بخار الماء بمجرد خروجه من الغذاء، غرفة التفريغ تحتوي عادة علي أرفف أو حوامل يوضع عليها الغذاء. هذه الأرفف يتم تسخينها كهربائياً أو من خلال سائل ساخن يمر داخلها وتنتقل الحرارة إلى الغذاء عن طريق التلامس بالتوصيل كما أن كل رف يشع الحرارة إلى الغذاء الموجود على الرف الذي يوجد أسفله بالإضافة إلى ذلك يمكن استخدام مصدر إشعاع حراري خاص مثل الأشعة تحت الحمراء يتم توجيهه نحو الغذاء لزيادة كمية الحرارة المنتقلة إليه.

الجزء الخاص بانتاج التفريغ والمحافظة عليه يكون خارج غرفة التفريغ ويتكون عادة من طلمبة تفريغ ميكانيكية أو مضخه بخار تقوم بطرد الهواء من الغرفة والجزء الخاص بتجميع بخار الماء يكون عادة عبارة عن جدار بارد يعمل كمكثف وقد يكون داخل غرفة التفريغ أو خارجها.

التفريغ المستخدم يعطي ضغطاً في حدود 0.1 – 5 ملليمتر زئبق حسب نوع المجفف ونوع الغذاء وطبيعة المنتج النهائي. العصائر المجففة بهذه الطريقة تكتسب التركيب الاسفنجي وتمتاز بسرعة الذوبان وبقلة التغيرات غير المرغوبة نظراً لانخفاض درجة الحرارة المستخدمة والتي تكون في حدود 40° م أو أقل . ومن المعروف أن الماء يغلي على درجة 100° م عند ضغط يساوي 760 ملليمتر زئبق ويغلى على درجة 72° م عند ضغط يساوي 250 ملليمتر زئبق وهكذا كلما زاد مقدار التفريغ وانخفض الضغط كلما انخفضت درجة غليان الماء.

بالإضافة إلى الطرق السابق ذكرها والتى تستخدم في تجفيف الأغذية لغرض الحفظ وإطالة فترة الصلاحية فإن هناك بعض المعاملات التي تتم على الأغذية ويحدث خلالها تجفيف جزئي وفقد للماء ولكن لا تكون أساساً بغرض الحفظ بقدر ما يكون الهدف هو الحصول على المنتج في صورة أخرى قابلة للاستهلاك مثل البطاطس المحمرة حيث يحل الزيت الساخن محل الهواء كوسط تجفيف ويتبخر الماء ويخرج من الغذاء ويحل الزيت محله وكذلك عملية الخبيز والتي يتم فيها تبخير الماء باستخدام الحرارة للحصول على منتجات المخابز المختلفة وكلما زادت فترة الخبيز كلما زاد جفاف المنتج وبالتالي تزداد فترة صلاحيته ومثال ذلك أنواع البسكويت الجاف المختلفة وكذلك الخبز المحمص. أيضاً انتاج أغذية

الأطفال وأغذية الإفطار السريعة الإعداد والمعروفة بالـ snacks يتم تحضيرها من خلال عملية تجفيف للعجائن باستخدام الطبخ بالحرارة تحت ضغط بواسطة جهاز يسمى الـ Extruder وتسمى العملية الـ Extrusion Cooking ويتكون الجهاز من اسطوانة تسخن من الخارج بالبخار ويتحرك بداخلها حلزون والمسافة بينه وبين جدران الإسطوانة تقل باستمرار ويدخل المنتج المراد تجفيفه إلى الجهاز في صورة عجينة ذات نسبة رطوبة محددة وعند دوران الحلزون فإنه يحمل العجينة خلال الإسطوانة وهكذا فإنها تتعرض لعملية طبخ بواسطة درجة حرارة الجدران العالية كما أن الضغط الواقع عليها يزداد باستمرار نتيجة التناقص المستمر في المسافة بين الحلزون وجدران الإسطوانة حتى تخرج من فتحة صغيرة في نهاية الاسطوانة ونظراً لارتفاع درجة حرارة العجينة وضغطها العالي فإنها تتعرض للتمدد وزيادة الحجم كما يتبخر الماء منها بمجرد خروجها مما يعطي للمنتج القوام الهش المسامي والشكل التالي يوضح أجزاء الجهاز المستخدم:



١ - قادوس التغذية

٢ - الحلزون

٣ - موتور الحركة

٤ - ، ٥ - صمامات دخول البخار الساخن

٦ - الحواجز الداخليه وغلاف الحلزون (الاسطوانة)

٧ - ماكينة التقطيع

شكل رقم (33) الطبخ بالحرارة تحت ضغط

التغيرات التى تحدث فى الاغذية أثناء التجفيف:

التغيرات التي تحدث في الأغذية أثناء تجفيفها تشمل النكهة والقوام واللزوجة واللون والقيمة الغذائية والثبات أثناء التخزين ومعدل الترطيب. وهذه التغيرات تحدث بدرجات مختلفة سواء كلها أو بعضها وذلك حسب نوع المنتج وطريقة التجفيف وخطوات الإعداد السابقة للتجفيف.

