الفصل الرابع عشر

الأغذية المجففة

تاريخ ومزايا التجفيف . الأساس فى صناعة التجفيف . طرق التجفيف . التجفيف الشمسى . التجفيف الصناعى . أنواع المجففات . مجففات النفق . مجففات الناقلات . مجففات المقصورة . مجففات الأفران . المجففات الأسطوانية . مجففات الضغط المنخفض . مجففات التقليب . مجففات الرذاذ . مجففات الحابية . المجففات الأخرى . خطوات عملية التجفيف . الحصاد . الغسيل التقشير والتجزئ . الغمس فى المحاليل القلوية . الكبرتة . السلق . تجفيف ثمار الفاكهة الكاملة . تجفيف الفاكهة المجزأة . تجفيف عصير البرتقال . تجفيف الخضروات . تجفيف البصل . تجفيف الثوم . تجفيف الطماطم . تجفيف البطاطا . تجفيف البسلة . تجفيف اللحوم . تجفيف الأسماك . تجفيف اللبن . تجفيف القشدة . تجفيف اللبن الخض . تجفيف الشرش . تجفيف الجبن . تجفيف الخميرة . تجفيف دهون الخبيز . مساحيق المشروبات المحلاة . مسحوق البودنج . الحساء المجفف . تجفيف البيض . تشرب وطهى الأغذية المجففة . القيمة الغذائية للأغذية المجففة . تخزين الأغذية المجففة . تعبئة الأغذية المجففة . ضغط الأغذية المجففة . العوامل التى تحدد مدة التجفيف . الكشف عن الإنزيمات فى المواد المجففة . تقدير الرطوبة فى المواد المجففة . حساب كمية الحرارة وكمية وسرعة الهواء . تصميم المجفف ذى النفق . حساب نسبة التجفيف . مركز صناعة التجفيف فى جمهورية مصر العربية . قطاعات المجففات .

بدأت خبرة الإنسان فى تجفيف المواد الغذائية بقصد المحافظة عليها من الفساد أثناء التخزين فى الدول العربية ودول حوض البحر الأبيض المتوسط ، حيث استخدمت حرارة الشمس فى تجفيف ثمار الفواكه . وقد تقدمت صناعة التجفيف إبان الحرب العالمية الثانية . غير أنها عادت إلى التدهور فى أعقاب الحرب . وتفيد التجارب أن المواد الغذائية المعتنى بتجفيفها يحتفظ معظمها بخواصه عند تخزينه على درجة حرارة مناسبة تقل عن ٧٥° فهرنهيت لفترة قصيرة ، وقد يمكن حفظ الأغذية المجففة فى حالة صالحة للاستهلاك بتخزينها على درجة ٩٠° فهرنهيت لمدة بضعة أشهر . وعموماً يمكن أن يقال إن المواد الغذائية المجففة تتعرض للفساد أثناء تخزينها تدريجيًّا ، وتتوقف سرعة حدوث الفساد على ظروف التخزين .. والمفهوم أن الأغذية المجففة تقل فى جودتها من وجهة الطعم عن نظيرتها الطازجة فى كثير من الحالات . خصوصاً فى حالتى اللبن والبيض المجففين ، غير أنه لوحظ إقبال المستهلكين على بعض الأغذية المجففة مفضلين إياها على نظيرتها الطازجة كما فى حالات البصل والثوم والتوابل ، ومما لا شك فيه أن الأغذية المجففة تعتبر أقل جودة من الأغذية الطازجة والمجمدة والمحفوظة فى أوان محكمة القفل بالتعقيم . وأهم الصعوبات التى تعترض صناعة تجفيف الأغذية اثنتان ، هما صعوبة التحكم فى ظروف تخزين الأغذية المجففة لمنع فسادها كيماويًّا وحيويًّا وميكرو بيولوجيًّا ثم ضرورة إعطاء الأغذية المجففة بعض الوقت لتسترد مظهرها شبه الطازج قبيل الطهى والاستهلاك ، وهذا الوقت أطول مما يلزم فى حالة الأغذية المجمدة كما أنه ليس مطلوباً للأغذية الطازجة أو المحفوظة بالتعقيم فى الأوانى المحكمة القفل . غير أن صناعة التجفيف لا تخلو من مزايا لا تتوفر فى صناعات الحفظ الأخرى وأهمها المزايا الثلاث التالية :

١ – تقليل نفقات نقل وتخزين الأغذية المجففة وصغر الحيز اللازم

لتخزينها . بسبب طرد حوالى ٩٠ إلى ٩٥ فى المائة من رطوبة المواد الغذائية أثناء التجفيف

٢ — طريقة التجفيف قليلة التكاليف خصوصاً فى حالة استخدام طاقة الشمس فى تجفيف الأغذية .

٣ — سهولة تخزين الأغذية المجففة مقارناً بتخزين الأغذية الطازجة أو المبردة أو المجمدة ، إذ فى الحالات الأخيرة يقتضى الأمر التحكم فى درجتى الحرارة والرطوبة تماماً .

ولا يخفى أن تجفيف المواد الغذائية قد يكون أمراً ضرورياً تحتمه الظروف ، مثال ذلك هطول الأمطار بغزارة على المحصول مما يعرضه للفساد يستلزم تجفيف هذا المحصول للمحافظة عليه .

الأساس فى صناعة التجفيف :

تجفيف الأغذية هو خفض نسبة الرطوبة بها إلى حد معين تحت ظروف محددة من درجة الحرارة والرطوبة النسبية خلال مدة محددة مناسبة . وتستخدم الحرارة لطرد الرطوبة تحت ظروف درجة الحرارة المتساوية isothermally كما فى طريقة التجفيف تحت ضغط منخفض vacuum drying والتجفيف باستخدام حرارة الإشعاع ، أو بالنظام المكظوم أى اللاتبادلى adiabatically كما فى مجففات الرذاذ ومجففات النفق ومجففات الأفران Kilns . ففى مجففات النفق يستخدم الهواء الساخن لتجفيف المواد الغذائية ويمرر عليها بسرعة ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ قدم فى الدقيقة ، بينما فى الخابية Kilns يمرر الهواء بسرعة مائة قدم فى الدقيقة . وعادة يجرى تجفيف الأغذية فى نطاق ضيق من درجات الحرارة ، كما لا يختلف تركيب الهواء الخارج من المجفف بشكل واضح عن تركيب الهواء الداخل إلى المجفف من وجهة نسبة عدد أرطال بخار الماء فى الهواء إلى عدد أرطال الهواء الجاف فى النظام الأخير المكظوم أى اللاتبادلى adiabatic ، وهذا يعنى أنه فى هذا النظام تظل درجة حرارة الترمومتر الرطب ثابتة تقريباً . وفى مجففات النفق البالغ طولها ٣٠ إلى ٦٠ قدماً لا يتجاوز التغير فى درجة حرارة

الترمومتر الرطب درجتان فهرنهيت عندما يبلغ الانخفاض فى درجة حرارة الترمومتر الجاف ثلاثين درجة فهرنهيت . ويعتبر الهواء هو وسيلة نقل الحرارة إلى المواد الغذائية المراد تجفيفها المحملة على صوان مرصوصة فوق عربات متحركة ، غير أنه يمكن استبدال الهواء بغاز . وعادة يعاد إمرار جزء من هواء العادم الخارج من المجفف بمزجه بالهواء الجاف الطازج الداخل للمجفف للاستفادة من حرارته ، ويقدر هذا الجزء بحوالى ثلاثة أرباع إلى خمسة أسداس هواء العادم ، وذلك عند تجفيف الفواكه ، لكنه لا يتبع هذا النظام فى حالة تجفيف الخضراوات إلى درجة من الرطوبة منخفضة كثيراً .

طرق التجفيف :

للتجفيف طريقتان أساسيتان ، هما التجفيف الشمسى Sun drying أى باستخدام حرارة الشمس والتجفيف الصناعى dehydration الذى تستخدم فيه حرارة الأفران أو الكهرباء .

التجفيف الشمسى :

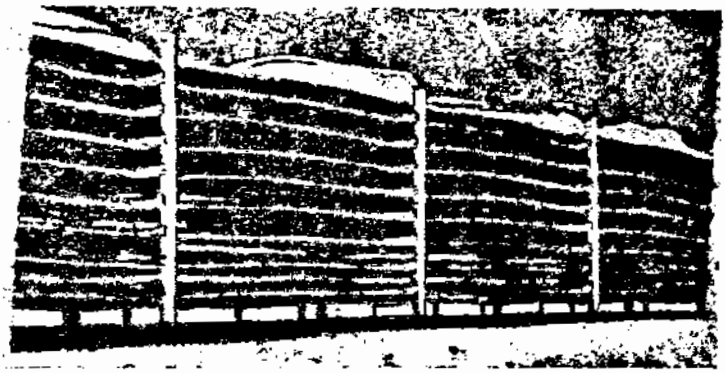
يستخدم التجفيف الشمسى أساساً لتجفيف الأسماك وكذلك عدد من الفواكه كالمشمش والخوخ والكمثرى والتين والعنب . وتتلخص خطوات عملية تجفيف ثمار المشمش والخوخ والكمثرى فى غسيل الثمار وتقطيعها إلى أنصاف وإزالة البذور أو كأس الزهرة ، ثم ترص أجزاء الثمار على صوانى التجفيف مع مراعاة جعل اتجاه الجزء المجروح من الثمرة لأعلى . ويلى ذلك تعريض الصوانى بما عليها من ثمار لأبخرة غاز ثانى أكسيد الكبريت المتصاعدة من فرن حرق الكبريت لمدة معينة تتوقف على نوع وتركيب ودرجة نضج الثمار . وعقب الكبرتة تنشر الصوانى على أرضية المنشر المعد للتجفيف وتترك كذلك حتى تصل الثمار إلى ثلثى درجة جفافها المرغوبة أو حتى تبدو ثمار الكمثرى شبه شفافة ، وتجمع الصوانى وترص فوق بعضها ليستكمل تجفيف الثمار عليها فى الظل . وفى حالة القراصيا تغسل ثمار البرقوق وتغمس فى محلول قلوى ساخن لمدة

نصف دقيقة تقريباً بقصد إحداث تشققات فى قشرة الثمرة مما يساعد على خروج الرطوبة من الثمار ، ثم ترص على الصوانى وتجفف بنفس الطريقة السابق شرحها .

(شكل ٢٦) التجفيف الشمسى المرقوق

وتستعمل صوان من الورق أو من الخشب فى تجفيف العنب غير المعامل بالقلوى . وينصح بتقليب الثمار مرة على الأقل أثناء عملية التجفيف بسبب بطء سير العملية . وعندما توشك الثمار على الجفاف تجمع الصوانى وترص فوق بعضها وتترك فى الظل بضعة أيام لتتجانس رطوبتها وحلاوتها . وعند الرغبة فى إنتاج زيت أبيض تبيض ثمار العنب بالغاز الكبريتى ثم تغمس فى القلوى لإحداث التشقق فى الثمار ، وترص على صوان من الخشب وتكبرت ثم تنشر الصوانى فى الشمس وتترك حتى تأخذ الثمار المظهر المطلوب ، وهذا يستغرق بضع ساعات بعدها ترص الصوانى فوق بعضها وتترك فى مكان مظلل حتى يتم جفافها مع مراعاة تقليب الثمار من وقت لآخر . ومن الطرق المتبعة فى بعض الدول كأستراليا غمس ثمار العنب فى مستحلب زيت زيتون قلوى ثم رص الثمار على صوان من السلك المثقب ترفعها حوامل عن سطح الأرض وبذلك يتحاشى تراكم مياه المطر على الثمار . وتساعد المعاملة بالزيت على تحسين لون الزبيب إذ يكون عنبرياً فاتحاً أو داكناً .

ولا يحتاج البلح إلى معاملة خاصة فى التجفيف إذ يجف على النخيل بدرجة كافية فى أغلب الأحيان . أما التين فيتساقط على الأرض عندما يبلغ حوالى نصف درجة الجفاف المرغوبة .



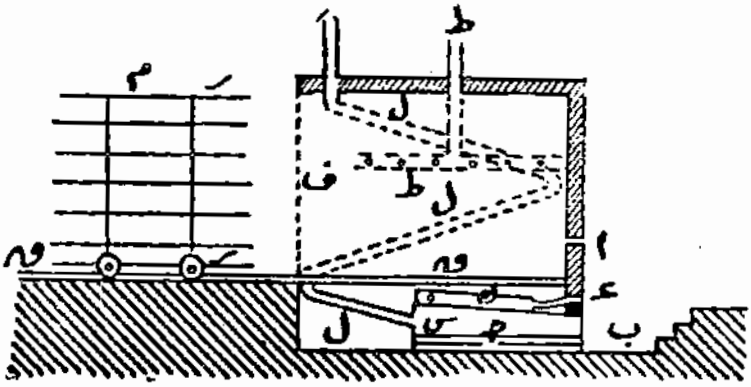
(شكل ٢٧) رفوف تجفيف العنب

التجفيف الصناعى :

تستعمل مجففات مختلفة النظم فى تجفيف المواد الغذائية ، ويتوقف اختيار أحدها للصناعة على نوع المادة المراد تجفيفها . فالفواكه والخضروات تجفف فى مجففات النفق بينما اللبن والبيض يجففان بمجففات الرذاذ . وأشهر أنواع المجففات المستخدمة تجاريًا هى :

١ — مجففات النفق Tunnel Driers المعروفة أحياناً باسم tunnel and truck dehydrater : وفيها يمرر تيار من الهواء الساخن على المواد الغذائية المعرضة على صوان . وقد تكون هذه المجففات ذات نظام شبه مستمر أو مستمر تبعاً لطول النفق . ويتكون هذا المجفف من نفق للتجفيف ومسخن للهواء ومروحة لتنظيم دوران الهواء . وتدخل العربات المحملة بالصوانى والمواد الغذائية الرطبة من أحد طرفى النفق وتستمر فى الاندفاع حتى تخرج من الطرف الآخر ، خلال بابين محكمين مانعين لتسرب وفقد الحرارة ، أحدهما للدخول والآخر للخروج . ويتفاوت طول النفق تبعاً لنوع المادة الغذائية المراد تجفيفها وتبعاً لنظام المجفف . وينظم حركة الهواء مروحة أو أكثر ، إلا أن الشائع هو تركيب مروحة واحدة عند أحد طرفى مكان التسخين الذى قد يقع فى أحد جانبى المجفف فوق أو تحت نفق التجفيف . وكثيراً ما يعمد الصناع

إلى تشييد عدة أنفاق متجاورة وفى هذه الحالة يمكن استعمال وحدة واحدة من معدات تسخين وتنظيم حركة الهواء لكل نفقين متجاورين .



(شكل ٢٨) فرن تسخين هواء التجفيف .

(ا) مدخل الهواء البارد (ء) مدخل الهواء المراد تسخينه (ك) غرفة التسخين
(ف) مكان اللهب (ح) صينية الرماد (ل) الدخان (ط) منافذ طرد الهواء الرطب
(ق) باب (ق) قضيب العربات (م) عربة (ر) حوامل الصواني

يسخن هواء التجفيف بالحرارة المباشرة direct heat أو بالإشعاع المباشر direct radiation أو بالإشعاع غير المباشر indirect radiation . فى الطريقة الأولى تمتزج الغازات الناتجة من الاحتراق بالهواء مع مراعاة ألا يكون بها ناتجات احتراق تضر بصفات المواد الجارى تجفيفها . وعادة يستعمل غاز لتوليد الحرارة وقد يستعمل زيت مع تحاشى استعمال الأفران القديمة التى قد تسبب تكون سناج على المواد الغذائية . ولا يجوز استخدام الفحم أو الخشب فى هذه الطريقة . وتتميز طريقة الحرارة المباشرة بإمكان الاستفادة من أكبر قدر ممكن من الحرارة المتولدة وبانخفاض تكاليف الإنشاء والصيانة وبانتظام درجة الحرارة . إلا أنه يعترض على هذه الطريقة بأمرين أولهما ضرورة استعمال مواد نقية كوقود وثانيهما احتمال تلوث المواد الغذائية ببعض ناتجات الاحتراق . وفى طريقة الإشعاع المباشر يسخن الهواء بملامسته لجدران فرن الاحتراق أو للمواسير وبذلك يضمن عدم تلوث المواد الغذائية بناتجات احتراق

الوقود . إلا أن طريقة الإشعاع المباشر باهظة التكاليف بالنسبة للإنشاء وللصيانة ، كما أن الفقد فى الحرارة يكون كبيراً نسبياً وتكون درجة الحرارة غير منتظمة . وفى طريقة الإشعاع غير المباشر تنتقل الحرارة من الفرن إلى الهواء عن طريق مواسير بها ماء ساخن أو بخار ، وهذه طريقة جيدة تتميز بإمكان استخدام وقود منخفض الثمن وبإمكان تنظيم درجة الحرارة أوتوماتيكياً وبإمكان تحديد مواقع التسخين . إلا أن هذه الطريقة الأخيرة تتكلف نفقات كثيرة فى الإنشاء والصيانة وتحتاج إلى تنظيم لمدرجة الحرارة ، كما يحدث بها فقد كبير فى الحرارة المتولدة .

ومما يفيد اقتصادياً أن يمرر جزء من هواء العادم المستخدم فى التجفيف مرة أخرى على المسخن ثم على المواد الغذائية للاستفادة من حرارته ، وتفيد هذه العملية فى منع حدوث حالة الجفاف السطحى case hardening أى تصلب الطبقة الخارجية من سطح المادة الغذائية مما يعوق تسرب الرطوبة إلى الخارج وبذلك يبقى مركز قطع المواد الغذائية رطباً ، خصوصاً عندما تكون الثمار كاملة أى غير مجزأة .

(شكل ٢٩) نوع من المراوح المستخدمة فى المجففات

ويمرر الهواء فى الأنفاق بنظم مختلفة أشهرها النظام العكسى Countercurrent والنظام الموازى Parallel - Current والنظام العمودى Cross Flow ونظام المدخل الوسطى Center inlet ونظام المخرج الوسطى Center exhaust والنظام المزدوج multiple - stage . ويؤثر النظام المتبع لإمرار الهواء فى قدرة كفاية المجفف وفى مدى سهولة عملية التجفيف والنظم الشائعة لدوران الهواء فى مجففات النفق هى :

١ — **النظام العكسى** : وفيه يتحرك كل من الهواء والعربات المحملة بالمواد

الغذائية فى اتجاه مضاد للآخر داخل نفق التجفيف . وعادة يمزج الهواء الجاف الطازج بجزء من الهواء الذى أتم دورته فى المجفف ويسخن الخليط ويدفع فى النفق من طرفه الجاف dry end أى الطرف الذى تخرج منه المنتجات المجففة فيتجه الهواء إلى الطرف الرطب wet end حيث يخرج جزء منه فى صورة هواء عادم محمل بالرطوبة بينما يعود جزء منه للدوران فى النفق ثانية . ويتميز هذا النظام بإحداث ارتفاع تدريجى فى درجة الحرارة أثناء تحرك المادة الغذائية من الطرف الرطب البارد إلى الطرف الجاف الساخن فيساعد ذلك على تبخر بقية الرطوبة إذ أنها تكون أصعب تبخراً كلما انخفضت نسبتها أى كلما قربت المادة الغذائية من الطرف الجاف . وهذا النظام مفيد فى تجفيف الفاكهة بالذات إذ أنها تستلزم التجفيف التدريجى ببطء منعاً لتلفها ، وهذا ليس ضرورياً فى حالة الخضروات .

(شكل ٣٠) النظام العكسى فى المجففات (أعلى) والعربات المحملة بالصوانى (أسفل)

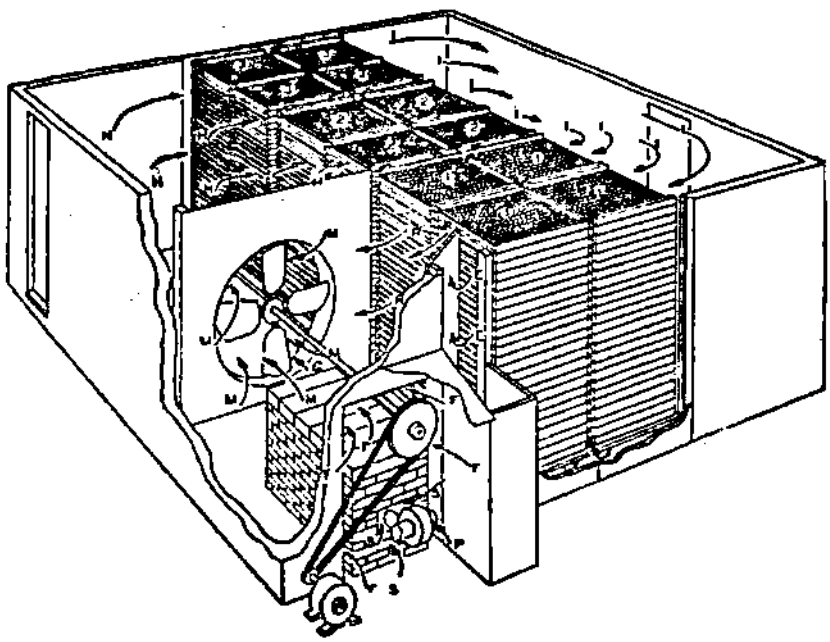
(ب) النظام الموازى : وفيه يمرر الهواء فى نفس الاتجاه الذى تسير فيه العربات المحملة بالمواد الغذائية ، وفيما عدا ذلك يتشابه تركيب المجفف مع سابقه الذى يستخدم فيه النظام العكسى . ويمكن فى هذا النظام الموازى استخدام هواء ذى درجة حرارة أكثر ارتفاعاً منها فى النظام العكسى دون أن تتعرض المواد الغذائية للتلف إذ أن درجة حرارة المواد الغذائية عند الطرف الرطب تكون قريبة من درجة حرارة الترمومتر المبتل ، غير أنه يلاحظ أن الهواء عند الطرف الجاف يكون أكثر برودة وأكثر رطوبة فلا يقوى على استكمال جفاف المواد الغذائية إلا فى حالة تحميل الصوانى بكميات صغيرة

من المواد الغذائية . ويعتبر هذا النظام غير مرض فى حالة تجفيف المواد الغذائية التى تتطلب تجفيفاً بطيئاً مثل البرقوق ، لكنه مفيد تماماً فى حالة اقترانه بالنظام العكسى .

(شكل ٣١) الترمومتر المبتل والترمومتر الجاف

(حـ) النظام المتقاطع : وفيه يندفع الهواء فى اتجاه مقاطع لمحور النفق متخللا العربات المحملة بالمواد الغذائية متجهاً من جانب إلى الآخر وبالعكس . وهذا النظام مفيد فى تجفيف الفاكهة ، ويعتبر مثالاً لامتزاج نظامى مجففات النفق ومجففات المقصورة .

(د) النظام ذو المدخل الوسطى : وفيه يدخل الهواء إلى النفق من



(شكل ٣٢) قطاع فى مجفف ذى نظام عمودى موضح به اتجاه دوران الهواء بواسطة أسهم

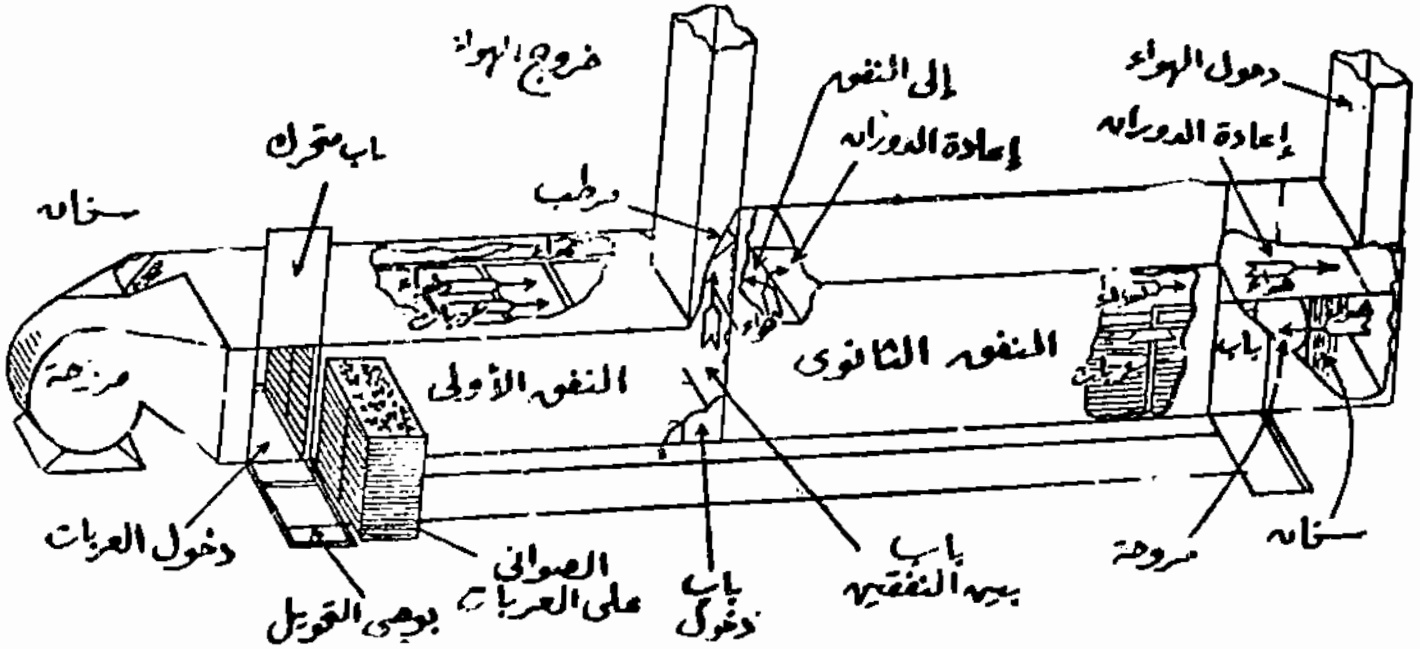
فتحة وسطية ويندفع فى اتجاهى طرفى النفق ، وبذلك تكون المواد الغذائية متحركة فى اتجاه مضاد لحركة الهواء عند الطرف الرطب وفى اتجاه موازٍ له عند الطرف الجاف . وبديهى أن أعلى درجة حرارة فى هذا النظام تكون فى منتصف النفق ، بينما فى النظامين العكسى والموازى تكون هذه عند أحد طرفى النفق .

(هـ) النظام ذو فتحة الخروج الوسطية : وفيه يدخل الهواء الساخن إلى النفق من طرفيه الجاف والرطب ويندفع تجاه المركز حيث يخرج من فتحة له فى المركز أو قريباً منه . وفى هذا النظام يكون اتجاه المواد الغذائية الرطبة فى نفس اتجاه الهواء عند الطرف الرطب ، بينما يكون الاتجاه عكسيًّا عند الطرف الجاف . ويعتبر هذا النظام مناسباً لتجفيف الخضروات .

(و) النظام المزدوج : وفى هذا النظام ينقسم نفق التجفيف إلى قسمين أو أكثر تضبط فى كل منهما على حدة درجة الحرارة وسرعة الهواء . والشائع فى استخدام هذا النظام هو جعل اتجاه الهواء موازياً فى بداية مرحلة التجفيف ، ولذا فهو يعتبر مناسباً لتجفيف الخضروات للمحافظة على صفاتها . كذلك يعتبر هذا النظام مناسباً لتجفيف الفواكه . وتزداد سرعة التجفيف عندما تكون ثمار الفواكه مجزأة .

٢ — مجففات الناقلات Conveyor Driers : وفى هذه المجففات تستخدم سيور متحركة لنقل الثمار داخل المجففات من طرف إلى آخر ، فهى تعتبر أوتوماتيكية ولا تحتاج لكثير من الأيدى العاملة . وقدرة هذه المجففات صغيرة كما أن إنشاءها يتكلف الكثير .

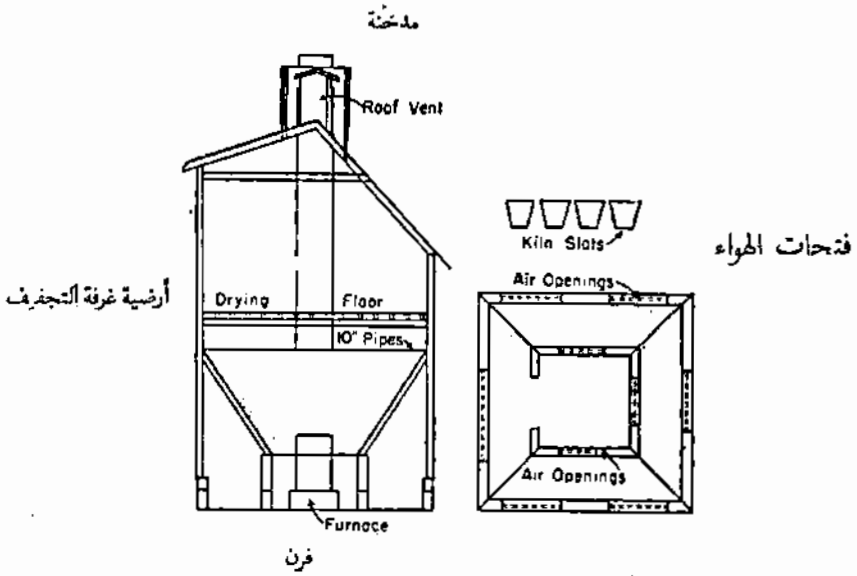
٣ — مجففات المقصورة Cabinet Dehydrators : وهذه المجففات تعمل بطريقة الوجبات وعلى درجة حرارة ثابتة بالرغم من انخفاض الرطوبة تدريجيًّا أثناء فترة التجفيف . ويمرر الهواء فى هذه المجففات متقاطعاً أو عموديًّا على صوانى التجفيف . وقد يعاد أو لا يعاد إمراره على المادة الغذائية . ويتصف



(شكل ٣٣) مجفف النفق ذو النظامين العكسى والموازى

هذا النظام بانخفاض قدرته الإنتاجية . وبكثرة الأيدى العاملةعنه فى مجففات النفق .

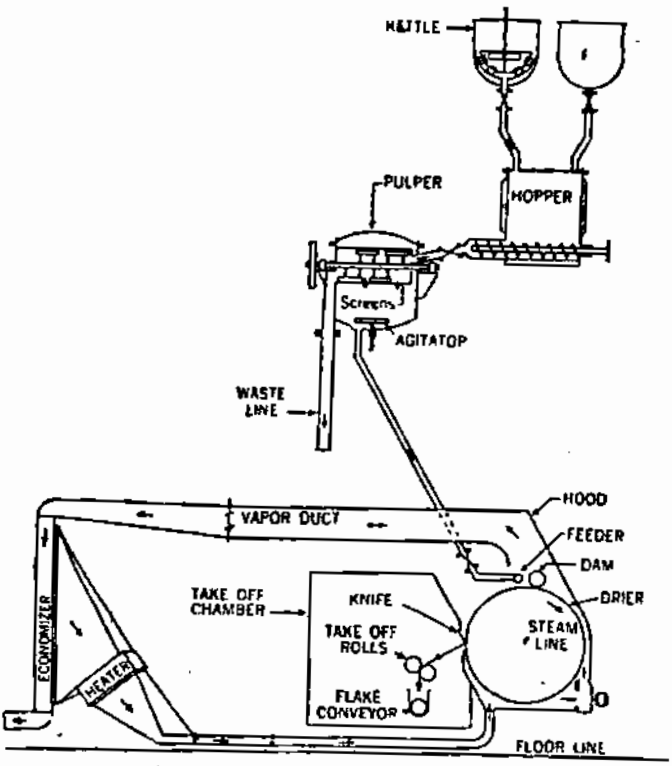
٤ — مجففات الأفران Evaporators or kiln Driers : وهذه المجففات يتكون الواحد منها من حجر للتجفيف ذات أرضية متسعة تقع فوق الفرن مباشرة وهى تستعمل لتجفيف التفاح وحشيشة الدينار ، فيمرر الهواء الساخن خلال طبقة التفاح المنشورة على أرضية غرف التجفيف بسمك ١٥ سنتيمتراً تقريباً ، ويخرج الهواء من المجفف خلال فتحة طويلة فى قمته تحتوى أحياناً على مروحة تساعد على سحب الهواء وسرعة مروره خلال المواد الغذائية . ولهذه المجففات عيوب أهمها بطء سير التجفيف وانخفاض القدرة الإنتاجية وعدم انتظام ظروف التجفيف .



(شكل ٣٤) رسم تخطيطى لنموذج مجففات الأفران

٥ — المجففات الأسطوانية Drum Driers : وهى شائعة الاستخدام فى تجفيف السوائل والعجائن والمنتجات اللزجة القوام . وهى قد تكون وحيدة أو ثنائية الأسطوانة ، كما أنها قد تعمل تحت الضغط الجوى العادى أو تحت ضغط منخفض حيث تحاط الأسطوانة بحيز مقفل تتحمل جدرانه التفريغ الشديد.

ولتشغيل المجفف تسخن الأسطوانة داخلياً بالبخار وتصب على سطحها الخارجى المواد الغذائية المراد تجفيفها، وتضبط سرعة دوران الأسطوانة حول محورها بحيث تصل المادة الغذائية إلى درجة الجفاف المطلوبة عندما تتم الأسطوانة دورتها



(شكل ٣٥) رسم تخطيطى يوضح طريقة تحضير مسحوق الطماطم أو شرائح التفاح باستخدام المجففات الأسطوانية

وتصل المادة الغذائية المجففة إلى موضع كشطها من فوق الأسطوانة . وعادة تكون قدرة الاسطوانة فى حدود تبخير ٢ إلى ٨ أرطال من الماء فى الساعة من القدم المربع من سطح الأسطوانة تبعاً لضغط البخار على الأسطوانة .

٦ — مجففات الضغط المنخفض Vacuum Driers وفيها يتم التجفيف على درجة حرارة منخفضة وتحت ضغط منخفض وبدون تيار الهواء . وفى بعض الأحيان تزود هذه المجففات بمعدات التقليب agitators . وتستخدم

هذه المجمدات فى الطريقة الحديثة للتجفيف بالتطاير drying by sublimation حيث تجمد المادة الغذائية ثم تجمف فى جو مفرغ بشدة على درجة حرارة منخفضة . وفى المجففات المستمرة continuous vacuum driers توضع المادة الغذائية على سير من الصلب غير القابل للصدأ يتحرك داخل حيز مفرغ يتراوح الضغط فيه بين ١ ؛ ١,٥ ملليمتر زئبق .

٧ — مجففات التقليب Rotary Driers : وهى تستخدم فى تجفيف اللحوم . والغرض من تحريك المادة الغذائية أثناء التجفيف هو منع تراكمها عند جدران المجفف ومنع التصاقها ببعضها .

٨ — مجففات الرذاذ Spray Drires : وهى مفضلة فى تجفيف السوائل كاللبن والبيض والقهوة فى خطوة واحدة وبسرعة حيث يدفع السائل فى المجفف على هيئة رذاذ دقيق بتأثير انطلاقه من صمام ضيق تحت ضغط مرتفع فيتقابل الهواء الساخن مع السائل وتجف قطرات السائل مباشرة أثناء تساقطها فى مجمع المادة المجففة .

وتقسم مجففات الرذاذ تبعاً لاتجاه الرذاذ واتجاه هواء التجفيف إلى :

Simple vertical - downward co - current, horizontal co - current, verticalupward co - current, complex vertical - downward co - current. verticalcounter - current

ويبين الجدول التالى بعض ظروف التجفيف فى مجففات الرذاذ .

نوع المادة	المادة الصلبة	الرطوبة فى المادة المجففة	درجة حرارة الهواء	الحرارة اللازمة لكل رطل ماء يتبخر
	٪	٪	٥ ف	وحدة حرارة بريطانية
عضوية	١٠	٢	٣٠٠	٢٢٥٠
»	٣٥	٣	٣٢٥	٣٨٠٠
»	٣٣	٢	٣٥٠	٣٣٠٠
»	١٠	٢	٤٥٠	٢٧٠٠
»	٦٥	١٥	٣٧٥	٣٠٠٠
»	٥٥	٤	٧٥٠	٢٢٥٠
غير عضوية	٦٠	٤	٧٥٠	٢٥٠٠

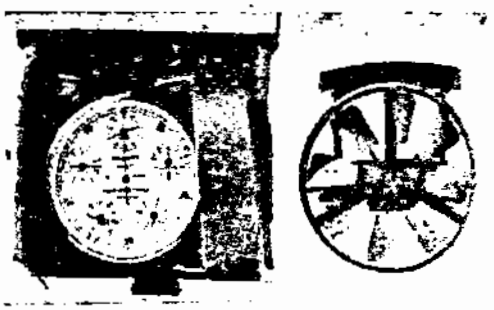
٩ ــ مجففات الخابية Bin Driers : وفيها يمرر الهواء الساخن على المواد الغذائية داخل صناديق معدنية . وتفيد هذه المجففات فى استكمال تجفيف البصل وبعض الخضروات المجففة مبدئيًا فى مجففات النفق أو المقصورة وذلك بقصد تقليل تكاليف طرد البقية الباقية من الرطوبة فى نهاية مرحلة التجفيف إذ أن خروج الرطوبة فى هذه المرحلة يكون بطيئاً وبالتالى مكلفاً .

١٠ ــ المجففات الأخرى : وفيها اقترحت بعض تعديلات منها استخدام الطاقة radio-frequency energy أو الأشعة فوق الحمراء infra red للتجفيف .

خطوات عملية التجفيف :

تتلخص الخطوات المتبعة فى تجفيف الخضروات والفواكه فيما يلى :

١ ــ الحصاد Harvesting



(شكل ٣٦) جهاز قياس سرعة الهواء داخل المجفف

ينصح بجنى المحصول عندما يصل إلى درجة مناسبة من النضج و بتجهيز وتجفيف الفاكهة والخضر بأسرع وقت ممكن منعاً لبدء فسادها . خصوصاً الخضروات الورقية . ويمكن تبريد هذه المواد مبدئياً حتى يحين وقت تجفيفها . وتعتبر الكمثرى حالة خاصة حيث يلزم قطفها وهى خضراء ثم تخزن حتى يتم استواؤها وبعد ذلك تجفف .

٢ — الغسيل Washing :

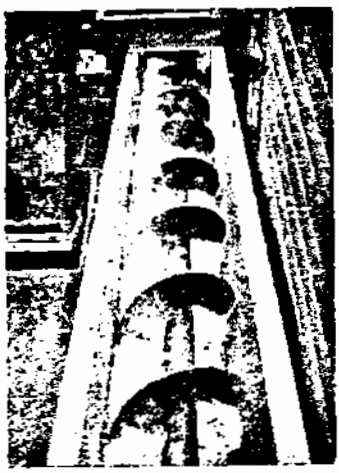
تغسل الفاكهة والخضر جيداً للتخلص من القاذورات والبكتريا الملوثة لها ، خصوصاً الجذرية منها . باستثناء بعض الفواكه. ويراعى التخلص من بقايا مواد الرش أى المبيدات الحشرية ؛ ولذا قد يقتضى الأمر استعمال آلات غسيل خاصة تضمن تحقيق هذا الغرض . وقد يتحتم إضافة بعض مواد البالل إلى ماء الغسيل للتخلص من المبيدات مثل DDT . ومن آلات الغسيل المفضلة فى الصناعة الآلات الحلزونية وآلات الغسيل بالرذاذ .

٣ — التقشير والتجزىء Peeling and subdivision :

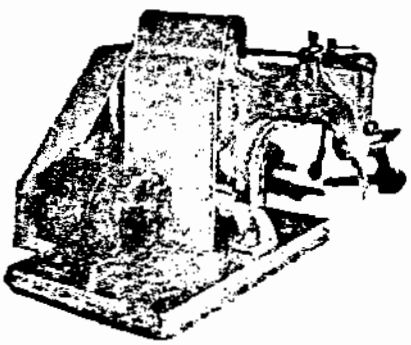
كثير من الخضروات والفاكهة يلزم تقشيرها قبل تجفيفها : مثل الخضروات الجذرية والتفاح . ويجرى التقشير يدوياً أو بالاحتكاك بسطح خشن مثل الكربوراندم أو بالمحاليل القلوية الساخنة أو بالبخار تحت ضغط مرتفع أو بالأسلحة الحادة الميكانيكية . وتقطع الخضروات إلى مكعبات أو شرائح طويلة أو قصيرة

أو حلقات . أما الفواكه فقد تجفف كاملة كما فى حالة العنب والكريز أو قد تقطع الثمرة نصفين كما فى الخوخ أو تقطع إلى شرائح كما فى التفاح. وأما اللحوم فعادة تقطع إلى قطع أو مكعبات صغيرة . ويجفف السمك كاملاً أو مملحوناً أو على هيئة شرائح . ويجفف اللبن والبيض السائلان للحصول عليهما فى صورة مسحوق دون حاجة إلى تسخين البيض قبل تجفيفه، أما اللبن فينصح بتسخينه أولاً فيساعد ذلك على طول مدة حفظه . ويجفف الحساء الكثيف القوام لإنتاج المسحوق .

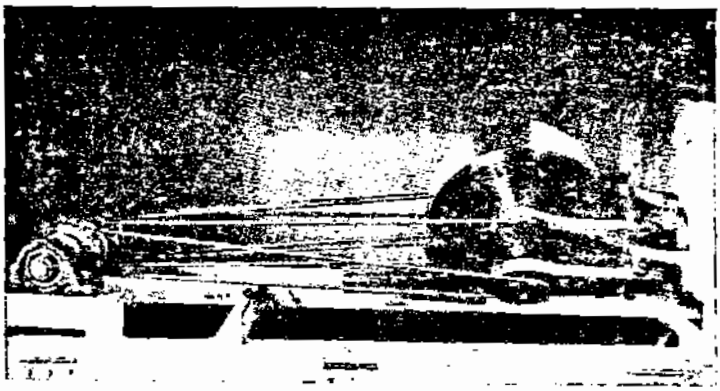
ومما ينصح به فى تجفيف اللحوم أن تقطع إلى مكعبات حجمها بوصتان وتسلق قليلاً فى أقل قدر ممكن من الماء على درجة ١٦٥ إلى ١٧٥° فهرنهيت مع استمرار التقليب لمدة نصف ساعة فتنخفض نسبة الرطوبة فى اللحم من ٧٢ فى المائة إلى ٥٠ فى المائة ، ويتجمع العصير فى اللحم وينخفض عدد البكتريا الملوثة للحم وهذا يؤدى إلى سرعة التجفيف .



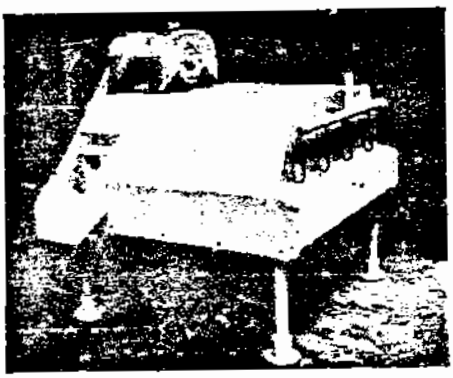
(شكل ٣٧) بريمة لنقل الثمار المجهزة



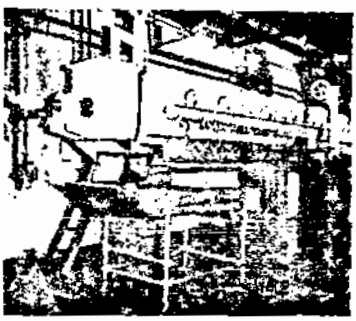
(شكل ٣٨) تقشير التفاح وإزالة المحور بالسكاكين الآلية



(شكل ٣٩) ماكينة لتجزئة الخوخ



(شكل ٤٠) ماكينة ذات سطح خشن من الكربوراندم
للتقشير بالاحتكاك



(شكل ٤١) جهاز التقشير
بالبخار : وسلق الفاكهة

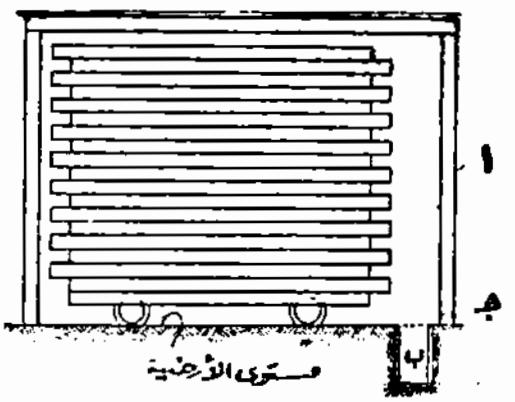
٤ ــ الغمس فى المحاليل القلوية Dipping :

لتسهيل خروج الرطوبة من ثمار الفواكه المغطاة بطبقة شمعية كالعنب ، تغمس هذه الثمار فى محلول كربونات صوديوم أو إيدروكسيد صوديوم تركيزه نصف فى المائة أو أقل على درجة حرارة ٢٠٠° إلى ٢١٢° فهرنهيت فتزول الطبقة الشمعية وتتشقق القشرة قليلاً . ويختلف تركيز المحلول القلوى ومدة

الغمس ودرجة الحرارة وتركيب المحلول تبعاً لنوع الثمار . وقد تغمس الثمار فى مستحلب زيت زيتون ومحلول كربونات أو صودا كاوية أو كليهما بقصد المحافظة على لون ثمار العنب نتيجة لإيقاف نشاط إنزيم البيروكسيديز . ويجب عدم إطالة فترة غمس الثمار فى المحلول القلوى لأن هذا يسبب خروج جزء من عصير الثمار أثناء التجفيف .

٥ ــ الكبرتة Sulfuring :

تكبرت بعض ثمار الفاكهة الكاملة كالعنب أو المجزأة بتعريضها لغاز ثانى أكسيد الكبريت أو تغمس الثمار فى محلول بيكبريتيت الصوديوم أو ثانى أكسيد الكبريت فتمتص الثمار كمية من ثانى أكسيد الكبريت تعمل على إكسابها لوناً جذاباً واحتفاظها بقيمتها الغذائية ومنع فسادها . وتجرى الكبرتة بوضع ثمار الفاكهة فى حجرة بها كبريت مشتعل . أما الخضروات فتغمس فى محلول الكبريتيت أو ترش برذاذ من المحلول . ويتوقف مقدار ثانى أكسيد الكبريت الممتص على درجة الحرارة ومدة الغمس أو التعريض وتركيز ثانى أكسيد الكبريت وصنف وطبيعة وحالة المادة المراد كبرتتها . فالثمار غير تامة النضج تمتص كمية أكبر من الغاز وتحتفظ بكمية منه أقل مما يحدث فى حالة الثمار التامة النضج . ويساعد ارتفاع درجة الحرارة على احتفاظ المواد الغذائية



(شكل ٤٢) غرفة الكبرتة

(ا) باب (ب) مكان الكبريت (ﺟ) ثقوب الغاز

يقدر أكبر من الغاز إلا أنه يقلل من مقدار الغاز الممتص . وتفقد المواد الغذائية قدراً من الغاز أكبر فى حالة التجفيف الشمسى عنه فى حالة التجفيف الصناعى . وعادة يراعى احتفاظ الفواكه بقدر من ثانى أكسيد الكبريت يبلغ ٣٠٠٠ جزء فى المليون فى المشمش أو ٢٥٠٠ جزء فى الخوخ أو ٢٠٠٠ جزء فى الكمثرى أو ١٥٠٠ جزء فى التفاح أو ١٠٠٠ جزء فى الزبيب الفاتح اللون.

وتكبرت الخضروات أيضاً أحياناً . وتفضل طريقة الغمس فى محلول الكبريتيت على طريقة التعريض للغاز . والملاحظ أن الخضروات ذات التأثير المتعادل تحتفظ بغاز ثانى أكسيد الكبريت الممتص بشدة مقارنة بالفواكه الحمضية . والخضروات الشائع كبرتتها هى الكرنب والبطاطس والجزر ، وتتراوح نسبة الغاز المرغوبة فى هذه الخضروات كأجزاء فى المليون بين ٧٥٠ إلى ١٥٠٠ فى الكرنب ، ٢٠٠ إلى ٥٠٠ فى البطاطس والجزر . وعموماً يمكن أن يقال إنه ليس من الضرورى كبرتة الخضروات .

٦ — السلق Blanching :

تسلق معظم الخضروات فى البخار أو فى ماء ساخن قبل تجفيفها لإطالة فترة حفظها . ويستثنى من ذلك البصل فلا يسلق منعاً لفقده جزءاً من المادة الحريفة . وتحقق عملية السلق الأغراض الآتية :

(ا) تقليل المدة اللازمة للتجفيف .

(ب) طرد الهواء من الفراغات البينية فى أنسجة المادة الغذائية .

(حـ) تأخير تغير رائحة ونكهة المواد الغذائية ؛ خصوصاً الكرنب والجزر .