التلون البني الانزيمي قد يحدث نتيجة لنشاط الإنزيمات المؤكسدة للفينولات العديدة إذا لم يتم تثبيط نشاطها خلال خطوات الإعداد (السلق أو الكبرتة) حيث أن درجة حرارة التجفيف غالباً لا تكون كافية لتثبيطها بسبب التأثير التبريدي الناتج من تبخر الماء أثناء التجفيف. كذلك التلون البني غير الأنزيمي وهو ما يطلق عليه تفاعل ميلارد والذي يحدث بين الألدهيدات ومجموعات الأمين في السكريات والبروتينات وهو يحدث على درجات الحرارة العالية في وجود تركيز عالي من مواد التفاعل وبعض الماء حيث أنه أثناء التجفيف ومع استمرار تبخر الماء يزداد تركيز مواد التفاعل ويحدث تفاعل ميلارد بسرعة كبيرة وذلك عند مستوى رطوبة 15 – 20٪ ومع انخفاض المحتوى المائي أكثر من ذلك يقل معدل التفاعل حتى نصل إلى مستوى رطوبة 2٪ عندها يكون التغير في اللون نتيجة لتفاعل ميلارد قليلاً جداً ولهذا يراعي في نظام التجفيف أن يتم نزع الماء بسرعة لتقل الفترة التي يحدث فيها التفاعل بمعدل سريع وبالتالي تقليل التلون البني الناتج عنه. اللون يتأثر أيضاً بحدوث عملية الكرملة للمواد السكرية أو احتراق أي مواد أخرى أثناء عملية التجفيف مما يكسب المنتج أيضاً لوناً بنياً.

ومن التغيرات الهامة التي تحدث في الأغذية المجففة الفقد في القابلية للترطيب للمنتج عند إعادة تكوينه ليصبح مرة أخرى في صورته الأصلية ويرجع ذلك إلى الانكماش الذي يحدث نظراً لأن تبخر الماء لا يتم بالتساوي خلال قطعة الغذاء وبالتالي تظهر درجات مختلفة من الانكماش خلال مرحلة التجفيف. كذلك تتأثر عملية إعادة الترطيب نتيجة لتحطم الخلايا والأنابيب الشعرية.

وبالإضافة إلى التغيرات السابقة فإن بعض التفاعلات الكيميائية والطبيعية التي تحدث في المواد الغروية تسبب أيضاً تأثيراً عكسياً على معدل القابلية للترطيب حيث أن الحرارة وزيادة تركيز الأملاح نتيجة تبخر الماء تسبب حدوث دنترة جزئية للبروتين وبالتالي تقل

كفاءته في امتصاص الماء ومقدرته على الارتباط به. وكذلك تقل أيضاً مقدرة المواد النشوية والصموغ على امتصاص وربط الماء. بالإضافة إلى ذلك فإن السكريات والأملاح تخرج من الخلايا المهشمة إلى الماء المستخدم في إعادة الترطيب مما يسبب فقد في مقدرتها على الانتفاخ. هذه العوامل كلها تؤثر على كمية الماء الممتصة وبالتالي لا تصل إلى المستوى الأصلي قبل التجفيف وهذا يسبب التغير الذي يحدث في قوام الغذاء المجفف المعاد ترطيبه بالمقارنة بالغذاء في صورته الطازجة.

التغيرات في النكهة تحدث نتيجة تطاير بعض المكونات بتأثير الحرارة ويعتمد مقدار التغير على نوع الغذاء وطريقة التجفيف المستخدمة ومن الصعب منع حدوث هذه التغيرات ولكن في بعض الأحيان يتم استرجاع هذه المكونات المتطايرة عن طريق تكثيفها ثم يعاد إضافتها إلى المنتج وقد تضاف مستحضرات النكهة المشتقة من مصادر أخرى. وفي طرق أخرى قد تضاف بعض المواد المثبتة للنكهة إلى الأغذية السائلة قبل تجفيفها. وقد تستخدم هذه المواد في تغطية أجزاء المنتج الصلبة لتمدها بالحماية ضد فقد المواد المتطايرة.

ومن الظواهر المهمة التي تحدث أثناء تجفيف الأغذية ظاهرة الجفاف السطحي Case-hardening وهي تحدث عندما تكون ظروف التجفيف غير متوازنة وتكون درجة حرارة السطح عالية جداً وبالتالي يكون معدل تبخر الماء من السطح أعلى من معدل تبخره من المركز فتتكون بشرة جافة بسرعة قبل أن تحدث هجرة معظم الرطوبة الداخلية وهذا يسبب انخفاض معدل التجفيف وحجز كثير من الماء داخل المركز وهذه الظاهرة يكثر حدوثها مع الأغذية الغنية بالسكريات والمواد الذائبة مثل قطع الفاكهة. ويمكن التغلب على هذه الظاهرة عن طريق التحكم في درجة الحرارة خاصة في المراحل الأولى من التجفيف بحيث لا ترتفع درجة حرارة السطح بدرجة عالية وكذلك عن طريق تجزئة المنتج المراد تجفيفه إلى قطع صغيرة لزيادة السطح المعرض.