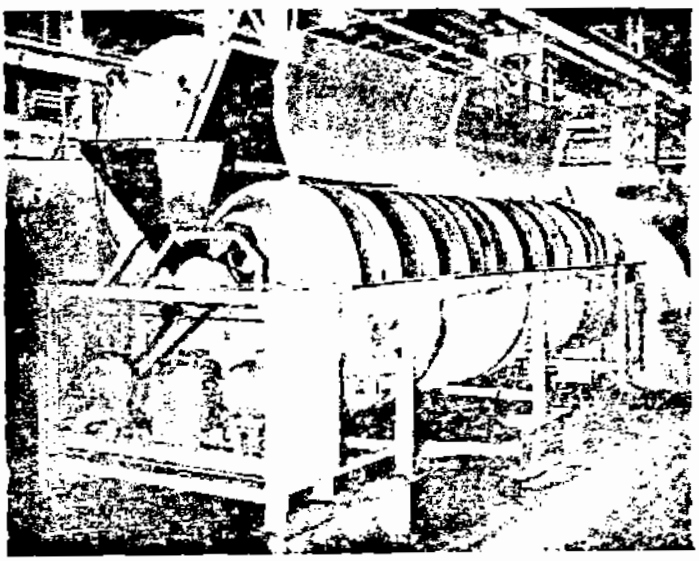
(د) تقليل الفقد فى فيتامين ج والكاروتين أثناء التخزين .

(هـ) تحسين قوام المادة الغذائية المجففة عند إعادتها إلى حالتها الأصلية .

إلا أن عملية السلق تكتنفها بعض الصعوبات التى أهمها فقد الخرافية من البصل وفقد جزء من المواد الصلبة القابلة للذوبان . ويمكن التحقق من أداء عملية السلق على الوجه الأكمل بالكشف عن وجود إنزيم الكتاليز فى الكرنب أو

البيروكسيديز فى الخضروات الأخرى. وتستغرق فترة السلق من دقيقتين إلى عشر دقائق فى البخار . ويراعى أحياناً إجراء عملية السلق فى محلول ملحى بدلاً من الماء تحاشياً لتسرب جزء من المواد الصلبة فى ماء السلق . ولا تغنى عملية الكبرتة عن عملية السلق ، إلا أنه فى حالة عدم سلق المادة الغذائية تعود فقاعات الهواء إلى التكون فى الأنسجة بعد عملية الكبرتة .

٧ – التجفيف باستخدام المجفف المناسب للمدة المناسبة على درجة الحرارة المناسبة . ويبين الجدول التالى فى الصفحة التالية حمولة الصوانى المناسبة ودرجة الحرارة القصوى للتجفيف ونسبة الناتج بعد التجفيف لبعض الفواكه .



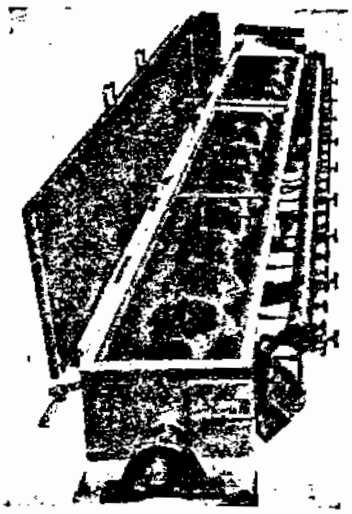
(شكل ٤٣) جهاز سلق يناسب جميع أنواع الخضروات

تجفيف ثمار الفاكهة الكاملة :

من أمثلة الفواكه التى تجفف ثمارها كاملة البرقوق والعنب والتين والكريز فلتجفيف البرقوق تغسل الثمار جيداً بالماء البارد أو الساخن ، وتغمس فى محلول القلوى إذا كانت ستجفف شمسياً أو لا تغمس إذا أريد تجفيفها صناعياً

الفاكهة	حالة التجزىء	حمولة الصينية رطل / قدم مربع	درجة الحرارة القصوى °ف	نسبة الرطوبة فى الناتج ٪	نسبة الناتج إلى الفاكهة الطازجة
تفاح	شرائح ، حلقات	١,٥ — ٢,٠	١٥٥	١٥ — ٢٠	١٠ — ١٥
مشمش	أنصاف	٢,٠	١٥٠	١٥ — ٢٦	١٥ — ٢٠
موز	مسحوق	مجفف أسطوانى	٢٠٠	٢ — ٥	١٣
تين	كامل	٣,٠	١٦٠	١٥ — ٢٤	٢٤ — ٢٧
عنب	كامل	٣ ½ — ٤	١٦٠	١٠ — ١٦	٢١ — ٢٧
عصير عنب	—	٠,٩	١٦٠	١ ½ — ٢ ½	—
عصير برتقال	—	طبقة $\frac{1}{16}$ بوصة	١٣٠	٠,٥	٤,٥ — ٤,٧
خوخ	أنصاف	٢,٥ — ٣,٠	١٥٥	٢٠	١٥ — ٢٠
كمثرى	أنصاف	٣,٠	١٥٠	١٥ — ٢٦	١٢ — ١٧
قراصيا	كامل	٣,٠	١٤٠ — ١٦٥	١٢ — ١٩	٣٥ — ٩٠

وترص على صوانى التجفيف وتجفف فى مجفف النفق على درجة حرارة لا تتجاوز ١٦٥° فهرنهيت لمدة تتراوح بين ١٨ ، ٢٤ ساعة . وتخزن الثمار المجففة فى حجرات لتتجانس رطوبتها .



(شكل ٤٤) جهاز سلق الفاكهة أو الخضر بالبخار أو بالماء الساخن

ولتجفيف العنب تتبع عدة طرق . فصنفا الموسكات والبناتى تجفف ثمارهما على الصوانى تجفيفاً شمسياً دون أى معاملة سابقة ، مع مراعاة تقليب الثمار عندما تبلغ منتصف مرحلة التجفيف . وتستغرق عملية التجفيف ثلاثة أسابيع بعدها ترص صوانى التجفيف فوق بعضها وتترك فى مكان مظلل حتى تتجانس رطوبتها ويتم استواؤها . ويلى ذلك غربلة الثمار المجففة لفصل المواد الغريبة ، ثم التخزين . أما العنب البناتى فيغمس فى محلول قلوى مخفف ساخن تركيزه نصف فى المائة لمدة بضع ثوان ثم تغسل الثمار برذاذ الماء البارد وترص على صوانى التجفيف وتكبرت لمدة ساعتين وتعرض للشمس ثلاث ساعات تأخذ خلالها لوناً فاتحاً مرغوباً ، ثم يستكمل تجفيفها فى مكان مظلل . وقد تجفف الثمار بعد الكبرتة مباشرة فى مجفف صناعى ذى النفق على درجة ١٥٥ إلى ١٦٥° فهرنهيت لمدة ١٦ إلى ٢٠ ساعة دون تعريضها إلى الشمس إطلاقاً .

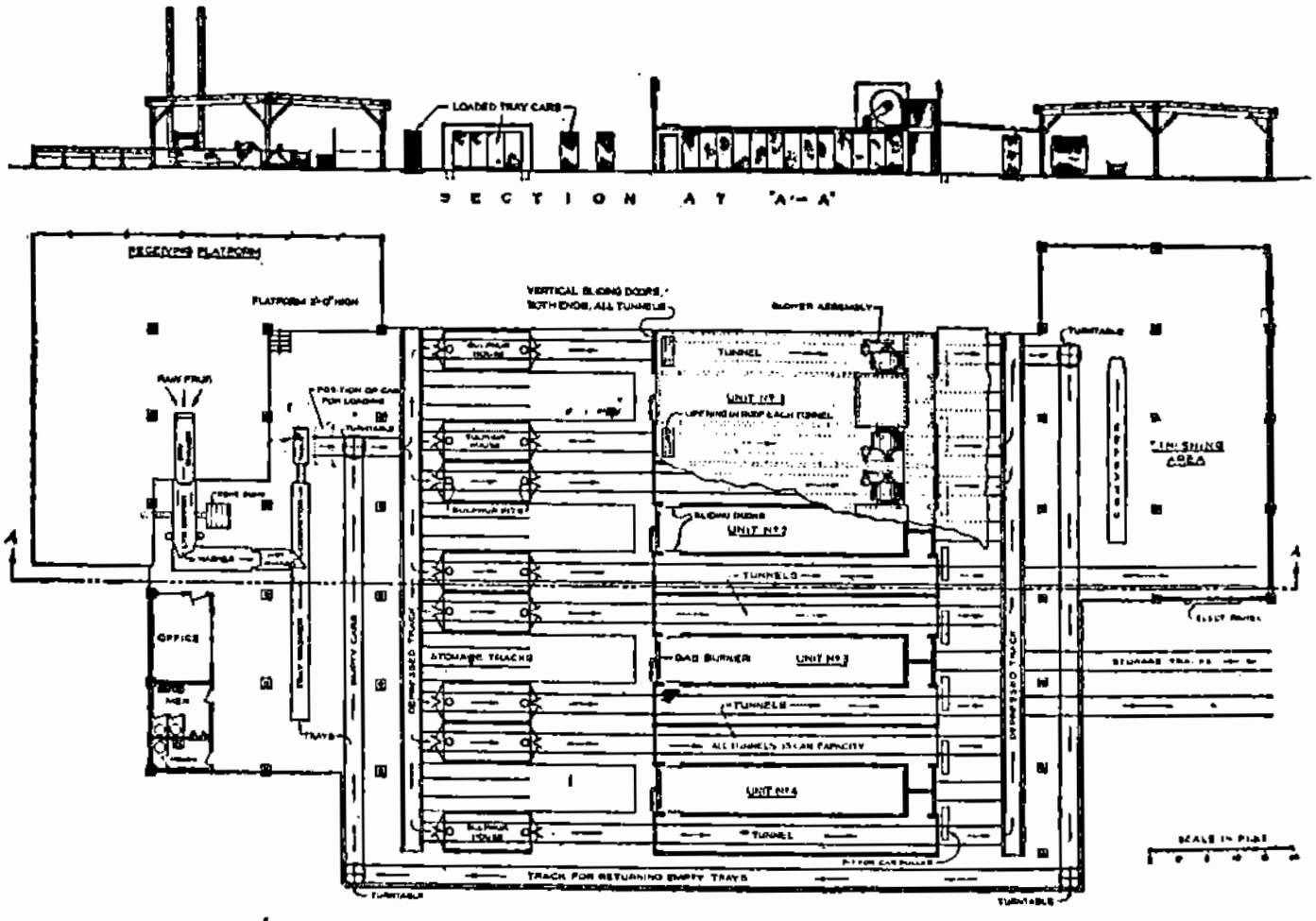
ولتجفيف التين تجنى الثمار بعد أن تجف نسبياً ثم ترص على الصوانى وتترك فى الشمس أو قد تغسل الثمار وتجفف صناعياً . ويجب تخزين التين المجفف بعض الوقت وفرز الثمار التى تظهر عليها عيوب من أثر الحشرات أو الأحياء الدقيقة أو التلف الميكانيكى . وقد تدخن ثمار التين المجففة أكثر من مرة أثناء التخزين . ويفضل التخزين فى صناديق sweat boxes بدلاً من الحجرات .

وأحياناً تجمع ثمار التين نفاية مصانع التعليب وتكبرت وتنشر فى الشمس مدة يومين أو ثلاثة حتى يختفى لونها الأخضر ثم تجفف فى مجفف ذى نفق على درجة ١٥٠° فهرنهيت .

ولتجفيف الكريز الحلو تغمس الثمار فى محلول كربونات صوديوم تركيزه $\frac{1}{4}$ فى المائة لمدة خمس أو عشر ثوان فتتشقق القشور قليلا . وقد تكبرت الثمار للمحافظة على لونها ونكهتها .

تجفيف الفاكهة المجزأة :

لتجفيف التفاح تغسل الثمار جيداً بماء محمض للتخلص من مواد الرش الزرنيخية والرصاصية أو بماء مضاف إليه عوامل بلل لإزالة بقايا المبيدات DDT ، وتقشر الثمار ويزال الجزء الصلب من محورها يدوياً أو ميكانيكياً ، وتكبرت كاملة أو بعد تجزئتها . وينصح بوضع قطع التفاح فى حمام مائى يحتوى على ثانى أكسيد الكبريت بنسبة $\frac{1}{10}$ فى المائة لمنع تغير لون السطح الداخلى للقطع إلى البنى أثناء التعرض للجو بفعل نشاط الأنزيمات ، ثم تنقل القطع على سير متحرك إلى غرفة الكبرتة وهى عبارة عن نفق تنبعث فيه أبخرة ثانى أكسيد الكبريت ، وتستغرق عملية الكبرتة حوالى ١٠ إلى ٢٠ دقيقة عندما يكون تركيز الغاز حوالى واحد فى المائة من حجم الفراغ فى نفق الكبرتة . وقد تجرى الكبرتة بالغمس فى محلول الكبريتيت أو بتعريض قطع التفاح فى غرفة الكبرتة العادية أو بالغمس فى محلول حامض كبريتوز تركيز ثانى أكسيد الكبريت به يتراوح بين $\frac{1}{4}$ ، ٢ فى المائة لمدة تتراوح بين دقيقة وخمس دقائق . وقد يضاف قليل من سترات الصوديوم إلى محلول الكبرتة فيساعد ذلك على احتفاظ التفاح بغاز ثانى أكسيد الكبريت الممتص . وفى بعض الأحيان تكبرت ثمار التفاح الكاملة ثم تقطع آلياً إلى شرائح أو أنصاف أو إرباع أو أثمان . ويلى ذلك رص قطع التفاح على أرضية مقصورات المجفف فى طبقة بسمك عشر بوصات وتجفف لمدة تسع أو ثمانى عشرة ساعة مع مواعاة تقليب التفاح مرة على الأقل أثناء فترة التجفيف . أما فى حالة استخدام صوانى التجفيف فتحمل قطع التفاح عليها بسمك ثلاث أو أربع بوصات وبذلك تقصر مدة التجفيف .



(شكل ٤٥) رسم تخطيطى يوضح عمليات غسل وغسيل وكبرتة وتجفيف ثمار العنب صناعيًا

وتبلغ درجة حرارة التجفيف ١٧٠° فهرنهيت على الأكثر فى المجففات ذات النظام العكسى أو ١٨٠° فهرنهيت فى المجففات ذات فتحة العادم الوسطية على أن تخفض درجة الحرارة الأخيرة هذه بما يقرب من ٢٠ إلى ٣٠ درجة فى المرحلة الثانوية للتجفيف . ولا يستلزم تجفيف التفاح إعادة إمرار جزء من هواء العادم . ويجب أن يخزن التفاح المجفف وأن يدخن أثناء التخزين لمنع إصابته بالحشرات وأن تعاد كبرتته لمنع تغير لونه بطول التخزين . وفى الجدول التالى تركيب بعض منتجات التفاح المجففة :

المكونات	مسحوق التفاح	تفاح مجفف به أكثر من ٢٤٠ ٪ رطوبة	تفاح مجفف به ٣ ٪ رطوبة
رطوبة	٢,٠	٢٣,٠	٣,٠
مواد صلبة كلية	٩٨,٠	٧٧,٠	٩٧,٠
رماد	١,٨	١,٤	١,٨
دهن	٢,٥	١,٠	٢,٤
بروتين	١,٥	١,٤	١,٨
ألياف خام	٦,٧	٣,٩	٤,٩
سكريات مختزلة	٥٢,٠	—	—
سكروز	١٧,١	—	—
بكتين	٥,٢	—	—
أحماض يورونيك	٩,٢	—	—
كربوايدرات	٨٤,١	٧٣,٢	٩١,٠

ولتجفيف الورق والخوخ قد تغسل أو لا تغسل الثمار ثم تقطع وتزال البذور ميكانيكيًا وترص القطع على صوانى التجفيف على أن تكون الأجزاء اللحمية المجروحة متجهة لأعلى ، وتكبرت القطع بالتعريض لبخار ثانى أكسيد الكبريت لمدة ثلاث أو أربع ساعات للبرقوق أو أربع إلى ست ساعات للخوخ . وتجفف

قطع الثمار شمسيًّا أو صناعيًّا ، وتمتاز الثمار المجففة شمسيًّا بجاذبية لونها وصفائها على نظيرتها المجففة صناعيًّا . لذلك ينصح فى التجفيف الصناعى أن تسلق قطع البرقوق والخوخ فى البخار قبل كبرتتها . وتستغرق عملية السلق حوالى دقيقة إلى ثلاث دقائق فى البرقوق أو خمس إلى عشر دقائق فى الخوخ . وفى حالة السلق يجب تجفيف قطع الثمار مبدئيًّا فى مجفف ذى نظام مواز بعد سلقها مباشرة ثم تكبرت ويستكمل تجفيفها فى مجفف ذى نظام عكسى . وتستغرق مدة التجفيف من ست إلى ثمانى ساعات للبرقوق أو عشر إلى ثمانى عشرة للخوخ . ويجب ألا تتجاوز درجة حرارة التجفيف عند استخدام المجفف ذى النظام العكسى درجة ١٥٠° فهرنهيت .

ولتجفيف المشمش تنتخب الأصناف المناسبة وتغسل الثمار وتقطع إلى أصناف وتزال النواة الممثلة لحوالى ٦ إلى عشرة فى المائة من وزن الثمار ، وتسلق الثمار فى البخار لمدة ٢ إلى ٤ دقيقة ليساعد ذلك على احتفاظ الثمار بغاز ثانى أكسيد الكبريت الممتص وتقليل الوقت اللازم للتجفيف واللازم للتشرب ، وتكبرت الثمار المجهزة عقب التقطيع مباشرة للمحافظة على لونها ومحتوياتها من فيتامين ح وذلك بوضع الصوانى المحملة بالثمار فى غرفة الكبرتة لمدة ساعة ، ويلى ذلك تجفيف المشمش فى مجففات النفق على درجة حرارة ١٥٠° فهرنهيت ودرجة رطوبة نسبية ٥٠ إلى ٥٥ فى المائة لمدة ١٥ إلى ٢٠ ساعة حتى تنخفض نسبة الرطوبة فى المشمش إلى ١٥ أو ٢٠ فى المائة . ويتركب المشمش المجفف المكبرت من النسب المئوية التالية : ٢٤ رطوبة ، ٥.٢ بروتين ، ٠.٤ دهن ، ٣.٥ رماد ، ٦٦.٩ كربوايدرات كلية ، ٣.٢ ألياف كلية ، كما يحتوى على المكونات التالية محسوبة كالميجرامات فى كل مائة جرام : ٨٦ كالسيوم ، ١١٩ فوسفور ، ٤.٩ حديد ، ١٢ حمض أسكوربيك ، ٠.٠١ ثيامين ، ٠.١٦ ريبوفلافين ، ٣.٣ نياسين ، كذلك يحتوى على ٧٤٣٠ وحدة دولية فيتامين أ . وعادة يجمع النوى ويجفف بدون كبرتة ويكسر لاستخراج الإندوسبرم الذى يفصل عن القشور بواسطة محلول ملحى حيث تطفو البذور فتجمع وتغسل بالماء لإزالة آثار الملوحة ويستخرج منها زيت بطريقة الكبس الإيدروليكى أو المكابس البريمية

يعرف بزيت اللوز المر وهو يشبه الزيت المستخرج من بذور اللوز المر Prunus communus var. amara . وقد يتقى هذا الزيت بمعاملته بالقلوى والفحم الحيوانى لإنتاج زيت سلاطة . ويلاحظ أن الأقراص المتخلفة عن الكبس تحتوى على أميجدالين وإملسين ؛ والأخير عبارة عن إنزيم يحول الأميجدالين إلى بنزالدهيد وجلوكوز وحمض إيدروسيانيك عند تسخين الأقراص على درجة ١٢٢° فهرنهيت لمدة ساعة مع ماء يوازى حجمها إثنتى عشرة مرة . ويجب التخلص من حمض الإيدروسيانيك الموجود فى الزيت قبل استعماله فى التغذية وذلك بالمعاملة بكبريتيت الصوديوم أو بالجير وملح حديد ثم التقطير .

ولتجفيف الكمثرى تغسل الثمار جيداً ولا تزال أعناقها وتقطع إلى أنصاف ويزال المحور وترص على صوانى التجفيف وتغسل برذاذ من المادة وتكبرت لمدة ٢٤ إلى ٤٨ ساعة وتجفف شمسيًّا بضعة أيام ثم يستكمل التجفيف فى الظل . أما فى تجفيف الكمثرى صناعيًّا فتسلق الثمار لمدة ١٥ إلى ٢٥ دقيقة قبل كبرتتها وتجفف فى مجفف ذى نظام عكسى على درجة ١٤٠° إلى ١٥٠° فهرنهيت لمدة ٢٤ إلى ٣٠ ساعة وتسحب الكمثرى من المجفف قبل تمام جفافها حيث تترك ليتم الجفاف على درجة حرارة الغرفة العادية . وتخزن الكمثرى المجففة فى صناديق ويحافظ عليها من الإصابة بالحشرات .

ويجفف الموز تجفيفاً شمسيًّا أو فى مجففات الرذاذ أو المجففات الأسطوانية للحصول على مسحوق الموز ، بينما يحضر دقيق الموز من الثمار الخضراء غير تامة النضج . وتتلخص طريقة التجفيف فى تقشير الثمار وفرمها وإعادة هرسها وغمسها فى محلول بيكبريتيت صوديوم تركيزه ١ أو ٢ فى المائة، ثم تصب العجينة من قمة مجفف الرذاذ فتقابل هواء درجة حرارته ٨٥ إلى ٩٠° فهرنهيت ورطوبته النسبية ٣٠ فى المائة . وتفضل المجففات الأسطوانية فى تحضير مسحوق الموز ؛ وفى هذه الطريقة تصب عجينة الموز بين الأسطوانتين المسختين لدرجة ٣٣٨° إلى ٣٤٥° فهرنهيت والمضبوطة المسافة بينهما بما يتفق مع درجة نضج الموز . وعادة تكون سرعة دوران الأسطوانة متراوحة بين ٣ ؛ ١٢ دورة فى الدقيقة . وقد يستكمل تجفيف الموز فى مجفف النفق أو المتصورة على درجة ١٦٠° فهرنهيت لمدة ٢

إلى ٣ ساعات. وفيما يلى تركيب منتجات الموز المجففة :

المكونات	دقيق موز	مسحوق موز	مسحوق موز
النسب المئوية لكل من :			
رطوبة	٥,٩٩	٣,٨٠	٢,٥٩
بروتين	٣,٨٧	٤,١٨	٤,٠٩
دهن	١,٠٦	٢,٠١	١,٩١
نشا	٦٥,٦١	٢٩,٨٧	٢٩,٨٧
سكريات مختزلة	٨,٣٠	١٧,٧٢	١٥,٦٢
سكروز	٠,٦٤	٢٦,٨٣	٣٣,٢٥
رماد	٣,٠٦	٣,٠٧	٣,٠٥
ألياف وغيرها	١١,٤٧	١٢,٥٢	٩,٦٢

أما فى تجفيف الموز شمسيًا فتقشر الثمار وتقطع إلى قطع أو نصفين وتنشر فى الشمس لمدة يوم أو يومين حتى تنخفض نسبة الرطوبة إلى ١٥ فى المائة بعدها تطحن القطع فى هاون وتنخل. وفى طريقة المقصورات تقشر الثمار وتقطع طوليًا إلى أنصاف وتكبرت بالغمس فى محلول حامض كبريتوز تركيزه ثلاثة فى المائة أو بالتعريض لبخار ثانى أكسيد الكبريت ، وترص القطع على الصوانى وتجفف على درجة ١٥٠ إلى ١٨٠° فهرنهيت لمدة ٧ إلى ١٠ ساعات حتى تنخفض نسبة الرطوبة فى الموز إلى ٨ أو ١٥ فى المائة .

تجفيف عصير البرتقال :

يجفف عصير الموالح فى مجففات الرذاذ بعد إضافة مواد خاصة Spreader إليه لمنع تحول العصير إلى كتلة لزجة ، ومن أمثلة هذه المواد الشرش والجوامد اللبنية وعسل الذرة والبكتين والصوديوم كربوكسى ميثايل سلياوز . وأفضل

أنواع عسل الذرة المستخلصة فى هذا الغرض هو المحتوى على ٢٨ فى المائة سكريات مع ٧٢ فى المائة دكسترينات . والكمية اللازمة من هذا العسل قدرها ٢٠٠ رطل لكل مائة رطل عصير ليمون ، وبذلك يكون الناتج به ٨٢ فى المائة جوامد عسل الذرة مع ١٨ فى المائة جوامد عصير ليمون ، وهاتان النسبتان فى عصير البرتقال تكونان ٧٥ ، ٢٥ فى المائة على التوالى .