عصائر الفاكهة والأغذية الغنية بالسكريات تعتبر من الأغذية الـ Thermoplastic وهذا يعني أن هذه الأغذية عند تجفيفها يحدث لها طراوة وانصهار لبعض مكوناتها الصلبة ويحدث لها التصاق بالسير أو الصواني مما يعطي الانطباع بأنها مازالت تحتوي على الرطوبة ولكن عند تبريدها فإن هذه المواد الثرموبلاستيكية تجف في صورة بلورات ذات شكل زجاجي منتظم

وفي هذه الحالة يمكن إزالتها بسهولة ولهذا نجد أن معظم أنواع السيور يتم تزويدها بمنطقة تبريد تكون سابقة لسكينة الكشط لتسهيل إزالة هذه المواد.

وبالنسبة لتأثير التجفيف علي القيمة الغذائية فإن ذلك يختلف اختلافاً كبيراً نظراً إلى اختلاف خطوات الإعداد والتجهيز لكل نوع من الأغذية وكذلك الاختلافات في ظروف التجفيف من حيث الزمن ودرجة الحرارة المستخدمة وأيضاً ظروف التخزين.

عموما فإن معظم التأثير على القيمة الغذائية يرجع إلى الفقد الذي يحدث في بعض الفيتامينات والذي يبدأ حدوثه أثناء عمليات الإعداد والتجهيز فمثلاً عند تحضير شرائح التفاح يحدث فقد في فيتامين C أثناء التقطيع بنسبة تصل إلى 8٪ وينفقد منه حوالي 62٪ أثناء السلق بالماء وحوالي 10٪ أثناء تحويل الشرائح إلى بيورية بينما يفقد حوالي 5٪ فقط عند التجفيف باستخدام الاسطوانات.

هذا وتتأثر نسبة الفقد في الفيامينات بدرجة القابلية للذوبان في الماء فبعض الفيتامينات مع تقدم عملية التجفيف تصبح في حالة فوق مشبعة نتيجة زيادة تركيزها في الماء المتبقى وترسب في المحلول مثل الريبوفلافين ويقل معدل الفقد فيها بالتالي بعكس فيتامين C الذي يظل في حالة ذائبة حتى مع انخفاض المحتوى المائي للغذاء بالإضافة إلى حساسيته العالية للحرارة والأكسدة ولهذا يزداد الفقد فيه ولذلك فإن زمن التجفيف القصير وكذلك انخفاض مستوى الأكسجين ودرجة الحرارة والرطوبة في جو التخزين كلها عوامل ضرورية لتجنب زيادة الفقد . ويعتبر الثيامين أيضاً من الفيتامينات الحساسة للحرارة بينما أنواع الفيتامينات الأخرى الذائبة في الماء تعتبر أكثر ثباتاً ومقاومة للحرارة والأكسدة والفقد أثناء التجفيف نادراً ما يزيد عن 5 – 10٪ بخلاف الفقد أثناء عمليات الإعداد.

بالنسبة للمغذيات الذائبة في الدهون مثل فيامينات A, D, E, K وكذلك الأحماض الدهنية الضرورية تكون غالباً داخل المادة الجافة أثناء التجفيف ولا يحدث لها تركيز أثناء التجفيف ولكن في حالة وجود بعض المعادن الثقيلة الذائبة في الماء فإنها تشجع حدوث الأكسدة للأحماض الدهنية غير المشبعة ويزداد نشاط هذه المعادن كلما انخفض المحتوى المائي ويزداد بالتالي معدل الأكسدة والبيروكسيدات الناتجة عن هذه التفاعلات تتفاعل مع الفيتامينات الذائبة في الدهون مما يسبب حدوث بعض الفقد فيها.

تعبئة وتخزين الاغذية المجففة:

بعد الإنتهاء من عملية التجفيف لابد من العناية الكاملة بعملية التعبئة والتخزين وذلك لتلافي زيادة الفقد في عناصر الجودة أو القيمة الغذائية.

العبوة المستخدمة يجب أن توفر الحماية الكاملة من الماء والأكسجين ولهذا يجب أن تكون مقاومة لنفاذ الرطوبة من الجو المحيط بها ولابد أن يكون الفراغ الهوائي أقل ما يمكن ويفضل التعبئة تحت تفريغ أو في وجود غاز خامل مثل النتروجين كذلك يجب أن تكون العبوة غير منفذة للضوء.

وبالنسبة لمكان التخزين يجب أن يكون بارد وجاف حيث أن أهم مشكلة تواجه الأغذية المجففة هي تغير صفاتها الطبعية بمجرد وصول الرطوبة إليها فمثلاً البسكويت وقطع البطاطس الرقيقة يتعرضان لفقد القرمشة المميزة لهما عند امتصاص الرطوبة من الجو المحيط بالاضافة إلى أن ارتفاع نسبة الرطوبة قد يسمح للنشاط الميكروبي بالحدوث وبالتالي فساد الغذاء وهذا يعني ضرورة أن توفر العبوة مع ظروف التخزين الحماية الكافية للغذاء من اكتساب الرطوبة أو نفاذ الأكسجين. ولابد كذلك من اتخاذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول الحشرات والقوارض إلى مكان التخزين وذلك بمراعاة النظافة التامة وتغطية النوافذ بالسلك واستخدام المبيدات الحشرية لتطهير المخازن باستمرار مع ضمان عدم وصول هذه المبيدات إلى الغذاء.

وفيمايلي نذكر أمثلة لبعض منتجات الفاكهة والخضر المجففة.

(1) تجفيف العنب وانتاج الزبيب:

يعتبر الزبيب من المنتجات المجففة الشائعة ويتم الحصول عليه بتجفيف أنواع معينة من العنب تتميز بارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة وقوة الغلاف الخارجي سواء باستخدام التجفيف الشمسي أو الصناعي وحسب المواصفات القياسية المصرية يعرف الزبيب بأنه ناتج تجفيف واحد أو أكثر من أصناف العنب الطازج عديم البذور أو التي تحتوي على البذور والتي تصلح للتجفيف.

وبالنسبة للعنب المعد للتجفيف تشترط المواصفات القياسية المصرية الاشتراطات العامة التالية.

1) أن تكون حبات عناقيد العنب المعدة للتجفيف من صنف الطومسون عديم البذور (العنب البناتي) أو المسكات ذو البذور أو غيرهما.

2) أن تكون سليمة تامة النضج ذات قوة حفظ طبيعية.

3) أن تكون خالية من الحشرات وأطوارها المختلفة.

خطوات تجفيف العنب:

1) جني المحصول عند تمام النضج حيث تصل نسبة المواد الصلبة الذائبة ومركبات النكهة إلي أقصاها.

2) غمر عناقيد العنب في محلول ساخن من الصودا الكاوية تركيزه 0.5٪ لمدة بضع ثواني وذلك للتخلص من الطبقة الشمعية التي تغطي حبات العنب حتى تسهل عملية تبخير الماء أثناء التجفيف.

3) تغسل عناقيد العنب بالماء البارد حتى يتم إزالة أثار القلوي تماما.

4) تجرى عملية الكبرتة بالغمر في أحد محاليل حامض الكبريتوز بحيث تصل نسبة ثاني أكسيد الكبريت إلى 800 – 1500 جزء في المليون في المنتج النهائي حتى يمكن الحصول على زبيب لونه فاتح ومرغوب.

5) تفرد العناقيد على صواني خشبية وتوضع في الشمس لمدة 2 – 3 أسابيع مع التقليب ثم تكمل عملية التجفيف في الظل حيث ترص الصواني فوق بعضها وتترك حتى يتم استوائها وتنتهي عملية التجفيف عندما تصل نسبة الرطوبة في الزبيب إلى 15 – 18٪ وفي حالة استخدام التجفيف الصناعي ترص عناقيد العنب بعد إجراء عملية الكبرتة على صواني خاصة وتوضع في المجفف ذي الانفاق على درجة حرارة 155 – 165° ف وتستغرق عملية التجفيف حوالي 20 – 25 ساعة.

6) بعد انتهاء عملية التجفيف ترص العناقيد في صناديق وتكبس جيدا مع مراعاة عدم تكسرها حتى يسهل إزالتها بعد ذلك وتترك لمدة 2 – 3 أسابيع حتى يتم تجانس الرطوبة ودرجة الحلاوة في الزبيب ثم يفصل الزبيب من العناقيد يدويا أو آليا باستخدام ماكينات خاصة.

obeikandl.com

7) يعبأ الزبيب الناتج في عبوات مناسبة تحافظ على الخواص المميزة للمنتج ويوضح عليها البيانات التالية والتي تحددها المواصفات القياسية المصرية:

1) عبارة زبيب ونوعه.

2) اسم المنتج وعنوانه وعلامته التجارية.

3) الوزن الصافي.

4) تاريخ الإنتاج وتاريخ انتهاء الصلاحية.

5) في حالة إجراء عملية الكبرتة تدون نسبة ثاني أكسيد الكبريت على العبوة.

6) عبارة صنع في مصر في حالة الانتاج المحلي.

ويجب أن تكتب البيانات باللغة العربية بخط واضح ويجوز كتابتها بلغة أخرى بجانب اللغة العربية بخط أصغر.

وبالنسبة للزبيب الناتج تحدد المواصفات القياسية المصرية – الاشتراطات الآتية:

1) أن يكون الزبيب متجانس اللون لامعاً.

2) أن يتراوح لونه بين الأصفر الباهت والعقيقى.

3) أن يكون خاليا من بقايا الأعناق الثمرية.

4) أن يكون خاليا من الروائح والطعم الغريب.

5) أن يكون نظيفا خاليا من الأتربة والرمال أو أية أجزاء معدنية.

6) أن يكون خاليا من الاصابات الحشرية.

7) لا تقل نسبة الرطوبة في الزبيب عن 15٪ ولا تزيد على 18٪ .

8) لا تزيد نسبة ثاني أكسيد الكبريت على الحدود المسموح بها صحيا.

9) أن يكون خاليا من النموات الفطرية وسمومها الضارة.