وتتلخص إحدى الطرق المفضلة لتجفيف عصير البرتقال فى تركيز العصير إلى ٦٠ أو ٦٥ فى المائة جوامد كلية وضبط نسبة اللب فيه عند ٩ إلى ١٣ فى المائة ونسبة السكر إلى الحامض عند ١٢ : ١ إلى ١٥ : ١ ونسبة زيت القشر عند ٠,٠٠٢ إلى ٠,٠٠٣ فى المائة ، ويجفف العصير تحت ضغط منخفض يصل إلى ثلاثة ملليمترات زئبق مع مراعاة ألا ترتفع درجة حرارة العصير عن ١٣٠° فهرنهيت . وتستغرق مدة التجفيف حوالى ٩٠ إلى ١٠٠ دقيقة تنخفض خلالها نسبة الرطوبة فى العصير إلى ثلاثة فى المائة . ونظراً لتطاير معظم مكونات النكهة أثناء التجفيف يفضل تعويض ذلك بإضافة زيت قشر البرتقال مذاباً فى سوربيتول ، ويحضر هذا بتسخين السوربيتول إلى درجة ٣٩٢° فهرنهيت لطرد الرطوبة ثم يبرد لدرجة ١٩٤° فهرنهيت ويضاف إليه عشرة فى المائة من وزنه زيت ويترك المستحلب للتبلور وبعدها يكسر ويضاف لمسحوق عصير البرتقال المطحون قبل التعبئة مباشرة . وينصح بإضافة غاز ثانى أكسيد الكبريت للعصير قبل تجفيفه . وتخزن عبوات العصير المجفف على درجة ٧٠ فهرنهيت لمدة شهرين مع وضع مواد تمتص الرطوبة داخل العبوات لتؤدى إلى خفض نسبة الرطوبة فى الناتج إلى نصف فى المائة فقط وبذلك يمكن تخزينه على درجة الحرارة العادية . وعند الاستعمال يمكن إضافة هذا الناتج بنسبة جزء لكل ثمانية أجزاء ماء فينتج عصير نسبة المواد الصلبة الكلية به ١٢ فى المائة .

تجفيف الخضروات :

تجهز الخضروات بالطرق المناسبة فيقطع الكرنب إلى شرائح بعرض $\frac{٣}{١٦}$ من البوصة ، والجزر والبطاطس إلى شرائح رقيقة ، والفاصوليا الخضراء إلى قطع

متوسطة ، والبصل إلى شرائح ، وتنقع الفاصوليا الجافة فى الماء لمدة ١٠ إلى ١٥ ساعة وتسلق ، وتفرط أو لا تفرط كيزان الذرة . وتهرس الطماطم ويرفع تركيزها إلى ٢٠ فى المائة ، وتقطع براعم القنبيط إلى أنصاف . وتحتاج بعض الخضروات كالبطاطس والبنجر والجزر إلى تقشير فتقشر بإحدى الطرق المعروفة بالقلوى أو بالاحتكاك أو باللهب أو بالبخار أو بالسكاكين الآلية .

وتتراوح مدة سلق الخضروات بين ثلاث إلى ست دقائق فى الخضروات الورقية ، وعشر إلى عشرين دقيقة فى البسلة والذرة والفاصوليا . وخمس إلى عشر دقائق فى البطاطس والجزر ، وذلك على درجة حرارة ٢١٢° فهرنهيت .

وتحمل الخضروات على الصوانى بنسبة رطل إلى رطل ونصف للقدم المربع ، فتكون الكمية أقل فى حالة الكرنب وما شابهه .

ويجب التحكم تماماً فى درجة حرارة التجفيف خلال المرحلة الأخيرة من التجفيف منعاً لاحتراق الخضروات ؛ وهذه الدرجة تكون عادة محصورة بين ١٤٠° ، ١٤٥° فهرنهيت لمعظم الخضروات ، وهى ١٥٥° للجزر و ١٦٠° للذرة و ١٣٥° للبصل والكوسة و ١٦٠° للفاصوليا الجافة المسلوقة .

ويستمر تجفيف الخضروات عادة حتى تنخفض نسبة رطوبتها إلى خمس فى المائة ، وتنخفض النسبة إلى ٢ أو ٣ فى المائة فى حالة مسحوق الخضر أو الكرنب وما شابهه فيجفف إلى نسبة رطوبة قدرها أربعة فى المائة ، والبطاطس المجففة يسمح أحياناً باحتوائها على سبعة فى المائة رطوبة .

وتعبأ الخضروات المجففة فى علب من الصفيح محكمة القفل فى حيز من غاز خامل مثل ثانى أكسيد الكربون . ويستخدم فى ذلك ماكينات تحدث تفريغاً فى العلب قدره ٢٩ بوصة تقريباً ثم يدفع ثانى اكسيد الكربون فى العلب .

وعند إنشاء مصنع لتجفيف الخضروات يجب اختيار موقعه على أساس توفر الشروط التالية : توفر المواد الخام ؛ توفر الأيدى العاملة ، توفر مصادر الطاقة ، وجود التيار الكهربائى ؛ توفر المياه الصالحة للشرب ؛ سهولة المواصلات ، إمكان التخلص من المخلفات ؛ كذلك يجب وجود إدارة فنية حازمة ورأس مال كاف .

ويجب العناية باختيار الأصناف الصالحة للتجفيف إذ، كما هو الحال فى التجميد والتعليب ، بعض الأصناف لا تصلح للتجفيف . مثال ذلك الأصناف التى تفقد لونها أو نكهتها أو تكتسب مرارة عند التجفيف . وكذلك الأصناف التى لاتتشرب جيداً . ويلزم تحديد درجة النضج المناسبة للخضروات المراد تجفيفها ، وتخزن الخامات تحت الظروف المناسبة حتى يحين وقت تصنيعها . والجدول التالى يبين الظروف الملائمة لتخزين بعض الخضروات :

الخضروات	درجة الحرارة °ف	الرطوبة النسبية ٪	مدة التخزين القصوى
فاصوليا خضراء	٣٢ — ٤٠	٨٥ — ٩٠	١ — ٤ أسبوعاً
» ليما	٣٢ — ٤٠	٨٥ — ٩٠	١ — ٤ »
بنجر	٣٢	٩٥ — ٩٨	١ — ٣ شهراً
كرنب	٣٢	٩٠ — ٩٥	٣ — ٦ أسبوعاً
جزر	٣٢	٩٥ — ٩٨	٤ — ٥ شهراً
كرفس	٣١ — ٣٢	٩٠ — ٩٥	٢ — ٤ »
ذره خضراء	٣١ — ٣٢	٨٥ — ٩٠	٤ — ٨ يوماً
ثوم	٣٢	٧٠ — ٧٥	٦ — ٨ شهراً
عيش الغراب	٣٢ — ٣٥	٨٠ — ٨٥	٢ — ٣ يوماً
بصل	٣٢	٧٠ — ٧٥	٦ — ٨ شهراً
بسلة خضراء	٣٢	٨٥ — ٩٠	١ — ٢ أسبوعاً
فلفل أخضر	٣٢	٨٥ — ٩٠	٤ — ٦ أسبوعاً
بطاطس	٣٨ — ٥٠	٨٥ — ٩٠	
بطاطا	٥٠ — ٥٥	٨٠ — ٨٥	٤ — ٦ شهراً

تجفيف البصل :

يجفف البصل على هيئة شرائح أو مسحوق . وتتلخص طريقة الصناعة فى انتخاب الأصناف القوية الرائحة والنكهة . والغسيل ، وإزالة الجذور والقمة والقشور ، والتقطيع إلى شرائح بسمك $\frac{1}{8}$ إلى $\frac{1}{4}$ بوصة . والرص على الصوانى بمعدل رطل

وربع للقدم المربع ، والتجفيف على مرحلتين فى الأولى تكون درجة حرارة الهواء ١٦٠° فهرنهيت وفى الثانية ١٣٥° فهرنهيت ، ثم استكمال التجفيف فى كوارة على درجة ١١٠° فهرنهيت لخفض نسبة الرطوبة من سبعة فى المائة إلى أربعة فى المائة . وتصل نسبة الناتج إلى حوالى ١١ فى المائة . ويمكن طحن هذه الشرائح المجففة لتحويلها إلى مسحوق .

تجفيف الثوم :

تقشر فصوص الثوم وترص على الصوانى بمعدل رطل الى رطل وربع على القدم المربع وتجفف على درجة حرارة لا تتجاوز ١٤٠° فهرنهيت حتى قرب إنتهاء التجفيف ثم يستكمل التجفيف فى كوارة على درجة حرارة ١٠٠° فهرنهيت لخفض نسبة الرطوبة إلى خمسة فى المائة . وتقدر نسبة الناتج بحوالى ٢٠ إلى ٢٣ فى المائة .

تجفيف الطماطم :

تجفف الطماطم بإحدى طريقتين ، فى الأولى تعصر الثمار وتفصل الأجزاء الصلبة من العصير بالطرد المركزى ويركز العصير إلى ٦٠ أو ٧٠ بركس ويجفف كل من العصير والأجزاء الصلبة على حدة تحت ضغط منخفض وتطحن النواتج المجففة وتمزج معاً . وفى الطريقة الثانية يجفف العصير الكثيف مباشرة .

تجفيف البطاطا :

تجفف البطاطا فى هيئة شرائح أو مكعبات . وتبدأ طريقة الصناعة بعملية التسوية بوضع الدرنات فى غرفة درجة حرارتها ٨٥° فهرنهيت ودرجة الرطوبة النسبية بها ٨٥ إلى ٩٠ فى المائة لمدة ثمانية أيام بعدها تخفض درجة الحرارة تدريجياً إلى ٥٥ أو ٦٠° فهرنهيت والرطوبة النسبية إلى ٧٥ أو ٨٥ فى المائة وتترك الدرنات حتى يحين وقت التجفيف . يلى ذلك غسل الدرنات وسلقها فى الماء على درجة ١٣٠ إلى ١٣٥° فهرنهيت لمدة نصف ساعة لتقليل مدى التغير فى اللون ونسبة الفاقد بالتقشير . ثم تقشر الدرنات بمحلول قاوى أو بالبخار تحت ضغط قدره ٧٠ إلى ١٢٠ رطل لمدة ٢٥ إلى ٣٠ دقيقة وتغسل الدرنات لإزالة القشور وبعدها

تسلق فى البخار لمدة خمسة إلى سبعة دقائق على درجة ٢٠٠ إلى ٢١٠° فهرنهيت وتكبرت بالغمس فى محلول كبريتيت تركيزه ٠٫٢ إلى ١ فى المائة . ويلى ذلك تقطيع الدرنات بالسمك المطلوب وتجفيف القطع فى مجفف النفق أو مجفف السيور المستمر . وتقدر نسبة الناتج بحوالى ١٤ إلى ٢٠ فى المائة . وغالباً تجفف البطاطا على مرحلتين ويستكمل التجفيف فى الكوارة .

تجفيف البسلة :

تنتخب أصناف البسلة المناسبة وتفرط الحبوب وتدرج حجمياً وتسلق فى ماء يغلى لمدة دقيقة أو دقيقتين مع تحاشى انفجار قشرة الحبة ، وترص الحبوب على صوانى التجفيف بمعدل رطل على القدم المربع ، وتجفف فى النفق بهواء درجة حرارته عند الدخول ١٨٠° فهرنهيت وعند الخروج ١٦٠° فهرنهيت ، وتكون درجة حرارة الترمومتر المبتل ١١٠° فهرنهيت ، ويكون اتجاه الهواء موازياً لاتجاه الصوانى . أما فى النظام العكسى فتكون درجة الحرارة الجافة عند مدخل النفق ١٥٠° فهرنهيت ودرجة حرارة الترمومتر المبتل عند مخرج الصوانى ١٠٠° فهرنهيت . وتجفف البسلة عادة إلى درجة رطوبة قدرها خمسة فى المائة .

تجفيف اللحوم :

تجفف أجزاء معينة من لحم البقر والخنازير المحتوى على نسبة من الدهون تبلغ عشرة إلى عشرين فى المائة ، ولا تصلح بعض اللحوم للتجفيف مثل اللحم العجالى Veal بسبب ليونته ورداءة صفات الناتج . وعادة تقطع اللحوم إلى مكعبات بأبعاد بوصتين وتسلق فى أوانى مسخنة بالبخار دون إضافة ماء إلى اللحم ويستمر السلق لمدة نصف ساعة تحت ضغط يتراوح بين ثلاثة وخمسة أرطال ، أو يراعى وصول درجة حرارة اللحم إلى ١٦٥° فهرنهيت وتبقى كذلك لمدة نصف ساعة . وبترك اللحوم لتبرد تعود فتمتص السائل الذى خرج منها ، فيما عدا لحم الخنزير الذى لا يتم فيه ذلك ولذا يلزم تجميع العصارة المنفصلة وتبريدها ونزع دهنها وتركيزها إلى خمس حجمها تحت ضغط منخفض خلال نصف ساعة تقريباً فيتحصل على عصير مركز كثيف يضاف فيما بعد إلى لحم الخنزير المجفف .

وعقب السلق تمرر مكعبات اللحم خلال مفرمة عند مدخل المجفف الدائر rotary drier فيتساقط اللحم فى المجفف ويتعرض للهواء الساخن على درجة حرارة ٣٠٠ إلى ٣١٥° فهرنهيت فترتفع درجة حرارة الطبقة السطحية من اللحم إلى درجة ١٠٠° . ويستغرق التجفيف حوالى ساعتين ونصف بعدها تنخفض نسبة الرطوبة من خمسين فى المائة فى اللحم الطازج إلى حوالى عشرة فى المائة فى اللحم الجاف .

وعادة تسلق اللحوم Precooked قبل تجفيفها إذ يساعد السلق على إيقاف نشاط الإنزيمات وقتل بعض الأحياء الدقيقة وإزالة جزء من الرطوبة وتجميع البروتين وتقصير مدة التجفيف . ويجرى السلق فى أوانى مسخنة بالبخار أو على أسطوانات مسخنة بالبخار . وتستغرق الطريقة الأولى حوالى نصف ساعة على درجة ١٦٥° فهرنهيت تحت الضغط الجوى العادى أو ٤٥ دقيقة تحت ضغط مرتفع . أما الطريقة الثانية فتتلخص فى صب اللحوم بين اسطوانتين متباعدتين بمقدار عشر بوصة تدوران حول محورهما . وفى هذه الطريقة تساعد الحرارة والضغط على إزالة ٢٠ إلى ٣٠ فى المائة من الرطوبة الموجودة فى اللحم .

وتجفف اللحوم المسلوقة فى مجففات النفق برصها على صوان بمعدل رطل ونصف للقدم المربع وتعريضها للهواء على درجة ١٦٠° فهرنهيت للترمومتر الجاف و ١٢٠° فهرنهيت للترمومتر الرطب . وقد تستعمل مجففات Roto-Louvre dryers باستخدام هواء سرعته ٨٠٠ قدماً فى الدقيقة ودرجة حرارته ٣٠٠° فهرنهيت ، فيستغرق التجفيف ساعتان وتنخفض نسبة الرطوبة فى اللحم إلى عشرة فى المائة وهذا النوع الأخير من المجففات غير مرغوب لارتفاع درجة حرارة الهواء وصعوبة تنظيف المجفف وتحول جزء من اللحم إلى مسحوق .

وتعبأ اللحوم المجففة فى علب وتضغط بشدة ثم تقفل العلب تحت تفريغ يبلغ عشرين بوصة . ومن التعديلات التى أدخلت على عملية التحضير إضافة أرز أو ذرة مطحونة إلى اللحم المطحون بنسبة ٣٠ فى المائة تقريباً قبل السلق فيساعد ذلك على طول مدة حفظ اللحوم المجففة .

تجفيف الأسماك :

يجفف السمك شمسيًا فى كثير من المناطق ؛ وقد يملح أو يدخن قبل تجفيفه . وتتلخص خطوات تجفيف السمك فى تنظيفه وإزالة عظام ظهر الأسماك الكبيرة وتزال الرأس والقناة الهضمية nobbed أو تزال الخياشيم والقناة الهضمية gibbed . ويلى ذلك تمليح الأسماك باستعمال محلول ملحى brine أو بالملح الجاف ، فى الحالة الأخيرة تعبأ الأسماك مع الملح فى براميل خشبية محكمة غير منفذة للماء وتترك كذلك حتى يتكون سائل ملحى بعد ساعات ويكتمل التمليح بعد مدة . وفى طريقة أخرى تكوم الأسماك مرصوصة على ظهورها على أن تكون الرؤوس والذيول متبادلة ، ويضاف إليها الملح بنسبة عشرين رطل لكل مائة رطل من السمك فيمتص الملح الرطوبة من الأسماك ويتساقط السائل لأسفل . إلا أن هذه الطريقة الأخيرة تعرض الأسماك للفساد أحياناً بسبب عدم تجانس تخلل الملح لها . وعقب التمليح تكون الأسماك معدة للتجفيف .

وفى حالة التدخين يراعى تمليح الأسماك أولاً بعض الشيء ثم تدخن على البارد أو على الساخن . فى الحالة الأولى لا تتجاوز درجة حرارة التدخين ٨٠° فهرنهيت وتستغرق العملية فترة تتراوح بين بضعة ساعات وبضعة أسابيع . أما التدخين على الساخن فيستغرق بضع ساعات فقط .

وفى طريقة التدخين على البارد تملح الأسماك وتجفف وتعلق قريباً من لهب ضعيف ينبعث من خشب محترق ، وتكون درجة الحرارة فى حدود ٨٠° فهرنهيت ، ويشترط ألا ترتفع عن ١٠٠° فهرنهيت . وتترك الأسماك كذلك بضعة أيام قد تمتد إلى ثلاث أسابيع . أما فى الطريقة الساخنة hot smoking فتكون الأسماك قريبة من اللهب وتكون درجة الحرارة ١٥٠ إلى ٢٥٠° فهرنهيت ولذلك فالتدخين يستغرق ساعتين إلى أربعة .

ولتجفيف الأسماك المملحة ترص هذه على صوانى وتترك فى الشمس لمدة تتراوح بين يوم وسبعة أيام حسب حالة الجو . أما الأسماك المدخنة فترص على عصى

رفيعة محملة على حوامل مرتفعة وتترك فى غرفة التدخين الوقت المناسب ثم تجفف شمسياً . وحالياً تجفف نسبة كبيرة من الأسماك تجفيفاً صناعياً . فى مجففات النفق تجفف الأسماك المملحة بهواء سرعته ٢٠٠ إلى ٣٠٠ قدم فى الدقيقة ودرجة حرارته ٧٥° فهرنهيت ورطوبته النسبية ٤٠ إلى ٥٠ فى المائة ؛ إلى أن تنخفض نسبة الرطوبة فى السمك وتصبح ٣٥ إلى ٥٣ فى المائة .

وفى طريقة أخرى لتجفيف الأسماك تقطع هذه الأسماك إلى قطع أبعادها ٣/٨ بوصة وتسلق فى البخار تحت ضغط قدره رطلين لمدة نصف ساعة . ويعاد فرم القطع وإمرارها خلال ثقوب أبعادها ٥/١٦ إلى ١/٢ بوصة . ويرص السمك على صوان بمعدل رطلين على القدم المربع ، ويجفف السمك باستعمال هواء سرعته ٦٠٠ قدم فى الثانية تحت الظروف التالية حتى تنخفض نسبة الرطوبة فى السمك إلى عشرة فى المائة :

المرحلة	مدة التجفيف	درجة حرارة الترمومتر الجاف	درجة حرارة الترمومتر المبتل
١	٢ ساعة	١٨٥°ف	١٣٣°ف
٢	١ ١/٢ »	١٦٧°ف	١١٤–١٢٢°ف
٣	١ ١/٢ »	١٤٩–١٥٨°ف	٩٥–١٠٠°ف

ولتجفيف الجمبرى يغلى أولاً فى محلول ملحى مخفف لمدة ربع إلى ثلاثة أرباع ساعة ويصفى ويرص فى طبقة بسمك بوصتين إلى ثلاثة معرضاً للشمس حتى يجف مع مراعاة تقليب الجمبرى فى البداية كل ثلث ساعة وتكويمه وتظليله مساء . وعقب إنتهاء التجفيف الذى يستغرق مدة تتراوح بين ثلاث وعشر أيام تزال الرؤوس والقشور عن الجزء اللحمى الذى يعبأ فى براميل . ويعطى الطن من الجمبرى ٢٣٠ إلى ٢٧٠ رطل من اللحم المجفف وكمية مماثلة تقريباً من القشور المجففة المسماه bran المستخدمة فى التسميد أو فى تغذية المواشى والطيور .

وفيما يلى تركيب السمك المجفف والمدخن :

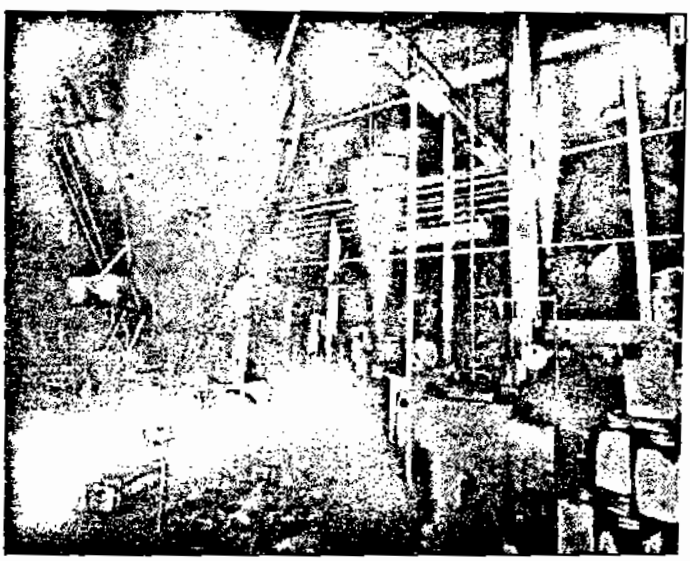
	رطوبة	مواد صلبة كلية	بروتين	دهن	رماد
	٪	٪	٪	٪	٪
سمك مدخن	٦١	٣٩	٢٢	١٣	٤
» مجفف	١٢	٨٨	٨٢	٣	٧

تجفيف اللبن :

يجفف اللبن كاملاً أو بعد نزع دهنه . ويستعمل اللبن المجفف فى صناعة منتجات المخابز ومنتجات الألبان والحلوى . وتحدد التشريعات الحكومية فى كثير من الدول مواصفات مسحوق اللبن المجفف . مثال ذلك أمريكا حيث يشترط فى مسحوق اللبن الكامل ألا تقل فيه نسبة دهن الزبد عن ٢٦ فى المائة وألا تزيد فيه نسبة الرطوبة عن ٢,٢٥ فى المائة ونسبة الحموضة محسوبة فى صورة حامض لكتيك فى اللبن المعاد لطبيعته عن ٢,٢٥ فى المائة ونسبة الأوكسجين بعد مضى سبعة أيام على تعبئة اللبن وحفظه تحت الضغط الجوى العادى عن ٣ فى المائة ونسبة النحاس عن ١,٥٠ جزء فى المليون ونسبة الحديد عن ١٠ جزء فى المليون وألا يزيد عدد البكتريا عن ٦٠٠٠ فى الملليلتر الواحد من اللبن بعد إعادته إلى الحالة السائلة . ويلزم إختبار اللبن الطازج قبل تجفيفه فتعرف حموضته ودرجة حرارته ورائحته وطعمه .

ويجفف اللبن باستخدام المجففات الأسطوانية أو مجففات الرذاذ . وتفضل مجففات الرذاذ ، إذ أن المجففات الأسطوانية التى تعمل تحت الضغط الجوى العادى لتجفيف اللبن الفرز قد تسبب تكرمل جزء من سكر اللبن وهذا يسبب صعوبة إعادة اللبن المجفف إلى حالته الطبيعية . وأفضل أنواع اللبن المجفف هو المحضر تحت ضغط منخفض ، غير أن هذه الطريقة باهظة التكاليف وتجعل مسحوق اللبن يمتص الرطوبة من الجو . وقد يجفف اللبن تحت تفريغ باستخدام حرارة الإشعاع على درجة حرارة منخفضة فى صوانى بالنظام المستمر أو غير المستمر . وتتلخص خطوات الصناعة فى التسخين الابتدائى Preheating والترويق Clarification والتكثيف condensing وضبط نسبة الدهن standardizing والتجفيف drying فيسخن اللبن أولاً لقتل الأحياء الدقيقة الموجودة به ولتكوين مانعات الأكسدة التى تحول دون تغير النكهة نتيجة للأكسدة ؛ ولزيادة كفاءة حلل التفريغ . ويستغرق التسخين الإبتدائى فترة تتراوح بين نصف ساعة على ١٤٥° فهرنهيت إلى بضع ثوان على درجة ٢٢٥° فهرنهيت . ويعتقد أن ارتفاع درجة

الحرارة إلى هذا الحد يؤدى إلى تكوين مجموعات كبريتية Sulfhydryl groups فى مسحوق اللبن . ويلى التسخين الإبتدائى ترويقه لإزالة الشوائب بقوة الطرد المركزى . وقد تتضمن عملية الترويق انفصال القشدة وهذه تعاد إلى اللبن قبل التكثيف . ويجرى تكثيف اللبن فى حالى التفريغ حتى ترتفع نسبة المواد الصلبة فيه إلى ٤٠ فى المائة بالنسبة للبن الكامل المراد تجفيفه فى مجفف الرذاذ أو ٣٥ فى المائة بالنسبة للبن الفرز المراد تجفيفه فى مجففات الرذاذ أو ١٨ فى المائة إذا أريد تجفيفه فى مجففات اسطوانية . ويلى التكثيف ضبط نسبة الدهن فى اللبن بإضافة القشدة إليه بالقدر المناسب لتتطابق صفات الناتج مع المواصفات المحددة . ففى القانون الأمريكى يجب ألا تقل نسبة الدهن عن ٢٦ فى المائة وهذه تعنى أن نسبة المواد الصلبة إلى الدهن تكون ٢,٥٣ . والعملية التالية هى تجفيف اللبن فى مجففات الرذاذ . وعادة تكون درجة حرارة الهواء الداخل لغرفة الرذاذ ٢٦٥° إلى ٣٢٠° فهرنهيت . ويجب ألا تزيد سرعة الهواء فى المجفف على ١٢٠٠ قدم فى الدقيقة . ويمكن تجفيف اللبن فى مجففات اسطوانية مسخنة بالبخار تدور بسرعة ١٢ إلى ٢٠ دورة فى الدقيقة . وفى هذه الحالة يجب تركيز اللبن قبل تجفيفه .