10) أن يكون خاليا من الميكروبات الممرضة وسمومها الضارة.

obeikandi.com

2- لفائف المشمش المجفف «قمر الدين»:

قمر الدين حسب تعريف المواصفات القياسية هو ناتج تجفيف العجينة الناتجة من هرس المشمش التام النضج والتلوين والمجهز علي صوره لفائف. ويشترط فى ثمار المشمس المستخدمة أن تكون سليمة تامة النضج خالية من الحشرات أو أجزائها أو أطوارها أو الاصابات الفطرية.

ويتم الحصول على لفائف قمر الدين باتباع الخطوات الآتية:

1) جني المحصول عند تمام النضج واكتمال التلوين.

2) إجراء عملية الغسيل للثمار للتخلص من الأتربة وآثار المبيدات.

3) إجراء عملية الفرز لاستبعاد أي ثمار غير مطابقة للمواصفات المطلوبة.

4) إجراء عملية الكبرتة للثمار الكاملة باستخدام غاز ثاني أكسيد الكبريت.

5) تهرس الثمار ويتم التخلص من النوى ويعصر اللب الناتج ويصفي.

6) يوضع العصير المتحصل عليه في الخطوة السابقة في صواني خشبية مع مراعاة دهانها بزيت الزيتون حتى لا تلتصق اللفائف الناتجة بالصواني ويصعب الحصول عليها سليمة.

7) تترك الصواني في الشمس حتى يجف العصير تماما وتستغرق العملية حوالي 3 – 4 أيام حيث تصبح نسبة الرطوبة في الناتج المجفف 16 – 18٪ .

هذا وتنص المواصفات القياسية المصرية على ضرورة توفر الاشتراطات الآتية في اللفائف الناتجة:

1) أن يكون المنتج خاليا تماما من البذور أو أجزائها أو المواد الغريبة.

2) أن يكون متجانساً في القوام واللون والطعم والرائحة المميزة لثمار المشمش التامة النضج ويحظر استخدام الألوان الصناعية.

3) أن يكون خاليا من التزنخ والروائح الغريبة.

4) أن تكون اللفائف مرنة غير ملتصقة يسهل فردها.

5) لا تزيد نسبة الرطوبة على 18٪.

6) لا تزيد نسبة السكريات الكلية على 70٪ محسوبة كسكريات أحادية.

7) لا تزيد نسبة الألياف على 3.5٪.

8) لا تزيد نسبة الحموضة الكلية على 5٪ محسوبة كحامض ستريك لامائي.

9)لا يزيد حد ثاني اكسيد الكبريت على 2000 جزء في المليون.

10) لا يزيد حد الزرنيخ على 0.1 جزء في المليون والرصاص على 2 جزء في المليون والنحاس على 10 جزء في المليون.

11) أن يكون المنتج خاليا من بكتريا القولون النموذجى.

12) لا يزيد عدد خلايا الفطر على 100 خلية / جم.

ويجب تعبئة اللفائف الناتجة في عبوات سليمة ونظيفة وبالطريقة المناسبة التي تؤدي لحمايتها من التلوث أو امتصاص الرطوبة من الجو ويجب أن يوضح على العبوة وبخط واضح اسم الصنف ونوعه والاسم التجارى للصنف واسم المنتج وعلامته التجارية أو احداهما وكذلك المكونات الأساسية والمواد المضافة والوزن الصافي وتاريخ الانتاج وتاريخ انتهاء الصلاحية وعبارة صنع في مصر في حالة الانتاج المحلي واشتراطات التخزين والتداول.

3- البصل المجفف:

البصل المجفف حسب تعريف المواصفات القياسية المصرية هو ناتج تجفيف البصل الطازج تجفيفا صناعيا بعد فصل قشرته الخارجية والساق القرصية والبصل المجفف المكبرت هو الذي يعامل قبل التجفيف بغاز ثاني أكسيد الكربت أو بغمر شرائحه أو قطعه أو مبشوره في محول يحتوي على أحد أملاح حمض الكبريتوز.

ويجفف البصل على صور مختلفة فقد يكون على هيئة حلقات أو شرائح أو على صورة مسحوق أو مجزأ بأحجام مختلفة أو على صورة بصل مفتت. وتعتبر صناعة تجفيف البصل من الصناعات الرائجة والتي تحتل مكانة بارزة حيث أن أصناف البصل المصري تمتاز بصفات جودة عالية وخاصة البصل الصعيدي حيث ترتفع به نسبة المواد الصلبة والحريفة وكذلك تتوافر النكهة المتميزة القوية.

هذا وتتم عملية تجفيف البصل باتباع الخطوات التالية:

1) اختيار الصنف المناسب.

2) إجراء عملية الفرز لاستبعاد الثمار التالفة أو المصابة.

3) إجراء عملية الغسيل ثم عملية التقشير سواء بالطريقة اليدوية أو باستخدام اللهب ويجب إزالة الجذور أو بقاياها وكذلك القمة وقد تجرى عملية التقشير أولا ثم يليها بعد ذلك الغسيل

4) تجهيز وإعداد البصل في الصورة التى سوف يجفف عليها ونظراً لرائحة البصل النفاذة فإن حجرة التقطيع يجب أن تزود بمصدر تهوية كما يجب الإسراع في عملية التقطيع والإعداد حيث أن طول فترة الإعداد يؤدي إلى زيادة نسبة الفقد في المواد الطيارة مما يؤثر على جودة البصل المجفف الناتج.

5) إجراء عملية الفرز للتخلص من بقايا القشور وأي مواد أخرى غريبة أو اجزاء بصل لا تصلح للتجفيف.

6) إجراء عملية الكبرتة للمحافظة على اللون الأبيض المرغوب للبصل المجفف الناتج.

7) يحمل البصل المكبرت على صواني التجفيف بمعدل رطل وربع للقدم المربع ويتم التجفيف على درجة حرارة 160° ف والأفضل أن تكون درجة الحرارة أقل من ذلك (135° ف) نظرا لحساسية المركبات المسئولة عن النكهة والحرافة لدرجات الحرارة المرتفعة وقد يجفف البصل على مرحلتين بحيث تكون درجة الحرارة في المرحلة الأولى 160° ف وفي المرحلة الثانية 135° ف وتستمر عملية التجفيف حتى تنخفض نسبة الرطوبة في البصل إلى 4 – 6٪ .

وهذا وتحدد المواصفات القياسية المصرية بعض الاشتراطات والصفات العامة والخاصة للبصل المجفف نذكرها فيما يلي:

اولا: الاشتراطات والصفات العامة:

1) يجب أن يكون محتفظا بمعظم حرافته ونكهته عند اعادته إلى حالته الأصلية.

2) أن يكون متجانس اللون وأن يكون لونه أبيض مائل إلى الصفرة «عاجي».

3) أن يكون خاليا من القشور والمواد الغريبة والأجزاء المحروقة أو داكنة اللون وأي رائحة غريبة أخري والحشرات وأجزاءها.

4) يجب أن لا تزيد نسبة ثاني أكسيد الكبريت في البصل المجفف المكبرت على 500 جزء في المليون.

5) يجب أن لا تزيد نسب المعادن خاصة المعادن الثقيلة عن الحدود المسموح بها في المواد الغذائية طبقا لقوانين وزارة الصحة.

6) يجب أن لا تزيد نسبة الرماد الكلي على 4٪ بالوزن.

7) يجب أن لا تزيد نسبة الرماد غير الذائب في الحمض على 0.1٪ بالوزن.

8) لا يزيد الجزء من الرماد غير القابل للذوبان في الماء الساخن على 20٪.

9) أن يكون العد الميكروبي للمنتج النهائي كما يلي:

أ – لا يزيد عدد الفطر على 1000 خلية في الجرام.

ب– لا يزيد عدد خلايا الخميرة على 1100 خلية في الجرام.

جـ– لا يزيد عدد البكتريا الثرموفيلية اللاهوائية التى تفرز غاز كبريتيد الايدروجين على 15 خلية/ 100 جرام.

د– لا يزيد عدد البكتريا الثرموفيلية اللاهوائية التي لا تفرز غاز كبريتيد الايدروجين على 15 خلية/ 100 جرام.

هـ– أن يكون خاليا تماماً من بكتريا القولون النموذجي.

و – لا يزيد العدد الكلي للبكتريا على 300 ألف/جرام في المتوسط من البصل المجفف عند التحضين على درجة 32° م لمدة 48 ساعة.

ثانيا: الاشتراطات والصفات الخاصة:

عنـــد تجفيف البصل على هيئة حلقات أو شرائح يتم تقطيعه واعداده للتجفيف بسمك $\frac{1}{4} - \frac{1}{8}$ بوصة ويشترط أن يتوفر في الناتج المجفف المواصفات الآتية:

1) أن تكون الحلقات أو الشرائح قابلة للتقصف بسهولة مكونة حافة حادة عند موضع الكسر.

2) لا تزيد نسبة الرطوبة فيها على 7٪.

3) لا يمر 60٪ منها على الأقل من منخل قطر ثقوبه 16مم ولا يزيد ما يمر منها من منخل قطر ثقوبه 12مم على 5٪ .

4) أن يسترد الناتج المجفف شكله الأصلي تقريبا في فترة لا تتجاوز ثلاثين دقيقة بعد وضعه في ماء مغلي.

وبالنسبة للبصل المجفف المجزأ الكبير يجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة به على 6٪ وأن يمر 80٪ منه على الأقل من منخل قطر ثقوبه 16 مم ولا يزيد ما يمر منه على منخل قطر ثقوبه 12مم على 5٪ وفي حالة البصل المجفف المجزأ المتوسط يجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة به على 6٪ وأن يمر 80٪ منه على الأقل من منخل قطر ثقوبه 12مم ولا يزيد ما يمر منه من منخل قطر ثقوبه 8 مم على 5٪ أما البصل المجفف المجزأ الصغير فيجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة به أيضا على 6٪ وأن يمر 80٪ منه على الأقل من منخل قطر ثقوبه 8 مم ولا يزيد ما يمر منه من منخل قطر ثقوبه 2.38 مم على 5٪ .