(شكل ٤٦) معدات مجفف الرذاذ

ويتعرض اللبن المجفف للفساد أثناء تخزينه فيتغير طعمه ويزداد عدد البيروكسيد ويزداد الأكسيجين الممتص ويظهر اللون البنى browning reaction فى مسحوق اللبن الكامل بدرجة تتوقف على نسبة الرطوبة ودرجة حرارة التخزين ووجود الأكسيجين . ويصحب هذا التفاعل تولد ثانى أكسيد الكربون وامتصاص أكسيجين وانخفاض درجة الذوبان ووضوح التكرمل فى النكهة . وقد أمكن إطالة مدة الحفظ بإضافة مانعات الأكسدة مثل Avenex No. 7 أو حمض الأسكوربيك أو حالات الإيثايل . ويبدو أن تفاعل المجموعات الأمينية فى الأحماض الأمينية ، خصوصاً الليسين ، مع مجموعة الألدهيد فى سكر اللكتوز يكون ركناً أساسياً فى فساد اللبن المجفف ، وهذا التفاعل ينشط بارتفاع نسبة الرطوبة فى اللبن المجفف .

وتتعرض مكونات اللبن أثناء التجفيف لبعض التغيرات ، منها تجمع البروتينات بتأثير حرارة اسطوانات التجفيف ، كما تتجمع كازينات الكالسيوم فى المجففات الأسطوانية ويتكرمل جزء من سكر اللكتوز ويتغير تركيز الفوسفات . وهذه التغيرات لا تحدث فى مجففات الرذاذ . أما الإنزيمات فلا تتعرض لتلف ملحوظ إلا فى حالة تسخين اللبن لدرجة أعلى من ١٦٥° فهرنهيت قبل التجفيف ، وتزداد نسبة التلف فى المجففات الاسطوانية عنها فى مجففات الرذاذ .

وفيما يلى تركيب منتجات اللبن المجففة :

المكونات		لبن كامل	لبن فرز	شرش		قشدة
رطوبة ٪		٣ر٥	٣ر٥	٦ر٢	٥٦ر٠	— ٨ر٠
بروتين ٪		٢٥ر٨	٣٥ر٦	١٢ر٥	١١ر١٢	— ١٩ر١
دهن ٪		٢٦ر٧	١ر٠	١ر٢	٥٠ر٤٠	— ٧١ر١
كربوهيدرات ٪		٣٨ر٠	٥٢ر٠	٧٢ر٤	١٤ر٧٤	— ٢٥ر٤
رماد ٪		٦ر٠	٧ر٩	٧ر٧	٢ر٤٣	— ٤ر١
كالسيوم	ملليجرام	٩٤٩	١٣٠٠	٦٧٩		
فوسفور	فى	٧٢٨	١٠٥٠	٥٧٦		
حديد	١٠٠	٦ر٠	٦ر٠			
ثيامين	جرام	٣٠ر٠	٣٥ر٠	٤٩ر٠		
ريبوفلافين		٤٦ر١	١ر٩٦	٢ر٥		
نياسين		٧ر٠	١ر١	٨ر٠		
فيتامين حـ		٦ر٠	٧			
فيتامين ا بالوحدة الدولية فى المائة جرام		١٤٠٠				

تجفيف القشدة :

تجفف القشدة بعد إضافة مواد استحلاب أو مواد مثبتة أو مواد مانعة للأكسدة أو السكر إليها . والطريقة الشائعة لتجفيف القشدة هى بتسخينها على درجة ١٢٠° فهرنهيت لمدة ثلث ساعة ثم دفعها فى مجفف الرذاذ تحت ضغط يقرب من ٢٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ رطل حيث تجفف بأقل حرارة ممكنة إلى أن تنخفض نسبة رطوبتها إلى واحد فى المائة .

تجفيف اللبن الخض :

يمكن تجفيف اللبن الخض فى مجففات الرذاذ أو المجففات الأسطوانية . والشائع هو استعمال الناتج فى الحالة الأولى لتغذية الإنسان وفى الحالة الثانية لتغذية الحيوان .

تجفيف الشرش :

تجفف الشرش فى مجففات النفق بعد تركيزها تحت ضغط منخفض إلى تركيز ٨٠ فى المائة مواد صلبة وإضافة البذرة إليها ، أى كمية بسيطة من شرش مجفف سابق وتركها ٢٤ ساعة ليتبلور اللكتوز ، ثم تجفف العجينة الناتجة على صوان من السلك بهواء درجة حرارته ١٦٠ إلى ١٨٠° فهرنهيت .

ويمكن استعمال المجففات الأسطوانية فتركز الشرش إلى خمسين فى المائة ويصب السائل اللزج على أسطوانات تدور بسرعة ١٣ دورة فى الدقيقة ومسخنة لدرجة ٣٠٠° فهرنهيت . كذلك يمكن استعمال مجففات الرذاذ فتركز الشرش إلى ٥٠ أو ٥٥ فى المائة ويبلور اللكتوز ويدفع من قمة مجفف الرذاذ المحتوى على هواء ساخن درجة حرارته ٣٠٠ إلى ٣٢٠° فهرنهيت ، ثم تنقل الأجزاء الجافة بواسطة هواء درجة حرارته ١٨٠° فهرنهيت إلى مجفف التقليب حيث تتم عملية التجفيف .

تجفيف الجبن :

تجفف الجبن بعدة طرق فى إحداها تمزج الجبن بمحلول ستراتت الصوديوم وتجفف فى مجفف الرذاذ أو بالمجففات الأسطوانية . وفى طريقة أخرى تجمد الجبن الرخوة على درجة أقل من ٢٠° فهرنهيت وتبخر الرطوبة بالتفريغ الشديد دون رفع درجة الحرارة حتى تقترب الجبن من حالة الجفاف فترفع درجة الحرارة فوق الصفر الفهرنهيتى لإنهاء التجفيف وخفض درجة الرطوبة إلى اثنين فى المائة . وفى طريقة ثالثة تبشر الجبن الجافة وتجفف على درجة الحرارة العادية ثم فى المجفف على درجة حـــرارة ٧٢ إلى ٨٢ فهرنهيت ودرجة رطـــوبة نسبية قدرها

٢٥ إلى ٣٥ فى المائة حتى تنخفض نسبة الرطوبة فى الجبن إلى ٨ أو ١٢ فى المائة خلال ساعة إلى ساعة ونصف . وفى المرحلة الثانية للتجفيف ترفع درجة الحرارة إلى ١٤٥° فهرنهيت فتنخفض نسبة الرطوبة فى الجبن إلى ٢٫٥ أو ٣ فى المائة خلال ساعة ونصف إلى ساعتين . ويبرد الجبن المجفف إلى درجة ٥٠ إلى ٦٠° فهرنهيت ليتجمد الدهن .

وتحتوى جبن الشدر المجففة على النسب المئوية التالية : ٢٫٨ رطوبة ، ٥٠ دهن ، ٣٨ بروتين ، ٢٫٦ ملح طعام ، ٣٫٤ أملاح ، ٣٫٢ كربوإيدرات .

تجفيف الخميرة :

تتكاثر الخميرة فتبلغ أربعة أمثال عددها الأصلى فى صناعة البيرة . وهذه الخميرة يعاد استعمال ربعها فى عملية تخمير جديدة أما الثلاثة أرباع الباقية فتحفظ على درجة ٣٣° فهرنهيت منعاً لتحللها ذاتياً حتى يحين وقت تجفيفها . وتبدأ عملية التجفيف بمعاملة معلق الخميرة بالطرد المركزى لفصل أكبر قدر ممكن من البيرة ولتركيز المعلق ، ويلى ذلك إزالة المرارة من الخميرة بدفع المعلق فى تانك مبرد مع ماء مثلج يحتوى على كربونات أو بيكربونات الصوديوم والأمونيوم بتركيز واحد إلى إثنين فى المائة ، ويمزج المحلول بمعلق الخميرة جيداً . وعقب ذلك يعامل المحلول والخميرة بالطرد المركزى ويعاد دفعه مع الماء المثلج فى تانك مبرد آخر ، ثم يضبط رقم $_pH$ فى معلق الخميرة عند خمسة بإضافة القدر المناسب من حامض الكلوردريك النقى . ويلى ذلك إعادة المعلق إلى ماكينات الطرد المركزى ثم يعاد الغسيل بالمحلول القلوى . وأهم ما يراعى فى هذه العمليات هو عدم تجاوز درجة حرارة معلق الخميرة ٣٣ إلى ٣٥° فهرنهيت . والخطوة الأخيرة هى تسخين معلق الخميرة المحتوى على حوالى عشرين فى المائة مواد صلبة تسخيناً إبتدائياً ثم تجفيف المعلق فى مجففات أسطوانية حتى تنخفض نسبة الرطوبة فى الخميرة إلى أربعة أو ثمانية فى المائة .

وقد يجرى تكاثر الخميرة فى الصناعة بتنميتها على محلول سكرى ، والسلالة المستخدمة هى عادة Saccharomyces cerevisiae أو Torula utilis . وقد تنمى

الخميرة على مولاس فى مراحل متتالية ، ويراعى فى بداية المراحل عدم التهوية منعاً للتلوث بهواء مضغوط مرشح بارد . ويجب أن يضاف للخميرة أثناء تكاثرها بعض الأملاح المغذية النتروجينية مثل أملاح الأمونيوم أو إيدروكسيد الأمونيوم أو النتروجين العضوى المنفصل فى ماء نقع الذرة فى مصانع النشا . كذلك يجب أن يضاف قليل من الفوسفور والبوتاسيوم والمغنسيوم والأحماض الأمينيـــة الضرورية . والنسب الشائع إضافتها للمولاس هى ١,٦ إلى ١,٨ فى المائة نتروجين ، ٠,٦ إلى ٠,٨ فى المائة فوسفور ، ٠,١ إلى ٠,١٥ فى المائة أكسيد مغنسيوم . ويجب أن يكون المولاس مخففاً بحيث لا تتجاوز نسبة السكر به واحد فى المائة ، وتضاف المحاليل المغذية بالنسب المتمشية مع التكاثر أثناء تهوية المعلق بشدة . وكذلك يلزم ضبط $_pH$ المعلق عند أربعة أو خمسة ، وتضاف الأمونيا أثناء التكاثر لمعادلة الزيادة فى الحموضة التى تطرأ تدريجياً . ولابد من تبريد المعلق بحيث لا تتجاوز درجة حرارته ٨٠° فهرنهيت إذ أن تكاثر الخميرة ينتج كمية كبيرة من الحرارة تصل إلى ٧٣٠ وحدة حرارة بريطانية لكل رطل واحد من الخميرة يتكون .

وتستغرق عملية تكاثر الخميرة حوالى ١١ ساعة بعدها تفصل الخميرة وتغسل وتركز بالطرد المركزى فينتج معلق تركيز المواد الصلبة به حوالى ١٥ فى المائة ويمكن تسخينه مبدئياً وتجفيفه فى مجففات أسطوانية حتى تنخفض نسبة الرطوبة فى الخميرة إلى خمسة فى المائة .

ويجفف مستخلص الخميرة yeast extracts أيضاً ، وهذا المستخلص يحضر من خميرة البيرة المزال منها المرارة بإحدى الطرق الثلاث : التحلل الذاتى autolysis أو الإنتشار الأسموزى plasmolysis أو التحلل المائى hydrolysis . ويستعمل هذا المستخلص كبديل لمستخلص اللحوم فهو يتميز بطعم ملحى شبيه بطعم اللحم . ولتحضير المستخلص بطريقة التحلل الذاتى تعلق الخميرة فى كمية كافية من الماء بحيث يصبح التركيز حوالى ١٥ فى المائة مواد صلبة ، ويسخن المعلق إلى درجة ١٤٠ أو ٢٣٠° فهرنهيت لمدة تتراوح بين عشر دقائق وثلاث ساعات فيتم التحلل الذاتى . وبعد ذلك تبرد المادة وتركز بالطرد المركزى

ثم تركز تحت ضغط منخفض . وفى طريقة الإنتشار الأسموزى تمزج خميرة البيرة الرطبة المزال مرارتها بحوالى خمس إلى ربع وزنها ملح طعام ويسخن المزيج ليحدث الإنتشار الأسموزى لمكونات خلايا الخميرة . ثم تسخن المادة للغليان وترشح لفصل بقايا الخلايا ويركز الراشح تحت ضغط منخفض أو يغلى تحت الضغط الجوى العادى حتى يظهر تكون طبقة من الملح على السطح يمكن كشطها وترك المعلق للترسيب . ويلى ذلك تركيز السائل الرائق بعد سحبه من أعلى تحت ضغط منخفض . وفى طريقة التحلل المائى تسخن خميرة البيرة مع حامض كلوردريك نق تحت ضغط مرتفع ، وترشح المادة الناتجة ويغسل الراسب بالماء المحمض قليلاً بحامض كلوردريك ، ثم يجمع الراشح وماء الغسيل ويعادل بكربونات صوديوم . يلى ذلك تركيز المخلوط تحت ضغط منخفض . وقد تستبدل هذه الطريقة بأخرى فيها تحلل الخميرة مائياً باستعمال محلول حامض كلوردريك تركيزه خمسة فى المائة على درجة ٩٥ إلى ١٧٠° فهرنهيت لمدة أربعة أيام . ويحول المستخلص المتحصل عليه بأى من الطرق الثلاث السابقة إلى عجينة أو إلى مسحوق يكون تركيبه كما يلى : ٧ إلى ٣٢ فى المائة رطوبة ، ٤ إلى ٧ فى المائة نتروجين ، ٨ إلى ٤٠ فى المائة رماد . ٦ إلى ٢٢ فى المائة ملح طعام ، ٤ إلى ٢٠ فى المائة رماد خالى من كلوريد الصوديوم . ٠,٠٣ إلى ٠,٨ فى المائة دهن ، ٢٩٠٠ إلى ٢٠٠٠٠ جاما فيتامين ثيامين فى الجرام ، ورقم pH ٤,٤ إلى ٦,٠ .

وتحضر مخاليط خميرة جافة حية تستعمل فى عمليات التخمير . وهذه المنتجات تتكون من خلايا خميرة حية وحبوب غذائية مطحونة وكبريتات أمونيوم وكبريتات كالسيوم وفوسفات كالسيوم ومولت وحوالى ١٤ فى المائة رطوبة . ويراعى فى تجفيف الخميرة المحافظة على حيويتها ، لذلك تجفف عادة فى مجففات السيور الناقلة على مرحلتين فى الأولى منهما تكون درجة حرارة الترمومتر الجاف ٩٥° فهرنهيت ، أما فى المرحلة الثانية فتكون درجتا الحرارة ٨٥ ، ٦٠° فهرنهيت على التوالى . ويقدر الإنتاج بحوالى ٢,٦ رطل من الخميرة الجافة المحتوية على ثمانية فى المائة رطوبة لكل جالون مولاس به ٧٠ إلى ٧٥ فى المائة سكر . وعند استعمال الخميرة المجففة

فى صناعة الخبيز يلزم تعليقها فى ماء دافىء درجة حرارته ١٠٥° فهرنهيت . ويعتبر الرطل الواحد من الخميرة الجافة النشطة مكافئاً لرطلين من الخميرة المضغوطة.

تجفيف دهون الخبيز :

تحضر بعض دهون الخبيز Shortenings بهدرجة زيت بذرة القطن المضاف إليه لبن فرز لخفض نسبة الدهن به إلى حوالى خمسين فى المائة ، كما قد يضاف للدهن بعض عوامل الاستحلاب كالليسيثين أو الألجينات . ولتجفيف هذا الدهن يسخن أولاً تسخيناً إبتدائياً لدرجة ١٦٠° فهرنهيت ثم يجنس ويجفف فى مجففات الرذاذ أو المجففات الأسطوانية . وتستعمل مثل هذه الدهون المجففة فى صناعة مخاليط المستحضرات الجافة للبسكوت والكيك .

مساحيق المشروبات المحلاة :

تحضر مساحيق تحتوى على حامض عضوى وسكر ومواد مكسبة للنكهة وأخرى ملونة . مثال ذلك المخلوط التالى :

سكر قصب	٤٥ رطلاً	حامض ستريك	٢ رطلاً
دكستروز لامائى	٦٥ رطلاً	زيت ليمون مقطر	$\frac{1}{2}$ أوقية

زيت ليمون مستخرج بالكبس على البارد $\frac{1}{2}$ أوقية .

تخلط المواد الجافة معاً ويضاف إليها الزيت وتمزج جميع المكونات جيداً وتعبأ فى عبوات مانعة للرطوبة . وعند الإستعمال يمزج أربعة أوقيات بلتر ماء .

مسحوق البودنج :

تحضر مساحيق تجارية لصناعة البودنج . ينحصر استخدامها فى إضافة القدر المناسب من الماء والتقليب على البارد فتتكون البودنج ؛ أو قد يسخن المخلوط قليلاً مثال ذلك مسحوق بودنج الفانيليا التالى :

سكر بودرة	٢٥ رطلاً	نشا درنات	$\frac{1}{2}$ رطلا
دكستروز لامائى	٥٣ رطلاً	ملح طعام	$1\frac{1}{4}$ أوقية

نشا ذرة	١٥ رطلا	فانيليا	قليل
مادة ملونة	قليل		

تذاب المادة الملوّنة FD & C No. 5 and 6 فى أقل كمية من الماء وتضاف للمكونات الجافة ويمزج الجميع جيداً فى الخلاط وينخل المسحوق

ولعمل مسحوق بودنج شيكولاتة تستعمل النسب التالية :

كاكاو (١٥ إلى ١٨ ٪ دهن)	١٨ رطلاً	صفار بيض مجفف	٥ رطلاً
ملح طعام	١ ½ رطلاً	نشا ذرة	٨ رطلاً
نشا درنات	٥ رطلاً	لبن فرز مجفف	١٦ رطلاً
مسلى نباتى	١ رطلاً	سكر بودرة	٤١ ½ رطلاً
فانيليا	١ أوقية		

الحساء المجفف :

يمكن الحصول على مخاليط جافة يضاف إليها الماء بالقدر المناسب فتنتج الشوربة . مثال ذلك شوربة الدجاج المحضرة بالنسب التالية :

دهن دجاج	٩ رطلاً	جزر مجفف	١٥ رطلاً
مسلى نباتى	١٢ رطلاً	بقدونس مجفف	٣ رطلاً
قطع لحم دجاج مجففة	١٥ رطلاً	بصل مجفف	٣٠ رطلاً
جلوتامات أحادى الصوديوم	٢ رطلاً	فلفل حلو	٣ أوقية
ملح طعام	٦ ½ رطلاً	مكرونة شرائط بالبيض	٢١٠ رطلاً

تمزج جميع المكونات معاً عدا الدهن ، ويسيح الدهن ويمزج بالمخلوط الجاف ، ويضاف المخلوط للمكرونة ويمزج معها . ويعبأ الناتج فى عبوات مانعة للرطوبة .

تجفيف البيض :

يجفف البيض الكامل أو صفار البيض باستخدام مجففات الرذاذ، أما بياض البيض فيمكن تجفيفه بطريقة الصوانى . وتصمم مجففات الرذاذ المستخدمة فى تجفيف

البيض بطريقتين ، فى إحداهما يدفع سائل البيض على هيئة رذاذ من فتحة علوية مجاورة لفتحة خروج هواء العادم فيتجمع البيض المجفف ويخرج من فتحة سفلية قريبة من فتحة دخول الهواء وبذلك يعتبر نظام مرور الهواء فى المجفف عكسياً . وفى الطريقة الثانية يدخل رذاذ البيض من فتحة فى منتصف تيار الهواء الداخل للمجفف ، وعادة يوجد بمثل هذا المجفف عدة فتحات لدخول الهواء وعدة فتحات لدخول الرذاذ .

وتتلخص طريقة تجفيف البيض عموماً فى غسيل البيض وتكسيره يدوياً أو آلياً وفحص السائل جيداً للتخلص من التالف ومزج البيض السائل ببعضه جيداً حتى يتجانس ويرشح البيض للتخلص من أجزاء القشرة الدقيقة ومن الشرائب والأغشية ، ويلى ذلك التجفيف حتى تنخفض نسبة الرطوبة إلى ١,٥ أو ٢ فى المائة . ويعبأ مسحوق البيض فى العلب فى جو من غازى ثانى أكسيد الكربون والنتروجين بنسبة ٢٠٪ من الأول مع ٨٠ فى المائة من الثانى فيساعد الأول على ثبات النكهة أثناء التخزين . وفى طريقة أخرى تثبت فائدتها فى المحافظة على مسحوق البيض أثناء التخزين ، يحمض البيض السائل قبل التجفيف ويجفف لخفض رطوبته عن ٢ فى المائة ثم يضاف إليه بيكربونات صوديوم بالقدر اللازم لمعادلة الحموضة الزائدة ، ويعبأ المسحوق فى جو من غازى ثانى أكسيد الكربون والنتروجين .

قبل تجفيف بياض البيض قد يزال الجلوكوز منه بالتخمير باستعمال خميرة أو بكتريا أو إنزيمات فيساعد ذلك على تحسين لون المسحوق ونسبة ذوبانه . وقد يستغنى عن هذه العملية بالتخزين على درجة حرارة منخفضة تتراوح بين ٣٧ ، ٤١° فهرنهيت . ويجب أن يتوفر فى مسحوق بياض البيض صفات خاصة هى ارتفاع نسبة ذوبانه واعتدال رائحته وقلة محتوياته من البكتريا .

وتوجد فى المصانع الآن ماكينات لتكسير البيض تصل قدرة الواحدة منها إلى ٥٠٠٠ بيضة فى الساعة ، كما توجد آلات لفصل الصفار عن البياض . وتبلغ نسبة تصافى البيض بعد إزالة القشور حوالى ٨٥ فى المائة . ولا بد من تهشيم غلاف الصفار ومزج مكونات البيض Churning وفصل بقايا القشور بالتصفية والترسيب . ولا يمكن إجراء عملية الخلط هذه على

بياض البيض بمفرده بسبب تكون الرغاوى بوفرة ، لذلك يكتفى بالتصفية خلال مناخل دقيقة المسام تحت ضغط .

ولإزالة الجلوكوز من بيـــاض البيض باستعمال الخميرة المجففة النشطة Saccharomyces cerevisiae يعمل معلق الخميرة بإضافتها إلى الماء بنسبة جزء لكل ثلاثة أجزاء من الماء ، ويضاف المعلق للبيض بنسبة نصف فى المائة، وتضاف أغذية الخميرة لإسراع التخمير ، وتضبط الحموضة عند pH سبعة ، ويستمر التخمير مدة ٢ إلى $\frac{1}{2}$ ٢ ساعة . أما فى حالة استعمال البكتريا فيضاف Streptococcus lactis إلى بياض البيض بنسبة واحد فى المائة ويترك على درجة ٩٨ إلى ٩٩° فهرنهيت ليتم التخمير خلال ثلاث إلى أربع ساعات . ويفضل استبدال الطريقتين السابقتين بطريقة أكسيديز الجلوكوز التى تعتمد على تحويل الجلوكوز إلى حمض جليكونيك بتأثير الإنزيم والأكسيجين الجزيئى . وينحلل فوق أكسيد الإيدروجين الناتج بفعل إنزيم الكتاليز منتجاً زيادة من الأكسجين الجزيئى التى تستعمل فى أكسدة مزيد من الجلوكوز . وفى هذه الطريقة الأخيرة تضبط حموضة بياض البيض عند pH ٧,٤ بإضافة حامض كلوردريك مخفف نقى ثم يضاف الإنزيم بالكمية المناسبة وبعدها يضاف فوق أكسيد الإيدروجين بنسبة نصف فى الألف تدريجياً خلال خمس إلى عشر دقائق بعدها تضاف بقية فوق أكسيد الإيدروجين حتى تصل نسبته إلى ثلاثة أو خمسة فى الألف . وتستغرق عملية إزالة الجلوكوز حوالى تسع ساعات بعدها لا يتبقى فى بياض البيض سوى حوالى ستة فى المائة من السكريات المختزلة القابلة للتخمير الموجودة أصلاً وتكون البقية هذه معظمها مانوزوجلكتوز . والمعروف أن هذه الطرق الثلاث السابقة تعطى ناتجاً أفضل مما تعطيه طريقة التخمير الذاتى القديمة التى فيها يوضع البيض السائل فى صهاريج التخمير ويترك على درجة حرارة ٨٦° فهرنهيت لمدة ٧٢ ساعة تقريباً يتم خلالها التخمر . وبطول المدة فى الطريقة الأخيرة تقل الحموضة وتتغير الرائحة . وعموماً تتغير الحموضة أثناء التخمير فيصل pH إلى ٧,٥ أو ٩,١ ثم ينخفض فى نهاية ٧٢ ساعة إلى ٦,٢٥ . وفى نهاية المدة يسحب البياض السائل من الصهاريج مع

تترك طبقة فى القاع بسمك ثلاث بوصات يعاد تخميرها بعد إضافة أوقيتين من الماء وثلاث أوقيات من كحول الإيثايل لكل مائة رطل من السائل . أما البياض السائل المسحوب فيجفف فى مجفف النفق أو المقصورة حيث ينشر على صوان من الألومنيوم أو الصلب غير القابل للصدأ ويترك على درجة حرارة ١٢٠° فهرنهيت لمدة ١٨ ساعة ثم على درجة ١٤٠° فهرنهيت لمدة ٤٠ إلى ٤٥ ساعة . ويلى ذلك تبريد المادة المجففة لمدة ٢٤ ساعة على مناضد أو غرابيل فى الجو العادى أو لمدة ٢ إلى ٣ ساعة فى حجرة على درجة ١٠٠° إلى ١١٠° فهرنهيت . وكثيراً ما تستعمل مجففات الرذاذ فى تجفيف بياض البيض . ويقدر الإنتاج بحوالى ١٣,٧ رطلاً من الألبومين المجفف لكل مائة رطل من البيض السائل . ونسبة الرطوبة فى الألبومين المجفف تتراوح بين ١٤,٥ فى المائة حسب طريقة التجفيف .

ويعتبر البيض الكامل المجفف dry egg solids عرضة للفساد السريع أثناء التخزين إذ تتغير نكهته ولونه نتيجة لتفاعل الجلوكوز مع السيفالين . ويمكن التخلص من الجلوكوز بالتخمر باستعمال ثلاثة أرطال من خميرة الخباز لكل ١٢٠٠ رطل من البيض . ويستغرق التخمر ثلاث ساعات على درجة ٨٦° فهرنهيت . ويساعد التحميض على طول مدة حفظ البيض المجفف . لذلك يضاف ٤,٥ رطل حامض كلوردريك نقى مذابة فى ٦٠ رطل من الماء لكل ألف رطل من البيض الكامل المضروب المعدنى . وينصح بإضافة بيكربونات الصوديوم لمسحوق البيض الكامل بنسبة ١,٥ فى المائة . ويجرى تجفيف البيض الكامل فى مجففات الرذاذ على مرحلتين ، فى الأولى تنخفض نسبة الرطوبة إلى خمسة فى المائة وفى الثانية تنخفض إلى ١,٥ فى المائة . وتكون سرعة هواء التجفيف فى المرحلة الثانية ألف قدم فى الدقيقة ودرجة حرارته ٢٠٠ إلى ٢٢٠° فهرنهيت عند دخوله و ١٨٠° فهرنهيت عند خروجه .

وفيما يلى تركيب منتجات البيض المجففة :

المكونات		البياض	الصفار	البيض الكامل
رطوبة		٣,٠	٣,٠	٥,٠
بروتين		٨٥,٩	٣١,٢	٣٦,٨
دهن	النسبة	صفر	٦١,٢	٤٢,٠
رماد	المئوية	٤,٨	٣,٣	٣,٦
كربوايدرات		٦,٣	١,٣	٢,٥
كالسيوم		٤٨	٢٨٢	١٩٠
فوسفور		١٣٥	١١٢٣	٧٦٧
حديد		١,٦	١٣,٨	٨,٨
ثيامين	ملليجرام	صفر	٠,٥٠	٠,٣٤
ريبوفلافين	فى كل	٢,٠٥	٠,٦٦	١,٠٦
نياسين	١٠٠ جرام	٠,٧	٠,١	٠,٢
فيتامين ا بالوحدة الدولية فى ١٠٠ جرام		صفر	٥٥٤٠	٣٧٤٠

وفيما يلى تركيب البيض الكامل :

القشرة والغشاء الداخلى « ١٠ ٪ » :

رطوبة	١,٤٦ فى المائة	رماد	٥٥,٣ فى المائة
كالسيوم	٣٧,٨ « «	فوسفور	٠,٢ « «
مغنسيوم	٠,٤ « «	مواد عضوية	٤,٢ « «
مواد أخرى	٣٩,٠ « «	صبغات : oocyan ,oorhodein	

البياض « ٥٨ ٪ » :

رطوبة	٥٦	فى المائة	جلوكوز	٠,٤	فى المائة
دهن	٢	« «	رماد	٠,٨	« «
بروتين	١١,٦	« «	بوتاسيوم	٠,١٥	« «
صوديوم	٠,١٦	« «	مغنسيوم	٠,٠١١	« «
كالسيوم	٠,٠٠٦	« «	حديد	٠,٠٠٢	« «
كبريت	٠,٠٢	« «	فسفور	٠,٠٢	« «
صبغات	d-riboflavin		فيتامين ب٢	٠,٣	ملليجرام فى ١٠٠ جرام
عناصر نادرة	لو ؛ من ، نح ، ص ، فل ، ى ، س ، خ		نياسين	٠,١	

والبروتين عبارة عن أوفالبومين ٥٠ — ٦٠ ٪ ، كونالبومين ١٠ — ١٢ ٪ أوفوميوكويد ١٠ — ١٢ ٪ ، أوفوميوسين ٢,٥ ٪ ، ليسوزيم ٢,٥ ٪ ، أفيدين ٠,١ ٪ .

الصفار (٣٢ ٪)

رطوبة	٤٩	فى المائة	بروتين	٦,٧	فى المائة
دهن	٣١,٦	« «	جلوكوز	٠,٢١	« «
رماد	١,٥	« «	بوتاسيوم	٠,١١٣	« «
صوديوم	٠,٠٤٩	« «	مغنسيوم	٠,٠١٧	« «
كالسيوم	٠,١٤٧	« «	حديد	٠,٠٠٧٢	« «
فوسفور	٠,٥٩	« «	كلور	٠,١,٧	« «
كبريت	٠,٢	« «	عناصر نادرة	لو ، من ، خ ، نح ، ص ، س ، ى ، فل	
ليسيثين					

فيتامين ب٢ ٠,٣٥ ملليجرام فى ١٠٠ جرام

« ب١ ٠,٢٧ ،

« K ، E ، D ونياسين

والبروتين عبارة عن فيتالين ٧٨٪ ، ليفتين ٢١ ٪

صبغات : زانثوفيل ، كربتوزانثين زيوزانثين ؛ كاروتين ، كابسانثين

تجفيف الفاكهة :

الفاكهة	حمولة الصينية بالرطل على القدم المربع	درجة الحرارة القصوى فى الطرف الجاف °ف	الرطوبة النهائية ٪	مدة التجفيف بالساعة	نسبة التجفيف
تفاح شرائح مقشور (مكبرت $\frac{1}{2}$ ساعة)	٢	١٦٥	٥ — ١٠	٨	١ : ٨
مشمش أنصاف (مكبرت $\frac{1}{2}$ ساعة)	٢	١٦٠	١٠	١٢	١ : ٦
كريز (مغموس فى القلوى ومكبرت $\frac{1}{4}$ — ١ ساعة)	٢ . ٣	١٦٠ — ١٧٠	١٠ — ٢٥	٨ — ١٢	—
تين مقطع (مكبرت ١ ساعة)	٢ — ٣	١٦٠	٥	١٠	١ : ٤
عنب (مغموس بالقلوى ومكبرت $\frac{1}{2}$ — ٣ ساعات)	$٣\frac{1}{2}$ — ٤	١٦٠	٥	١٦ — ٢٤	١ : ٥ : ٣
خوخ أنصاف (مكبرت ٣ ساعات)	٣	١٥٠	٢٠ — ٣٠	٢٤	١ : ٥
كمثرى أنصاف (مكبرتة ٢٤ ساعة)	٣	١٤٥	٣٠ — ٤٠	٤٨	١ : ٥
برقوق (مغموس بالقلوى)	$٢\frac{1}{2}$ — ٤	١٦٥ — ١٧٠	٢٠ — ٣٠	٢٤ — ٣٦	١ : ٥

تجفيف الخضروات فى نفق التجفيف : (رطوبة نسبية ٤٠ — ٤٥ ٪ عند الطرف البارد ، ٢٠ — ٢٥ ٪ عند الطرف الساخن) .

الخضروات	حمولة الصينية بالرطل على القدم المربع	درجة حرارة التجفيف °ف عند الطرف البارد	الساخن	مدة التجفيف بالساعات	نسبة التجفيف لغير المجهز	للمجهز
كرنب (١)	١,٥ — ٢,٠	١٤٠	١٥٠	١٢ — ١٤	١ : ١٨	١ : ١٥
جزر (٢)	١,٠ — ١,٥	١٥٥	١٦٥	١٤ — ١٦	١ : ١٨	١ : ١٦
قنبيط (٣)	١,٠ — ١,٥	١٤٠	١٥٠	١٠ — ١٢	١ : ٣٥	١ : ١٨
بصل (٤)	٠,٧٥ — ١,٥	١٤٠	١٥٠	١١ — ١٣	١ : ١٠	١ : ٨
بطاطس (٥)	١,٠ — ١,٥	١٤٠	١٥٠	٧ — ٨	١ : ٧	١ : ٥
سبانخ (٦)	٠,٧٥ — ١,٠	١٤٥	١٥٥	٧ — ٨	١ : ٢٢	١ : ١٦
طماطم (٧)	١,٠ — ١,٠	١٤٠	١٥٠	٩ — ١٠	١ : ٢٧	١ : ٢٥
لفت (٨)	١,٠ ١,٥	١٢٥	١٣٥	١١ — ١٣	١ : ٢٨	١ : ١٩

(١) تقطع الأوراق الداخلية طولياً بسمك $\frac{٣}{١٦}$ بوصة ، وتعامل بالبخار ٥ — ١٠ دقائق ، وتسلق ٢ — ٣ دقائق فى ماء به ١ ٪ بيكربونات صوديوم .

(٢) يقشر الجزر ويقطع شرائح بسمك $\frac{٣}{١٦}$ بوصة ، ويسلق ٢ — ٤ دقيقة فى ماء به ٢ ٪ ملح طعام .

(٣) تفصص أزهار القنبيط وتجزأ وتسلق فى الماء لمدة ٤ — ٥ دقائق وتنقع فى محلول $\frac{١}{٢}$ ٪ كب١ لمدة $\frac{٣}{٤}$ — ١ ساعة .

(٤) يقطع البصل بسمك $\frac{١}{١٠}$ بوصة ، وتغمس القطع فى محلول ملح طعام تركيزه ٥ ٪ لمدة عشر دقائق .

(٥) تقشر البطاطس وتقطع شرائح بسمك $\frac{٣}{١٦}$ — $\frac{١}{٤}$ بوصة وتسلق لمدة ٣ — ٥ دقائق فى ماء يغلى وتبرد بالماء الجارى مباشرة .

(٦) تغسل السبانخ وتعامل بالبخار ٤ — ٥ دقائق .

(٧) تقشر الطماطم بوضعها فى ماء يغلى لمدة $\frac{١}{٢}$ — ١ دقيقة وتقطع شرائح بسمك $\frac{١}{٤}$ — $\frac{٣}{٨}$ بوصة — وقد تقطع بدون تقشير للحصول على مسحوق .

(٨) يقشر اللفت ويقطع شرائح بسمك $\frac{٣}{١٦}$ بوصة ويغمر لمدة ١—٢ ساعة فى محلول كب١ ٥ز٪ ثم يغسل ويسلق فى ماء لمدة ٢—٤ دقيقة أو بالبخار ١٠—١٢ دقيقة.

تشرب وطهى الأغذية المجففة :

لإعداد المواد الغذائية المجففة للاستهلاك الآدمى تنقع هذه المواد فى الماء لتتشرب بعضه وتعود إلى حالتها الأصلية . وقد نصح أخيراً بتحاشى النقع ، فيبدأ فى طهى الأغذية المجففة مباشرة على أن يكون الطهى بطيئاً ، وذلك بالنسبة لبعض الأغذية دون الأخرى . وتختلف كمية الماء المضافة تبعاً لنسبة التجفيف وكمية المادة الغذائية فتزداد كمية الماء بارتفاع نسبة التجفيف وبصغر كمية المادة المجففة . كما تختلف مدة الطهى باختلاف الطريقة المتبعة وطبيعة المادة ، فالمدة تقصر فى حالة الأغذية المسلوقة قبل التجفيف وفى حالة نعومة قوام المادة . وتساعد حرارة الطهى على طرد حوالى ٧٠ إلى ٨٠ فى المائة من ثانى أكسيد الكبريت الممتص فى الأغذية المجففة . وتتأثر كمية الماء الممتصة بواسطة المادة الغذائية المجففة أساساً بنسبة البكتين فيها وبعدد مجموعات الميثايل فى البكتين .

ويطلق على عملية تشرب الأغذية المجففة الإصطلاحات التالية : rehydration أو refreshing أو recovery أو restoration أو reconstitution .

ويمكن اختبار تشرب المادة المجففة باتباع الطريقة التالية :-

توزن عينتان كل منهما زنة عشرة جرامات وتوضع العينة فى كأس زجاج بيركس سعة ٦٠٠ ملليلتراً . ويضاف ٨٠ إلى ١٥٠ ملليتر ماء مقطر للعينة ويغطى الكأس بزجاجة ساعة ويسخن على لوح كهربائى بحيث يبدأ الغليان خلال ثلاث دقائق ويستمر فى الغليان لمدة خمس دقائق ، بعدها تصب محتويات الكأس فى قمع بوخنر به ورقة ترشيح متسعة المسام . ويستمر فى الترشيح باستعمال المضخة بسرعة بطيئة ومع دوام التقليب باحتراس لمدة نصف دقيقة أو دقيقة أو حتى ينتهى تساقط السائل من القمع . ويجفف الراسب على ورقة الترشيح ويوزن . ويكرر العمل على عينتين أخريتين مع الغليان لمدة عشر دقائق ، ثم مرة أخرى مع الغليان ٢٠ دقيقة ثم مرة أخيرة مع الغليان لمدة نصف ساعة . وفى حالة طول مدة الغليان يلزم زيادة حجم الماء بمقدار ٢٠ إلى ٣٠ ملليلتراً .

ويجرى حساب نسبة التشرب rehydration ratio أو معامل التشرب

coefficient of rehydration أو نسبة الرطوبة فى المادة بعد التشرب بالطرق التالية

١ — نسبة التشرب .

وزن العينة المجففة = ١٠ جرام

» » المتشربة = ٦٠ جرام

∴ نسبة التشرب = $\frac{٦٠}{١٠} = \frac{٦}{١}$ أى ٦ إلى ١

٢ — معامل التشرب :

نسبة الرطوبة فى العينة المجففة = ٥ ٪

» » » » الطازجة = ٨٧ ٪

∴ معامل التشرب = $\frac{(٨٧ - ١٠٠) \times ٦٠}{(٠٥, \times ١٠) - ١٠}$

$$= \frac{٧٨٠}{٩,٥} = ٨٢,١$$

٣ — النسبة المئوية للرطوبة فى المادة المتشربة =

$$\frac{٩,٥ - ٦٠}{٦٠} \times ١٠٠ = \frac{٥٠٥٠}{٦٠} = ٨٤,١ ٪$$

ويجب أن تقترن النتائج السابقة بتقرير عن مظهر المادة المتشربة وطعمها ورائحتها . كذلك يجب ملاحظة تأثير الرطوبة على لون المادة المتشربة إذ أن الأنثوسيانينات والفلافونولات flavonois قابلة للذوبان فى الماء فتفقد فى ماء الرشح. كذلك تؤثر الحموضة فى لون الصبغات ولذا فالأنثوسيانينات تكسب المادة لوناً فاتحاً فى الوسط الحامضى ولوناً معتماً أو مخضراً فى الوسط القلوى. وتعطى الفلافونولات لوناً مصفراً فى الوسط القلوى . ولا تتأثر الكاروتينويدات بالحموضة أو القلوية أو كمية الماء . أما الكلوروفيل فيعطى لوناً أخضراً واضحاً فى الوسط القلوى أو لوناً متغيراً dull فى الوسط الحمضى بسبب تكون phaeophytin . ويؤثر عسر الماء على قوام أنسجة بعض الأغذية كالبسلة ، كما أن الغمس فى محلول الكبريتيت يجعل الأنسجة لينة .

القيمة الغذائية للأغذية المجففة :

تسبب عملية التجفيف فقداً ملموساً فى بعض مكونات الأغذية ، ويختلف مقدار الفقد باختلاف طرق التجفيف . وحالياً عرفت طريقة لتحضير مسحوق عصير البرتقال فى غياب الأكسجين دون أن يفقد منه أى كمية من حامض الاسكوربيك . ويعتقد أن الفقد فى المكونات الغذائية نتيجة للتجفيف يكون منصباً على المواد الصلبة القابلة للذوبان والمواد القابلة للتأكسد .

فعاملة الأغذية بالسلق يفقدها بعض مكوناتها ، وهذا شبيه بما يحدث فى حالات التجميد والتعليب . وبديهى أن السلق فى البخار يقلل من مقدار الفقد . وتؤثر ظروف التخزين فى كمية الفقد إذ تفقد بعض المكونات بالأكسدة مثل حامض الأسكوربيك والكاروتين أو بالتعرض للضوء مثل فيتامين الريبوفلافين أو بفعل ثانى أكسيد الكبريت مثل الثيامين .

فعملية التجفيف تؤدى إلى تركيز فى البروتينات والدهون والكربوايدرات وإلى انخفاض فى كمية الفيتامينات يتوقف مداه على وسائل تحضير المادة الغذائية قبل التجفيف وعلى الطريقة المتبعة فى التجفيف وعلى ظروف التخزين . ومن أكثر المكونات تعرضاً للفقد هو فيتامين جـ . وقد ثبت أن التجفيف الشمسى يؤدى إلى فقد فيتامين ا كلية من الفاكهة ، بينما التجفيف الصناعى لا يسبب فقداً ملحوظاً . وتسبب عملية الكبرتة فقد جزء كبير من الثيامين ، ويحدث الفقد فى ثمار العنب حتى بدون كبرتها . وقد لوحظ أن الكبرتة تؤدى للمحافظة على فيتامين ا بالرغم من إتلافها للثيامين فى ثمار التين ، أما فيتامين جـ فيفقد فى كلى طريقتى التجفيف ، وأما الريبوفلافين فلا يتأثر بالتجفيف سواء أكان شمسياً أم صناعياً . وتفقد القراصيا كل محتوياتها من فيتامين الثيامين بتأثير الكبرتة وليس بتأثير الغمس فى القلوى ، وهذه العملية الأخيرة تساعد على الإحتفاظ بفيتامين جـ . وعادة لا تكبرت القراصيا فى الإنتاج التجارى . ويعتقد أن تدخين البلح وبسترته لا تؤثران فى محتوياته من فيتامين ا . ويمكن ملاحظة القيمة الغذائية للأغذية المجففة بالرجوع إلى الجدول التالى الذى يبين محتويات المائة جرام من المادة المجففة :

المادة الغذائية	رطوبة ٪	بروتين (جم)	دهن (جم)	ألياف (جم)	كربوأيدرات (جم)	رماد (جم)	كالسيوم (مجم)	فوسفور (مجم)	حديد (مجم)
تفاح مجفف صناعياً	٣٫٠	١٫٨	٢٫٤	٤٫٩	٩١٫٠	١٫٨	٢٤	٦١	١٫٨
» » شمسياً	٢٣٫٠	١٫٤	١٫٠	٣٫٩	٧٣٫٢	١٫٤	١٩	٤٨	١٫٤
برقوق مكبرت	٢٤٫٠	٥٫٢	٠٫٤	٣٫٢	٦٦٫٩	٣٫٥	٨٦	١١٩	٤٫٩
موز ناضج	٢٫٦	٤٫١	١٫٩	—	٧٨٫٧	٣٫١	—	—	—
موز أخضر	٦٫٠	٣٫٩	١٫١	—	٧٣٫٩	٣٫١	—	—	—
توت برى Cranberries	٤٫٩	٢٫٨	٦٫٦	٨٫٧	٨٤٫٣	١٫٤	٨٢	٢٢	٣٫٤
تين	٢٤٫٠	٤٫٠	١٫٢	٥٫٨	٦٨٫٤	٢٫٤	١٨٦	١١١	٣٫٠
خوخ مجفف شمسياً	٢٤٫٠	٣٫٠	٠٫٦	٣٫٥	٦٩٫٤	٣٫٠	٤٤	١٢٦	٦٫٩
قراصيا	٢٤٫٠	٢٫٣	٠٫٦	١٫٦	٧١٫٠	٢٫١	٥٤	٨٥	٣٫٩
زبيب	٢٤٫٠	٢٫٣	٠٫٥	—	٧١٫٢	٢٫٠	٧٨	١٢٩	٣٫٣
كرنب	٤٫٠	١٤٫٤	١٫٩	١١٫١	٧٢٫٥	٧٫٢			
جزر	٤٫٠	٤٫١	١٫٤	٩٫٧	٨٤٫٥	٦٫٠			
بصل	٤٫٠	١٠٫٨	١٫١	٤٫٥	٨٠٫٢	٣٫٩			
بطاطس	٧٫٠	٧٫١	٠٫٧	٢٫٢	٨٢٫٢	٣٫٠			
بطاطا	٧٫٠	٥٫٠	٠٫٩	٣٫١	٨٤٫٥	٢٫٦			

ويسبب تجفيف الخضروات تركيزاً فى المعادن والدهن والبروتين والكربوإيدرات. كما يسبب فقداً فى كمية الكاروتين يصل إلى ٩٠ فى المائة فى السبانخ ، وفقداً فى فيتامين ا يصل إلى ٢٩ فى المائة فى البطاطا . ولا تؤثر عمليات السلق والغسيل فى كمية الكاروتين ، بينما يساعد السلق على تقليل الفقد فى الكاروتين بدرجة كبيرة أثناء التجفيف وأثناء التخزين . وقد يصل الفقد فى الثيامين إلى حد العشرة فى المائة فى الفاصوليا المجففة ، وقد يصل إلى ٢٢ أو ٥٦ فى المائة فى البصل والجزر والكرنب والبطاطس المجففة . ويعتقد أن نسبة الفقد ترتفع عن ذلك فى حالة معاملة الخضروات بالكبرتة . ويبلغ الفقد فى الريبوفلافين حوالى ٩ إلى ١٣ فى المائة . وأكبر الفيتامينات تعرضاً للفقد أثناء التجفيف هو فيتامين جـ الذى يفقد عادة فى الوسط القلوى وفى وجود الأكسجين وبطول فترة التخزين . وعموماً يمكن أن يقال أن الفقد كبير فى وجود الكاروتين وفيتامين جـ ومتوسط فى الثيامين والريبوفلافين .

ولا يسبب التجفيف بمجففات الرذاذ والمجففات الأسطوانية فقداً ملموساً فى محتويات اللبن من فيتامين ا والثيامين والنياسين وحمض البانتوثنيك والبيريدوكسين ، أما فيتامين جـ فيفقد بتأثير الحرارة والأكسدة .

ويعتبر اللبن المجفف فقيراً فى فيتامين د . ولا يخفى أن نسب الفيتامينات فى اللبن المجفف تتوقف على نسبته فى اللبن الطازج التى تتأثر بمصدر اللبن وموسم الحليب وجنس الماشية وغذاء الماشية وطول فترة الإدرار . وللتجفيف تأثير آخر على مكونات اللبن فهو يزيد من قابلية البروتينات للهضم إلا أنه يقلل من القيمة الحيوية للبروتينات حيث يتلف الليسين نتيجة لتفاعل الحمض الأمينى مع السكريات browning reaction . ويبين الجدول التالى نسب الفيتامينات فى منتجات الألبان المجففة .