كما تنص المواصفات بالنسبة للبصل المجفف المفتت على أن لا تزيد نسبة الرطوبة به على 6٪ وأن يمر 80٪ منه على الأقل من منخل قطر ثقوبه 2.38 مم ولا يزيد ما يمر منه من منخل قطر ثقوبه 0.64 مم على 5٪ .

وبالنسبة للبصل المجزأ غير المصنف يجب أن لا تزيد نسبة الرطوبة على 6٪ وأن لا يزيد مالا يمر منه من منخل قطر ثقوبه 2.38 مم على 5٪ وأخيرا بالنسبة للبصل المجفف المسحوق تنص المواصفات علي أن نسبة الرطوبة به يجب أن لا تزيد على 5٪ وأن يكون متدفقا يسهل سكبه عند تفريغه من العبوة وأن لا يزيد مالا يمر منه من منخل قطر ثقوبه 0.64 مم علي 5٪.

وتقرر المواصفات القياسية المصرية أيضا أنه يجوز انتاج البصل المجفف صناعيا بجميع أشكاله إذا كان محمصا على أن تكون له المواصفات القياسية التالية:

1) أن يكون ذا لون بني فاتح.

2) أن يكون ذا رائحة طبيعية.

3) أن يكون خاليا من البصل المحروق.

4) أن لا تزيد نسبة الرطوبة في البصل المجزأ على 3.5٪ وفي البصل المسحوق على 4٪ .

هذا ويدرج البصل المجفف الناتج بجميع أشكاله ما عدا المفتت إلى الرتبتين الآتيتين:

1) الرتبة الممتازة:

لاتزيد نسبة العيوب بها على 2٪ بالوزن والبصل المجفف المسحوق من هذه الرتبة يجب ألا تزيد نسبة ما يمر منه من منخل قطر ثقوبه 0.64 مم على 2٪ بالوزن.

2) الرتبة القياسية:

لاتزيد نسبة العيوب بها على 7٪ بالوزن .

وتشمل العيوب المشار إليها في هذه الرتب الحروق والألوان الغريبة والأجزاء السوداء الناتجة عن عملية التجفيف سواء كان العيب كليا أو جزئيا وأجزاء الحامل النوري (الحنبوط).

ومن ناحية التعبئة فإن العبوات يجب أن تكون سليمة ومتينة ونظيفة وجافة وخالية من الرائحة الغريبة ومحكمة القفل ويجب أن يوضح على العبوات البيانات التالية:

1) عبارة بصل مجفف وشكله أو كلمة محمص إذا كان محمصا.

2) الرتبة.

3) الحد الأعلى لنسبة الرطوبة.

4) اسم المصدر أو المنتج وعلامته التجارية أو أحدهما.

5) عبارة «انتاج ج. م. ع».

ويجب أن يخزن البصل المجفف بعد تعبئته في مخازن مهواة نظيفة جافة خالية من الحشرات والفطريات.

حسابات الكبرتة والتجفيف:

١) حسابات عملية الكبرتة:

تجرى عملية الكبرتة كما سبق ذكره أما باستخدام غاز ثاني أكسيد الكبريت (كب أ٢) الناتج من حرق زهر الكبريت حيث يتم تعريض الثمار للغاز في غرف خاصة أو غمر الثمار في محلول أحد أملاح حمض الكبريتوز مثل كبريتيت الصوديوم (ص٢ كب أ٣) أو ميتا كبريتيت الصوديوم (ص٢ كب أ٥) أو خليط منهما وتتوقف مدة التعريض أو الغمر في

المحلول على التركيز المطلوب من غاز ثاني أكسيد الكبريت في المنتج. ولتوضيح حسابات هذه العملية نذكر المثال التالي:

إذا علمت أن:

أ – وزن المنتج المجفف 100 كجم .

ب– التركيز المطلوب من غاز كب أ$_2$ في المنتج المجفف 500 جزء في المليون.

جـ– نسبة الفقد في كمية كب أ$_2$ اللازمة 25٪ .

د – كفاءة غرف حرق زهر الكبريت 60٪ .

فاحسب كمية زهر الكبريت – كبريتيت الصوديوم – ميتاكبريتيت الصوديوم اللازمة لإجراء عملية الكبرتة في كل حالة.

الحل:

1) كمية كب أ$_2$ اللازمة:

10000000 جزء من المادة المجففة تحتوي على 500 جزء (كب أ$_2$)

$1000 \times 1000 \times 100$ ـــــــــــــــــــ س

$$\text{س} = \frac{500 \times 1000 \times 1000 \times 100}{1000000} = 50000 \text{ جزء في المليون}$$

= 50 جم كب أ$_2$

2) كمية كب أ$_2$ اللازمة بعد حساب نسبة الفقد

كل 100 وحدة وزنية من كب أ$_2$ يفقد منها 25

50 ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ س

$$\text{س (كمية كب أ}_2\text{ المفقودة)} = \frac{25 \times 50}{100} = 12.5 \text{ جم}$$

كمية كب أ$_2$ اللازمـــة = 50 + 12.5 = 62.5 جم

أو

$$= \frac{125 \times 50}{100} = 62.5 \text{ جم}$$

3) كمية زهر الكبريت اللازمة:

كب $_2$ أ $\frac{\text{عملية الحرق}}{\text{في وجود أ}_2}$ ك أ $_2$

32 ← 64

س ← 62.5

س (كمية زهر الكبريت) = $\frac{32 \times 62.5}{64}$ = 31.25 جم

4) كمية زهر الكبريت اللازمة تبعا لكفاءة غرف الحرق

كل 100 وحدة وزنية من زهر الكبريت يحرق منها 60 .