وتفقد اللحوم بالتجفيف ٣٠ إلى ٤٠ فى المائة من الثيامين ، ٢٠ إلى ٣٠ فى المائة من حمض البانتوثنيك ، ويتفاوت مقدار الفقد تبعاً لطريقة التجفيف . أما النياسين والريبوفلافين فالفقد فيهما ضئيل . وبارتفاع حرارة التخزين يزداد الفقد فى الثيامين دون النياسين والريبوفلافين وحمض البانتوثنيك . وبديهى أن

الفيتامين		لبن كامل مجفف	لبن فورز مجفف	شرش مجفف	لبن خض مجفف
فيتامين ا	وحدة	١٤,٠٠	٤٠	٥٠	
ثيامين	دولية	٠,٢٩ — ٠,٣٢	٠,٣٧	٠,١٦	
ريبوفلافين	فى المائة	١,٥ — ١,٦	٢,٠	٢,٣	٣,٣
فيتامين ج	جرام	٩,٣ — ٩,٧	٦,٣		
نياسين	ملليجرام	٠,٦٧ — ٠,٦٩	٠,٩		
حمض بانتوثنيك	فى المائة	٢,٤	٣,٧		
بيوتين	جرام	٠,٠٤	٠,٠٤		
بيريدوكسين		٣٣,٠			
إينوزيتول		١٤٠			
حمض فوليك		٠,٠٤			
كولين		٥٧ — ١٠٩	٨٠,١		

تركيب اللحم المجفف يختلف تبعاً لمدى سمنة الحيوان والجزء المأخوذ منه اللحم وكمية الدهن المزالة عن اللحم فى التحضير . فلحم الخنزير يحتوى على النسب المئوية التالية : ٨,٥٢ إلى ٩,٤٦ رطوبة ، ٤٢,١٢ إلى ٦٧,٠٠ بروتين ، ٢٠,٣٦ إلى ٤٦,٩٤ دهن ، ٢,٠٢ إلى ٣,٢٢ رماد ، وهذه النسب فى اللحم البقرى تكون ٨,٥٩ إلى ٩,٤٤ ، ٤٧,٦٩ إلى ٧٣,١٤ ، ١٤,٨٥ إلى ٤٠,٨٧ ، ٢,٣٢ إلى ٣,٤٨ على التوالى .

		الخميرة					
		Brewers	S. cerevisiae	T. utilis	T. utilis	Candida arborea	Oidium lactis
بروتين	٪	٤٧ — ٥١	٤٣ — ٥٣	٥٠ — ٥٣	٤٠ — ٥١	٤٩	٣١ — ٤٢
ثيامين	ميكروجرام/جرام	١٠٤—٢٥٠	٢٨ — ٤١	٥,٣	٢٢ — ٣٨	١٣	١٢ — ٢٩
ريبوفلافين	»	٢٥ — ٨٠	٣٩ — ٦٢	٤٢	٥٤ — ٦٢	٤٦ — ٧٠	٤٠ — ٥٥
نياسين	»	٣٠٠—٦٢٧	٢٧٧—٥٦٨	٤١٧	٤٤٠—٣٩٠	٣٠٠—٥٨٠	١٨٦—٢٤٨
حمض بانتوثنيك	»	٧٢ — ٨٦	—	٣٩	—	—	—
بيريدوكسين	»	٢٣ — ٤٠	—	٣٣	—	—	—
حمض فوليك	»	١٩ — ٣٠	١٩ — ٣٦	٢٢	—	١٢ — ١٦	٥,٦—٧,٨
بيوتين	»	١,١	٠,٤٥—٣,٦	٢,٣	—	٠,٢٤—٣,٢	—
حمض بارا أمينوبنزويك	»	١٥ — ٤٠	١١ — ٦٢	—	—	١١ — ٢١	—

ولا يفقد البيض أثناء تجفيفه فيتامينات ا ، ب$_1$ ، ب$_2$ ، غير أن ظروف التخزين تؤثر فى فقد فيتامينى ا ، ب$_1$.

وتعتبر الخميرة المجففة مصدراً جيداً للبروتينات وفيتامينات ب كما هو واضح فى الجدول السابق وبه تركيز الفيتامينات كميكروجرامات فى جرام الخميرة .

تخزين الأغذية المجففة :

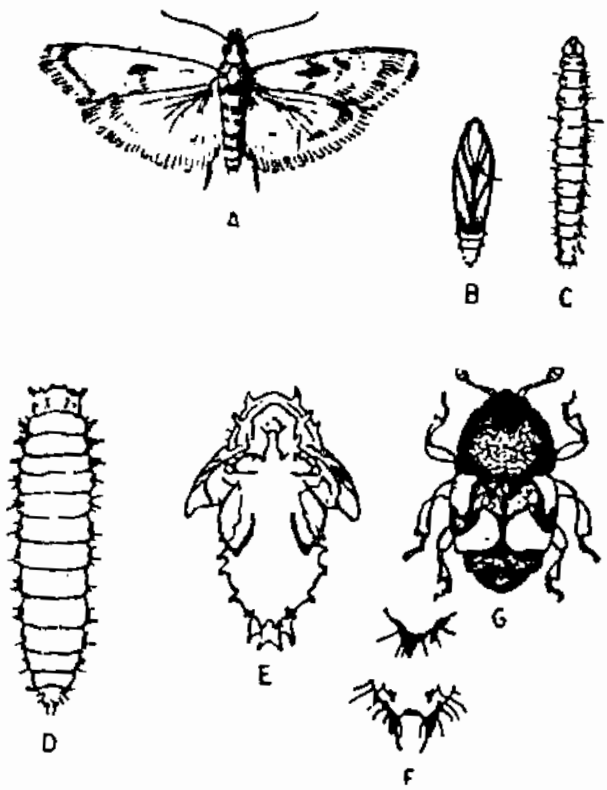
تتعرض المواد الغذائية المجففة للفساد أثناء التخزين بفعل الأحياء الدقيقة والتفاعلات الكيماوية الحيوية والحشرات . وتخزن الخضروات واللبن واللحوم والبيض بعد التجفيف معبأة داخل عبوات . وتخزن الفاكهة المجففة فى صناديق كبيرة أو جوالات أو مخازن كبيرة قد تصل سعتها إلى أربعين طناً . ويخزن اللوز والجوز المجففان داخل جوالات . ويخزن الزبيب فى صناديق سعة مائة رطل .

وأكثر أنواع الفساد الذى تتعرض له الأغذية المجففة هو الإصابة بالحشرات ، ولذلك يراعى العناية بنظافة المخازن وتدخينها بالمواد المناسبة ، مثل بروميد الميثايل ، من وقت لآخر .

وأحياناً يدكن لون الجزء اللحمى فى الفواكه المجففة أثناء التخزين ولذا ينصح بتخزينها على درجة حرارة منخفضة لمنع حدوث هذه الظاهرة . كذلك يخزن الجوز المجفف فى الثلاجات لمنع حدوث التزنخ .

ويسبب نشاط الأحياء الدقيقة أثناء تخزين الأغذية المجففة حدوث تخمر ونمو فطريات وتكون بقع بيضاء على سطح المادة ، كما فى التين والقراصيا ، تعرف باسم Sugaring ، وهى عبـــارة عن مخلوط من الخمائر وبلاورات السكر .

ويجب مراعاة إجراء عملية تعبئة المواد المجففة فى مكان بارد جاف مظلم نظيف جيد التهوية نوافذه مغطاة بالسلك لمنع الأتربة والحشرات . ويجب معرفة نسبة الرطوبة فى المواد المجففة بعد أن تصل إلى حالة الإتزان مع الجو المحددة د حتا رطوبته وحرارته



(شكل ٤٧)

بعض الحشرات التى تصيب الأطعمة المجففة

(A) Mediterranean meal moth (B) chrysalis
(C) Larva (D) larva of dried-fruit beetle
(E) Pupa (F) Posterior, appendage (G) adult beetle

وتتعرض الأغذية المجففة المعبأة للإصابة بالحشرات عندما تكون العبوات غير محكمة فقط .

وأهم الحشرات التى تصيب الأغذية المجففة هى Indian Meal Moth Dried - fruit beetle Raisin moth

ومن الطرق المفيدة فى حفظ الأغذية المجففة التعبئة فى عبوات محكمة القفل تحتوى على مادة تمتص الرطوبة . وهذه المادة تغلف بمادة منفذة لبخار الماء

فتسمح هذه المادة المغلفة بتبادل الرطوبة بين المادة الغذائية والمادة المجففة . وأفضل مواد التجفيف هى أكسيد الكالسيوم الذى يمتص الرطوبة بنسبة تصل إلى خمسة فى المائة من وزنه . ويجب ألا يغفل أن امتصاص ملح الكالسيوم للماء يصحبه إنطلاق حرارة وأن فقده للماء يصحبه تمدد .

ويراعى فى تعبئة اللبن المجفف فى مجففات الرذاذ أن يزال من حبيباته الأكسجين المحبوس فى الفراغات البينية وذلك بالتفريغ الشديد ثم التعبئة فى غاز خامل كالنتروجين .

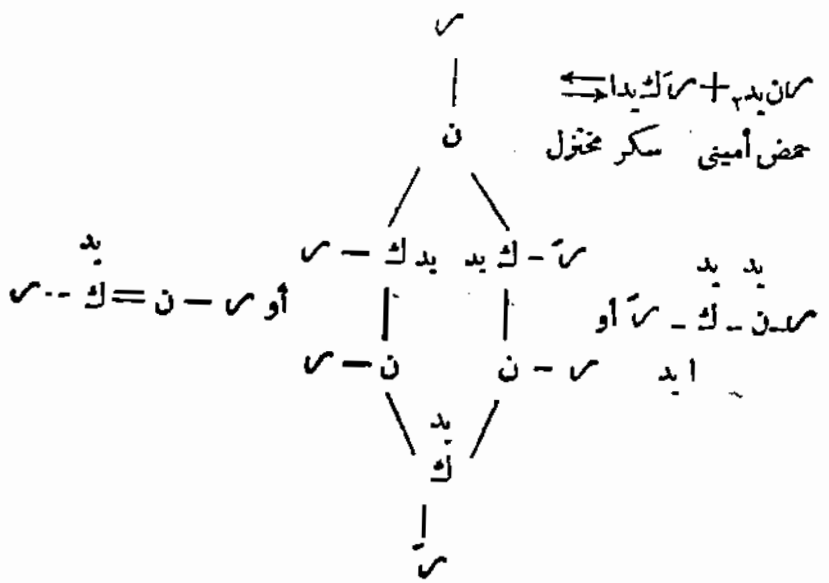
وأنسب ظروف تخزين الفاكهة المجففة تكون عند درجة حرارة تتراوح بين ٤٥ ، ٥٥ ورطوبة نسبية ٦٠ إلى ٧٠ فى المائة . ويبدو أن التفاح والمشمش والخوخ المجفف تتحمل ارتفاع الرطوبة النسبية إلى ٨٠ فى المائة عندما تكون درجة الحرارة ٣٢° فهرنهيت ، بينما الزبيب والتين تحت هذه الظروف يمتصان رطوبة . كذلك وجد أن الأغذية المجففة المخزنة على درجة ٣٢° فهرنهيت لا تتبقع باللون البنى بل وتحتفظ بمحتوياتها من الكاروتين وفيتامين جـ وثانى أكسيد الكبريت بدرجة أفضل مما لو خزنت على درجة ٤٠° فهرنهيت .

وبارتفاع درجة الحرارة إلى ٥٥° فهرنهيت والرطوبة النسبية إلى ٨٠ أو ٨٥ فى المائة يبدأ نمو الفطريات . لذلك يجب مراعاة عدم ارتفاع الرطوبة النسبية فى مخازن الأغذية المجففة عن ٥٠ إلى ٦٠ فى المائة .

ولتخزين الخضروات المجففة يلاحظ أن مدة التخزين تطول بانخفاض درجة الحرارة وبالبعد عن الضوء والأكسجين . وأهم العوامل المؤثرة فى حفظ الخضروات المجففة هى نسبة الرطوبة فيها .

ويعزى تبقع الأغذية المجففة باللون البنى إلى تفاعل السكريات مع المكونات النتروجينية ، أو السكريات مع الأحماض العضوية ، أو المكونات النتروجينية مع الأحماض العضوية . أو قد يحدث التبقع بتأثير الأحماض العضوية وحدها .

ويفسر ظهور اللون البنى أحيانًا بحدوث تفاعل الميلانويدين Millard or melanoidin condensation theory وهو يعنى تكثف الأحماض



الأمينية مع السكريات المختزلة . أما نظرية الألدهيد النشط active-aldehyde theory فتفسر هذه الظاهرة بحدوث تحلل للسكريات والأحماض السكرية وظهور فورفورالدهيدات furfuraldehydes أو مركبات مشابهة تتميز باحتوائها على مجموعة كربونيل نشطة ، وهذه المركبات تتكثف مع المركبات النتروجينية وتتجمع مكونة مواداً ذات لون بنى . ويتصف تفاعل الأحماض الأمينية مع السكريات بظهور لون مصفر أولاً ثم يتحول هذا اللون إلى الأحمر فالبنى مصحوباً بظهور رائحة شبيهة برائحة السكر المحترق وبتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون . وتزداد سرعة تفاعل ميلارد عندما يكون رقم pH ٥ إلى ٨ ، وعند ما تكون نسبة الرطوبة فى المادة المجففة متراوحة بين ١٠ ، ٢٠ فى المائة ، وبارتفاع درجة الحرارة إذ تصبح سرعة التفاعل ثلاثة إلى سبعة أمثال السرعة الأصلية كلما ارتفعت درجة الحرارة ١٨ درجة فهرنهيتية . ويمكن منع حدوث هذا التفاعل فى بعض الأغذية المجففة بمعاملات خاصة منها إزالة السكر من البيض ، وخفض نسبة السكر فى شرائح البطاطس قبل تجفيفها ، وامتصاص الرطوبة من الأغذية المجففة بواسطة مواد مجففة توضع معها داخل العبوات ، وإضافة حامض للبيض ، ومعاملة المواد الغذائية بالكبرتة قبل التجفيف .

ولتخزين البيض المجفف ينصح بأن تكون درجة الحرارة ٨٦° فهرنهيت ونسبة الرطوبة لا تتجاوز ٦٥ فى المائة ، وألا تتجاوز نسبة الرطوبة فى البيض المجفف خمسة فى المائة ، وأن يعبأ البيض المجفف فى جو من غاز خامل .

وعند ما تكون ظروف تخزين اللبن المجفف غير مناسبة تقل قابليته للذوبان وتظهر رائحة ونكهة غير مقبولة Staleness mustiness, rancidity and tallowness بتأثير تفاعلات إنزيمية أو كيمائية تتضمن أكسدة أو تحلل . ويحدث التغيير فى النكهة عندما ترتفع أو تنخفض درجة الحرارة عن الحد المناسب ، وفى اللبن المجفف فى مجففات اسطوانية بدرجة أكبر منها فى اللبن المجفف فى مجففات الرذاذ. ويعزى التزنخ إلى نشاط إنزيم الليبيز الذى يتحمل ارتفاع الحرارة . أما الطعم الشحمى فيعزى ظهوره إلى أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة خصوصاً حمض الأوليبك . وتظهر رائحة السملك عند ما ترتفع نسبة الرطوبة فى اللبن المجفف كثيراً . ويتغير لون ونكهة ونسبة ذوبان اللبن المجفف أثناء التخزين بتفاعل بروتين اللبن مع اللكتوز ، ويتبع ذلك انخفاض فى القيمة الغذائية فى اللبن المجفف.

ولتخزين الخميرة المجففة ينصح بخفض درجة الحرارة بقدر الإمكان فتكون متراوحة بين ٤٠ ، ٧٠° فهرنهيت . وتفقد الخميرة المجففة نشاطها تدريجياً أثناء التخزين بسبب الفقد فى مقدار ما تحتويه من الجلوتاثيون الذى يعزى إليه نشاط الخميرة .

تعبئة الأغذية المجففة :

يعبأ البيض واللبن واللحوم فى علب صفيح عقب التجفيف مباشرة فى جو من غاز خامل ، وهذا أفضل من التعبئة فى صناديق من الورق . وتعبأ الفواكه المجففة فى صناديق خشبية أو فى عبوات من النسيج أو البلاستيك . وتعبأ الفواكه المجففة فى علب محكمة القفل وتعقم لمنع نشاط الأحياء الدقيقة أو يضاف فى العلب مواد التدخين مثل أكسيد البروبيلين أو الإيثلين قبل قفل العلب بالقدر المناسب . مثال ذلك إضافة ٠,٧٥ ملليلتراً أكسيد بروبيلين أو ٠,٢٥ ملليلتراً أكسيد إيثلين للتين المجفف المعبأ فى علب كرتون سعة عشرة أوقيات المغلفة

بالسلوفان . ومما ينصح به دائماً تخزين عبوات الأغذية المجففة على درجة منخفضة .

ضغط الأغذية المجففة :

تكبس الأغذية المجففة لتقليل حجمها ، وتتأثر هذه العملية بعدة عوامل أولها ارتفاع نسبة الكسر فى المادة المجففة وهذه تقلل من جودة بعض المنتجات المجففة كالتفاح واللحم دون الأخرى كالبيض واللبن . ويختلف مقدار نسبة الكسر تبعاً لدرجة الحرارة ونسبتى الرطوبة والسكر . والعامل الثانى هو مدى تماسك المنتجات المجففة المكبوسة إذ أن بعض المواد تتفكك عقب خروجها من المكبس أى تتمدد مما يسبب تشققها أو تهشمها . والعامل الثالث كثافة المواد المكبوسة اذ أنه ليس مفيداً اقتصادياً كبس كميات كبيرة مع بعضها بتعريضها لضغط شديد مدة طويلة فتصبح العملية مكلفة . والعامل الرابع هو المدة اللازمة للتشرب وعودة المادة المجففة لحالتها شبه الطازجة . فهذه المدة يجب ألا تختلف فى المنتجات المكبوسة عن غيرها غير المكبوسة . ويبين الجدول التالى الظروف المناسبة لكبس بعض الأغذية المجففة :

	بصل شرائح	بيض مسحوق	بطاطا شرائح	مشمش أنصاف
نسبة الرطوبة ٪	٤,٠	٥,٠	٤ — ٦,٦	١٣,٢
درجة الحرارة °ف	١٣٠	٦٥ — ٩٠	١٤٠ — ١٦٠	٧٠
مقدار الضغط بالرطل على البوصة المربعة	٧٠٠	٦٠٠—١٥٠٠	١٠٠٠—٥٥٠٠	٣٠٠
مدة الكبس بالثوانى	١	١ — ٣٠	٣ — ٣٠	١٥
الكثافة قبل الكبس بالرطل للقدم المكعب	١١,٩	٢٦	٢٧	٣٥
الكثافة بعد الكبس بالرطل للقدم المكعب	٥٠	٤٧ — ٥٣	٦٠ — ٧٠	٧٥
النسبة المئوية للانخفاض فى الحجم	٨٦	٤٥ — ٥١	٥٥ — ٦١	٥٣

العوامل التى تحدد مدة التجفيف :

تتأثر مدة التجفيف بستة عوامل هى :

١ — نوع المجفف ونظامه :

تزداد سرعة التجفيف وبالتالى تقل مدته بالاتصال المباشر بين المادة الغذائية وهواء التجفيف ، خصوصاً فى حالة ازدياد سرعة الهواء . وهذه الظروف تتوافر فى مجففات الرذاذ بدرجة أكبر منها فى المجففات الأخرى . وفى مجففات النفق تزداد سرعة التجفيف فى حالة إمرار الهواء فى اتجاه عكسى لاتجاه سير المواد الغذائية وكذلك فى حالة إدخال الهواء الساخن من طرق النفق وإخراج الهواء العادم من فتحة وسطية . كما أن سرعة التجفيف تزداد بدفع الهواء الساخن خلال المواد الغذائية بدلاً من إمراره فوقها . ومما يسرع من التجفيف أيضاً إحكام تصميم المجفف بحيث يمنع فقد الحرارة بالإشعاع وفقد جزء من هواء التجفيف ، ولذا تزود جدران مجففات المقصورات بمادة عازلة عادة . وتساعد سرعة إندفاع الهواء على تقصير مدة التجفيف فى بدء مرحلة التجفيف فقط أى عند ما تكون المادة الغذائية ما زالت رطبة . ومما يسرع من عملية التجفيف استعمال صوان معدنية .

١ — حجم هواء التجفيف :

كلما زاد حجم الهواء المستخدم فى التجفيف كلما قصرت مدة التجفيف . ويلزم ١٦٠٠٠ قدم مكعب من الهواء فى الدقيقة الواحدة لتبخير رطل واحد من الماء لكل انخفاض فى درجة الحرارة قدره خمسة درجات فهرنهيتية .

٣ — درجة الحرارة :

تزداد سرعة التجفيف بارتفاع درجة حرارة الهواء ، إلا أنه يجب عدم تجاوز درجة حرارة معينة منعاً لتعرض المواد الغذائية للتلف . والمعروف أن المادة الغذائية الرطبة تتحمل درجة حرارة مرتفعة نسبيًّا عن المادة المجففة جزئيًّا بسبب برودة المادة فى الحالة الأولى بتأثير استمرار تبخر الرطوبة منها . ففى مجففات النفق تكون درجة حرارة المادة الغذائية عند الطرف الرطب قريبة من درجة حرارة الترمومتر

المبتل ، بينما عند الطرف الجاف تكون درجة حرارة المادة قريبة من درجة حرار الترمومتر الجاف .

٤ — نسبة الهواء العادم المعاد استخدامه :

حيث أن هواء العادم يكون مشبعاً بالرطوبة فإن مزج جزء منه مع هواء جاف طازج وإعادته للمجفف يطيل فترة التجفيف بسبب رفعه نسبة الرطوبة فى الهواء . والمعروف أن كفاءة المجفف تتأثر بحجم هواء التجفيف وبدرجة الحرارة وبنسبة هواء العادم المعاد استخدامه . فى مجففات النفق قد يعاد استخدام حوالى ٥٠ إلى ٧٥ فى المائة من هواء العادم عند تجفيف الخضروات .

٥ — وزن المادة المراد تجفيفها :

كلما صغرت كمية المادة الغذائية فى المجفف كلما زادت سرعة التجفيف لذلك ينصح بتقليل حمولة الصوانى .

٦ — طبيعة المادة المراد تجفيفها :

تطول مدة التجفيف عندما يصعب تبخير الرطوبة كما هو الحال فى المواد الغذائية الغنية بالسكر وبعض المواد ذات الصفات الطبيعية الخاصة . فاللحم الطازج يحتاج لمدة أطول من اللحم المسلوق ، كما أن الجزر الصغير يحتاج لمدة أطول من الجزر الزائد النضج .

الكشف عن الإنزيمات فى المواد المجففة :

للتأكد من كفاءة عملية السلق ومن تمام قتل الإنزيمات يختبر لوجود الإنزيمات المؤكسدة فى المواد الغذائية بعد سلقها . وتجرى الاختبارات كما يلى :

(ا) كشف الكتاليز :

تقطع المادة إلى قطع صغيرة وتوضع فى أنبوبة اختبار ويضاف إليها محلول فوق أكسيد إيدروجين تركيزه ١,٠ فى المائة بكمية تكفى لتغطية المادة الغذائية المجزأة فيلاحظ تصاعد فقاعات غاز الأكسجين فى حالة وجود الإنزيم بينما ينعدم تكون هذه الفقاعات فى حالة خلو المادة من الإنزيم .

(ب) كشف الأوكسيديز :

يقطع حوالى خمسة جرامات من المادة الغذائية وتوضع فى أنبوبة اختبار ويضاف إليها حوالى خمسة ملليلترات ماء مقطر ثم ملليلتر واحد من مادة البنزيدين benzidine أو مادة الجوايا كول guaiacol وترج الأنبوبة جيداً فيلاحظ تلون محتويات الأنبوبة فى حالة وجود الإنزيم بلون أزرق مع البنزيدين أو لون بنى مع الجوايا كول . والتركيز المناسب لمحاليل الاختبار هو ٠,٢ إلى ١ فى المائة للبنزيدين مذاباً فى كحول تركيزه خمسين فى المائة أو ٠,٥ إلى ١ فى المائة للجوايا كول مذاباً فى كحول تركيزه خمسين فى المائة .