س ← 31.35

س (كمية زهر الكبريت) = $\frac{100 \times 31.25}{60}$ = 52 جم تقريبا

5) كمية كبريتيت الصوديوم اللازمة:

ص$_2$ كب أ$_3$ ← كب أ$_2$ + ص$_2$ أ

126 ← 64

س ← 62.5

س (كمية كبريتيت الصوديوم المطلوبة) = $\frac{126 \times 62.5}{64}$ = 123 جم

6) كمية ميتاكبريتيت الصوديوم اللازمة:

ص$_2$ كب$_2$ أ$_5$ ← 2 كب أ$_2$ + ص$_2$ أ

190 ← 128.8

س ← 62.5

س (كمية ميتا كبريتيت الصوديوم المطلوبة) = $\frac{190 \times 62.5}{128}$

= 93 جم تقريبا

obeikandl.com

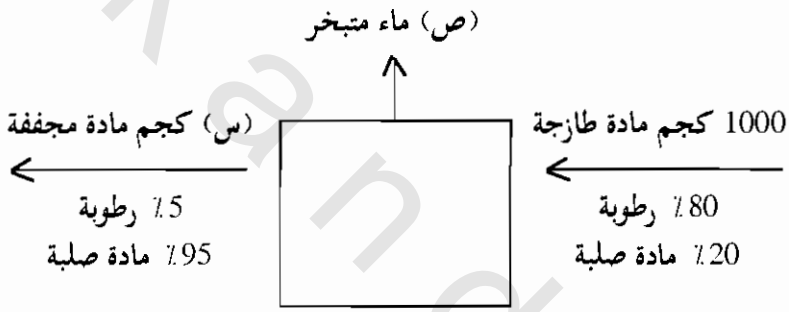
وهكذا نرى أن عملية الكبرتة لهذا المنتج تحتاج إلى 52 جم من زهر الكبريت أو 123 جم من كبريتيت الصوديوم أو 93 جم من ميتا كبريتيت الصوديوم.

2 - حسابات عملية التجفيف:

إذا كان المراد تجفيف طن مادة خام نسبة الرطوبة بها 80٪ بحيث تصبح نسبة الرطوبة في المنتج النهائي 5٪ - احسب وزن المادة الجافة الناتجة وكذلك نسبة التجفيف.

الحل:

يمكن إجراء الحسابات المطلوبة بتطبيق ميزان المادة كمايلي:



الميزان الإجمالي:

وزن المواد الداخلة إلى المجفف = وزن المواد الخارجة منه

1000 كجم مادة طازجة = (س) كجم مادة جافة + ص كجم بخار ماء.

ميزان المواد الصلبة:

وزن المواد الصلبة الداخلة = وزن المواد الصلبة الخارجة

$$\frac{20 \times 1000}{100} = \frac{95 \times س}{100} + \frac{صفر \times ص}{100}$$

$$95 \text{ س} = 20000$$

$$\text{س (وزن المادة المجففة)} = \frac{20000}{95} = 210.5 \text{ كجم}$$

نسبة التجفيف = وزن المادة الجافة : وزن المادة الطازجة

1000 : 210.5 =

4.75 : 1 =

المراجـــع

- Bhandari, B. R., Senoussi, A., Dumoulin, E. D., and Lebert, A. (1993). Spray Drying of Concentrated Fruit Juices. Drying Technol. II (5), 1.81 - 1092.
- Boersen, A. C. (1990). Spray Drying Technology J. Soc. Dairy Technol. 43 (1), 5-7.
- Charm, S. E. (1978). Dehydration of foods. In The Foundamentals of Food Engineering, S. E. Charm (Editor).AVI Publishing Co., Westport, Ct, pp. 298 - 408.
- Chung, D. S. and Chang, D. I (1982). Principles of food dehydration. J. Food Protect. 45 (5), 475 - 478 .
- Dalgleish, J. (1990). Freeze – drying for the Food Industries. Elsevier Science Publishers, London.
- Fellows, P. J. (2000). Food Processing Technology. Principles and Practice. sec. ed. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC Cambridge. England.
- Furuta, T., Hayashi, H.., and Ohashis, T. (1994). Some criteria of spray Dryer Design for Food Liquid. Drying Technol. 12 (112) 151 - 177.

obeikandl.com

- Potter, N. N. and Hotchkiss, J. H. (1995). Food Science. 5th ed. Chapman & Hall, New York.
- Ryall, A. L. and Pentzer, W. T. (1982). Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. 2nd.ed. vol 2. AVI Publishing Co. Westport, CT.
- Weiser, H. H., Mountney, G. J., and Gould, W. A. (1971) Practical Food Microbiology and Technology. 2nd ed. AVI Publishing Co., Westport, CT.

obeikandl.com