(ح) كشف البيروكسيديز :

يقطع حوالى خمسة جرامات من المادة الغذائية وتوضع فى أنبوبة اختبار وتغطى المادة بالماء المقطر ويضاف إليها ملليلتر من محلول فوق أكسيد إيدروجين ثم ملليلتر من مادة البنزيدين فيلاحظ ظهور لون أزرق يتحول إلى لون قرمزى واضح فى حالة وجود الإنزيم بكمية كبيرة ، أو ظهور لون باهت يدل على ضآلة كمية المحلول ، أو على شكل بقع محمرة على سطح المادة الغذائية ،

تقدير الرطوبة فى المواد المجففة :

تتبع إحدى الطريقتين التاليتين فى تقدير الرطوبة فى الأغذية المجففة :

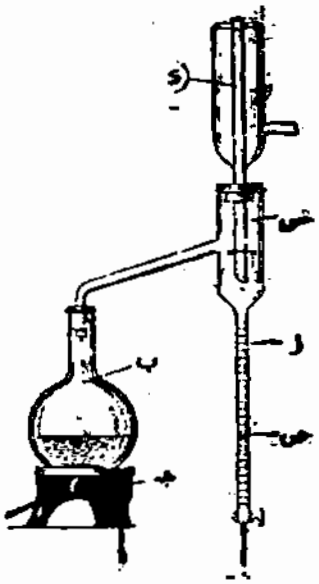
١ — يطحن حوالى مائة جرام من العينة المجففة فى طاحونة معملية مزودة بمنخل رقم ١٠ قياسى أمريكى ، ثم تقسم العينة ميكانيكياً إلى أربعة أقسام ويعاد طحن أحد هذه الأقسام فى نفس الطاحونة بعد تغيير المنخل بآخر رقم ٤٠ قياسى . ويؤخذ من هذه العينة الصغيرة أوزان محددة فى حدود ٢ إلى ٥ جرامات وتوضع فى زجاجات رطوبة مثبتة الوزن وتجفف فى الفرن تحت ضغط منخفض لا يتجاوز خمسة ملليمترات زئبق لمدة أربعين ساعة على درجة ٧٠° فهرنهيت للدرنات أو ثلاثين ساعة على درجة ٦٠° فهرنهيت فى حالة الخضروات الورقية . وتحسب نسبة الرطوبة المفقودة بالتبخير .

٢ ــ تحضر العينة وتفرم ويؤخذ منها حوالى ٢٥ جراماً توزن بالضبط وتفرد على ورقة ترشيح وتغطى بورقة أخرى وتاف العينة فى الورقتين على شكل أسطوانة وتقطع الأسطوانة إلى أجزاء بطول سنتيمتر واحد ، وتوضع القطع فى دورق وتغطى بالتلوين أو الزيلول ويوصل الدورق بالمكثف وقابلة استقبال السائل والماء المتقطر المحتوية على بعض التلوين ، ويسخن الدورق على لوح كهربائى حتى الغليان ويستمر فى الغليان لمدة نصف ساعة بعدها يوقف التسخين ويترك الجهاز ليبرد ثم تقرأ كمية الماء المتكثفة فى أنبوبة الاستقبال وتضرب فى أربعة للحصول على النسبة المئوية للرطوبة فى العينة المجففة . وهذه الطريقة سريعة وقليلة التكاليف لكنها ليست دقيقة .

(شكل ٤٨) تقدير الرطوبة سريعاً فى المادة المجففة

حساب كمية الحرارة وكمية وسرعة الهواء :

لحساب كمية الحرارة المطلوبة فى المجفف لإتمام عملية تجفيف المادة الغذائية وكذلك سرعة وكمية هواء التجفيف يجرى الحساب كما يلى :



(شكل ٤٩)
جهاز تقدير الرطوبة بالتقطير فى المواد المجففة
(ا) سحاحة مدرجة إلى ٠,١ ملليلتر
(ب) دورق الغليان وبه العينة والسائل العضوى
(جـ) مسخن كهربائى
(د) مكثف
(س) ثقوب ضيقة تسمح لأبخرة الماء والتلوين بالصعود المكثف
(ص) سطح الانفصال بين سطح الماء لأسفل وسطح التلوين لأعلى .

المادة المراد تجفيفها : جزر

نسبة الرطوبة فى المادة الغذائية : ٨٨ فى المائة :

نسبة الرطوبة المطلوبة فى المادة المجففة : ٤ فى المائة .

قدرة مجفف النفق : ١٥ طن طازج فى ٢٤ ساعة .

درجة حرارة الهواء الخارجى : ٧٠° فهرنهيت .

رطوبة الهواء : مشبع بالرطوبة عند درجة ٧٠° فهرنهيت .

درجة حرارة هواء التجفيف : ١٦٠° فهرنهيت .

درجة حرارة هواء العادم : ١٢٠° فهرنهيت .

تحت هذه الظروف يحتوى الرطل الواحد من الهواء الجاف على ٠,٠١ رطلاً من بخار الماء ، وعند خروج الهواء تزداد كمية الرطوبة فيه بمقدار ٠,٠٠٩ رطلاً نتيجة لتبخر رطوبة المادة الغذائية .

كمية الرطوبة المطلوب تبخيرها : حوالى ٢٠٠٠٠ رطلاً من ١٥ طن جزر بعد التجهيز . أى ١٤ رطلاً فى الدقيقة .

∴ كمية الهواء المطلوبة فى الدقيقة : $\frac{١٤}{٠,٠٠٩}$ = ١٥٥٠ رطلاً

= ٢٥٠٠٠ قدماً مكعباً

مساحة القطاع العرضى فى النفق من المدخل = ٣٠ قدماً مكعباً

∴ سرعة الهواء = $\frac{٢٥٠٠٠}{٣٠}$ = ٨٠٠ قدماً فى الدقيقة

مقدار الارتفاع فى درجة حرارة الهواء = ١٦٠ ــ ٧٠ = ٩٠ درجة فهرنهيت

كمية الحرارة اللازمة لكل رطل من الهواء = ٢٢ وحدة حرارة بريطانية

∴ كمية الحرارة اللازمة لتبخير رطل من الماء بانخفاض درجة حرارة الهواء من ١٦٠° إلى ١٢٠° فهرنهيت مقابل تبخير ٠,٠٠٩ رطل من الماء

= $\frac{٢٢}{٠,٠٠٩}$ = ٢٣٠٠ وحدة حرارة بريطانية

الحرارة الكامنة لتبخير الماء بما فى ذلك الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء إلى درجة حرارة الترمومتر المبتل = ١٠٨٠ وحدة حرارة بريطانية للرطل

∴ الفقد فى الحرارة مقابل تبخير كل رطل من الماء = ٢٣٠٠ ــ ١٠٨٠ = ١٢٢٠ وحدة حرارة بريطانية

تصميم المجفف ذى النفق :

تحسب الأبعاد المناسبة لتصميم مجفف النفق على أساس مراعاة طبيعة وكمية المواد الغذائية المراد تجفيفها . فعلى سبيل المثال إذا أريد بناء مجفف نفق ذى نظام عكسى قدرته ١٠ طن بطاطس مجهزة كل ٢٤ ساعة يجرى الحساب كما يلى :

(أولا) عدد الصوانى والعربات

درجة حرارة الهواء الخارجى ٦٠° فهرنهيت

« « « الداخل للتجفيف ١٥٠° «

الانخفاض فى درجة حرارة الهواء بعد خروجه ٣٥ درجة

مدة التجفيف ٦ ساعات

وزن البطاطس المجففة الناتجة من مائة رطل طازجة مجهزة ٢٣ رطلا

حمولة الصوانى على القدم المربع ١ رطل

مساحة الصوانى المطلوبة للعشرة أطنان = ٢٠٠٠٠ قدم مربع

عدد وجبات التجفيف $\frac{\text{٢٤ ساعة}}{\text{٦ ساعة}}$ = ٤ وجبات .

∴ مساحة الصوانى المطلوبة للوجبة الواحدة = $\frac{٢٠٠٠٠}{٤}$

= ٥٠٠٠ قدم مربع

أبعاد الصوانى = ٣ × ٣ أقدام

ارتفاع الصوانى على كل عربة = ٢٥ صينية

عدد الصوانى على كل عربة = ٥٠ صينية

∴ المساحة المطلوبة لكل عربة = ٤٥٠ قدماً مربعاً

∴ عـــدد العربات المطلوبة = ١١ عربة

(ثانياً) مساحة قطاع المجفف :

ارتفاع كل صينية = ٣ بوصة

(١ بوصة سمك الصينية + ٢ بوصة فراغ بين كل صينيتين)

مساحة الفراغ بين الصوانى فى القطاع العرضى = ٢٤ قدماً مربعاً

مساحة الفراغ أعلى وأسفل العربة = ١ ١/٢ » » -

مساحة الفراغ بين العربة وجدار المجفف = ١ ١/٩ » »

∴ مساحة الفراغ بين العربة وجدار المجفف = ٢٦ ١/٩ » »

(ثالثاً) حساب كمية الوقود اللازم :

وزن الرطوبة اللازم تبخيرها خلال ست ساعات = ٥٠٠٠ × ٠,٧٧ = ٣٨٥٠ رطلاً

أى بمعدل ١١ رطل فى الدقيقة .

كمية الحرارة اللازمة عند تبخير رطل من الماء لكل ارتفاع درجة حرارة واحدة = ١ وحدة حرارة بريطانية .

درجة حرارة البطاطس عند دخولها المجفف = ٦٠° فهرنهيت

» » » » خروجها من المجفف = ١٥٠° فهرنهيت

∴ كمية الحرارة اللازمة = ١٥٠ — ٦٠ = ٩٠

وحدة حرارة بريطانية

الحرارة الكامنة لتبخير رطل من الماء = ١٠٠٠ وحدة حرارة بريطانية

∴ كمية الحرارة اللازمة لتبخير رطل من المـاء = ١٠٠٠ + ١٩٠

وحدة حرارة بريطانية فى الدقيقة

∴ كمية الحرارة اللازمة لتبخير ١١ رطل ماء فى الدقيقة = ١٠٩٠ × ١١ = ١١٩٩٠ وحدة حرارة بريطانية

باعتبار الكفاءة الحرارية للمجفف ٣٢ فى المائة فقط

∴ كمية الحرارة اللازمة لتبخير ١١ رطل ماء فى الدقيقة = $\frac{١١٩٠٠}{٠,٣٢}$ =

٣٧٤٦٧ وحدة حرارة بريطانية

كمية الوقود اللازمة فى الساعة باعتبار نوع الوقود يعطى الجالون منه ١٤٨٠٠٠

وحدة حرارة بريطانية = $\frac{٦٠ \times ٣٧٤٦٧}{١٤٨٠٠٠}$ = ١٥ جالوناً

الكفاءة الحرارية للمجفف = ٨٠ فى المائة

∴ كمية الحرارة التى يحملها الهواء = ٣٦٤٦٧ × ٠,٨٠ = ٢٩٩٧٤

وحدة حرارة بريطانية

كمية الحرارة المفقودة بالإشعاع فى الدقيقة = ١٠٪ = $\frac{٢٩٩٧٤ \times ١٠}{١٠٠}$ = ٢٩٩٧

وحدة حرارة بريطانية

∴ كمية الحرارة التى يحملها الهواء فى الدقيقة = ٢٩٩٧٤ + ٢٩٩٧

= ١٤٩٨٧ وحدة حرارة بريطانية

(رابعاً) حساب كمية الهواء وسرعته ،

الحرارة النوعية للهواء الجاف = ٠,٢٤

الحرارة النوعية لبخار الماء = ٠,٤٦٦

حجم الهواء اللازم فى الدقيقة = $\frac{١٤٩٨٧}{ب\ (\ جـ \times ٠,٢٤\ ) + (\ د \times ٠,٤٦٦\ )}$

$= \frac{١٤٩٨٧}{(٠,٠٦١٨ \times ٠,٢٤) + (٠,٠٠٢١ \times ٠,٦٦)}$ °٣٥

= ٢٨٨١٩ قدماً مكعباً

باعتبار ا عدد وحدات الحرارة البريطانية المطلوبة أى ١٤٩٨٧ .

ب مقدار الهبوط فى درجة الحرارة داخل النفق أى ٣٥° .

جـ عدد أرطال الهواء الجاف لكل قدم مكعب — أى عندما تكون الرطوبة النسبية ٢٠ ٪ ودرجة حرارة الترمومتر الجاف ١٥٠°ف .

د عدد أرطال بخار الماء للقدم المكعب — أى عند درجة ١٥٠°ف ورطوبة نسبة ٢٠ ٪ .

∴ مساحة الفراغ فى القطاع العرضى للمجفف $\frac{1}{9}$ ٢٦ قدم مربع .

∴ سرعة الهواء = $\frac{٢٨٨١٩}{\frac{1}{9}\ ٢٦}$ = ١١٠٣ أقدام فى الدقيقة .

حساب نسبة التجفيف :

تعبر نسبة التجفيف عن مقدار الناتج بعد تجفيف المادة الغذائية ، وتحسب هذه النسبة من المعادلة :

$$\text{نسبة التجفيف} = \frac{\text{وزن المادة الداخلة للمجفف}}{\text{وزن المادة الخارجة من المجفف}}$$

$$= \frac{\text{١٠٠ — النسبة المئوية للرطوبة فى المادة عند خروجها من المجفف}}{\text{١٠٠ — النسبة المئوية للرطوبة فى المادة عند دخولها المجفف}}$$

$$= \frac{\text{عدد أرطال الماء لكل رطل مادة جافة عند دخولها المجفف + ١}}{\text{عدد أرطال الماء لكل رطل مادة جافة عند خروجها من المجفف + ١}}$$

فعلى سبيل المثال عند تجفيف بطاطس بها ٧٨ فى المائة رطوبة إلى أن تنخفض رطوبتها إلى سبعة فى المائة تكون :

$$\text{نسبة التجفيف} = \frac{١٠٠ - ٧}{١٠٠ - ٧٨} = \frac{١ + ٣,٥٥}{١ + ٠,٠٧٥} = ٤,٢٣$$

$$\text{ناتج التجفيف} = \frac{١٠٠ - ٧٨}{١٠٠ - ٧} = \frac{١ + ٠,٠٧٥}{١ + ٣,٥٥} = ٠,٢٣٦$$

= ٢٣,٦ فى المائة

تجفيف عصير الفاكهة المركز بطريقة الرغوة

زاد الاهتمام حديثاً بطريقة تجفيف عصير الفاكهة المركز بطريقة الرغوة Foam - mat drying process بسبب الاستغناء فى هذه الطريقة عن التفريغ Vacuum ولسرعة إنجاز عملية التجفيف وجودة صفات quality الأطعمة المجففة بطريقة الرغوة . وقد استخدمت هذه الطريقة بنجاح فى تجفيف اللبن ومشروب القهوة وعصائر البرتقال والطماطم والأناناس والمشمش والقراصيا والشليك ومهروس التفاح والبطاطس وبعض أطعمة الأطفال وبوريه الجوافة والموز والباباز والمانجو والقشدة ولبن جوز الهند .

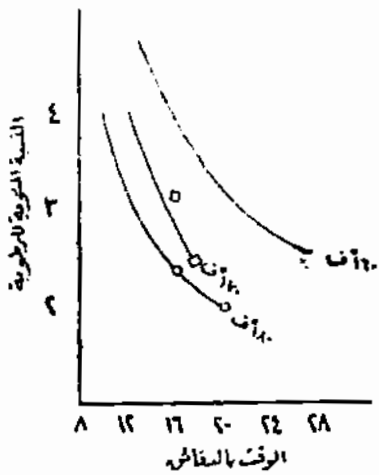
وفى هذه الطريقة يمزج بالمادة السائلة أو شبه السائلة : أى العصير أو المركز أو البيوريه puree ، كمية صغيرة من مادة مثبتة للرغوة foam stabilizer مسموح باستخدامها فى أطعمة الإنسان ، مثل الجلسريد الأحادى monoglyceride أو بروتين الصويا المعدل بالميثايل سليلوز methylcellulose ، وتضرب المادة فى الخلاط بمضرب سلك حتى تتكون رغوة كثيفة Stiff foam ، ثم تنشر المادة الغذائية ذات الرغوة فى هيئة طبقة رقيقة أو شرائح على سير وتجفف بالهواء الساخن إلى أن يصبح الناتج المجفف سهل الانفصال عن السير عندما يبرد . ويلاحظ أن الناتج يكون مسامى القوام porous مما يسهل خروج الرطوبة من المادة الغذائية . وهذا الناتج يطحن وينخل للحصول على المسحوق .

وأول من ابتكر التجفيف بطريقة الرغوة هو Arthur Morgan ومساعدوه .

وتتلخص طريقة تجفيف عصير البرتقال بطريقة الرغوة فيما يلى :

يعصر البرتقال ويصفى العصير ويركز بالطرق الشائع استخدامها فى الحصول على عصير الفاكهة المركز Concentrate . ويوضع فى وعاء الخلاط سعة العشرة أرباع quarts كمية من العصير المركز تزن ٢٣٨٦ جراماً وستون جراماً من محلول

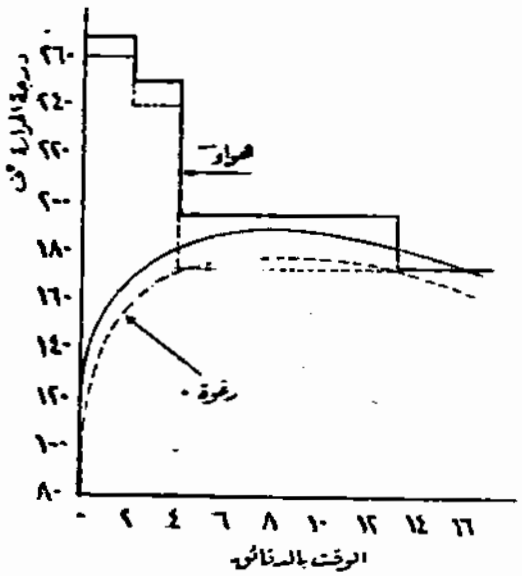
بروتين الصويا المعدل تركيز ١٦,٧ ٪ وستون جراماً من معلق الميثايل سليلوز ١٠ cps تركيز ٤,٨ ٪ . وهذه المادة المثبتة للرغوة يمثل وزنها الجاف ٠,٩٪ من المادة الصلبة الكلية فى هذا المخلوط ؛ كما أن درجة البركس Brix النهائية لهذا المخلوط تكون ٥٦,٧° . وتمزج المكونات ببطء لمدة دقيقة واحدة . بعدها تضرب بالمضرب السلك لمدة ثلاثة دقائق ونصف فتتكون رغوة وزنها النوعى ٠,٣٩—٠,٤٥ ثم تصب المادة ذات الرغوة على سير المجفف Teflon-coated fibreglass belt أو على صوانى التجفيف المثقبة بنسبة ١,١ أوقية (± ٥٪) لكل قدم مربع من سطح السير ، وتسخن إلى درجة حرارة التجفيف المناسبة . وتترك فى المجفف المدة المناسبة مع المحافظة على درجة حرارتها عند الحد المطلوب عن طريق ضبط درجة حرارة الهواء المار فى قطاع المجفف . وبديهى أن سرعة مرور السير فى المجفف ترتبط بدرجة حرارة الهواء . وتتراوح مدة التجفيف بين ١١,٧—٢٦,٢ دقيقة على درجة ١٦٠° فهرنهيت ، أو ١٠,٥—١٧,٥ دقيقة على درجة ١٧٠° فهرنهيت ، أو ٨,٨ — ١٧,٥ دقيقة على درجة ١٨٠° فهرنهيت . وتؤثر درجة الحرارة المستخدمة فى نكهة flavor عصير البرتقال المجفف كما هو واضح فى الشكل المجاور وبه العلامة المفتوحة تمثل حدوث تغيير فى النكهة .



(شكل ٥٠) تأثير درجة الحرارة على مدة التجفيف

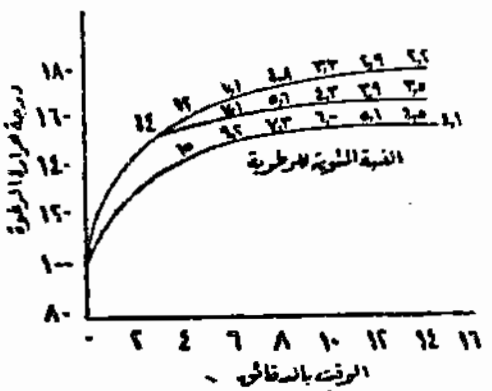
ويلاحظ أن المادة الغذائية ذات الرغوة تصل درجة حرارتها أثناء التجفيف إلى حدها الأقصى بعد فترة تقرب من سبع دقائق ، بعدها تثبت درجة الحرارة تقريباً حتى يتم التجفيف . كما أن طرد الرطوبة من المادة الغذائية يكون سريعاً فى المرحلة الأولى من التجفيف ثم تبطؤ السرعة . وبديهى أن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من فقد الرطوبة ؛ فالرطوبة النهائية المطلوبة فى عصير البرتقال المجفف . وهى ٣ ٪ ، تتحقق بعد عشر دقائق على درجة ١٨٠° فهرنهيت أو ١٤ دقيقة على درجة ١٧٠° فهرنهيت أو ٢٠

دقيقة على درجة ١٦٠° فهرنهيت . وهذه العلاقات يمكن توضيحها بالشكلين التاليين .



(شكل ٥١) تأثير درجة الحرارة على مقدار الفقد فى الرطوبة

ومن أمثلة المجففات المستخدمة فى تجفيف الأطعمة بطريقة الرغوة نموذج مجفف النفق الذى تعده شركة FMC Corp. ويتكون من سبع حجرات طول كل منها حوالى ٣٠ بوصة يمر خلالها سير يحمل المادة الغذائية ذات الرغوة بسرعة تتراوح بين قدم وقدمين فى الدقيقة وتتعرض المادة للهواء الساخن المندفع متقاطعاً

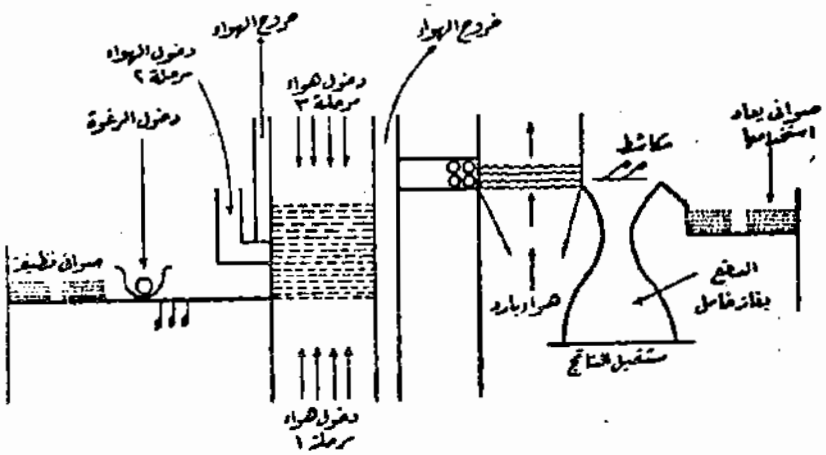


(شكل ٥٢) فقد الرطوبة أثناء مرحلة التجفيف

مع سطح السير . وعادة تكون درجة الحرارة أكثر ارتفاعاً فى الحجرات الأولى بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة فى المادة عند بداية مرحلة التجفيف وبسبب سرعة تبخير الرطوبة فى بداية المرحلة . ودرجة الحرارة الشائع استخدامها تتراوح بين ١٦٠° و ١٨٠° فهرنهيت . وينتهى النفق فى غرفة منخفضة الرطوبة بها تيار هواء جاف يساعد على انفصال شرائح المادة المجففة من سطح السير . وبرغم انخفاض نسبة الرطوبة فى الناتج إلى ٣ ٪ إلا أنه ينصح بوضع مادة ماصة للرطوبة desicant فى عبوات الطعام المجفف لتساعد فى خفض نسبة الرطوبة وبالتالى إطالة مدة حفظ الناتج .

وتشير بعض البحوث إلى أن أنسب ظروف لتجفيف عصير البرتقال المركز بطريقة الرغوة هى أن يكون المركز ذو الرغوة كثافته ١,٣١ جرام/ ملليلتر وازوجته Plastic viscosity ٥ بويز عند درجة ٢٥° مئوية وسرعة انسيابه drainage rate ٦ ٪ فى الساعة عند درجة ٧٠° مئوية وقطر الفقاعة bubble ٨٥ ميكرون فى المتوسط ومعامل ثباته Stability coefficient ٣٥ . كما أن بعض الباحثين يرى أن أفضل مثبتات الرغوة هى بروتين الصويا الذائب والألبومين وأحادى استيارات الجليسرين واسترات سكروز حامض دهنى Sucrose fatty acid esters .

وأهم العوامل المؤثرة فى تكوين وثبات الرغوة هى التركيب الكيميائى للفاكهة ونسبة المواد الصلبة الذائبة ونسبة اللب Pulp فى الفاكهة وطبيعة المادة المضافة



(شكل ٥٣) تصميم جهاز تجفيف الأطعمة بطريقة الرغوة

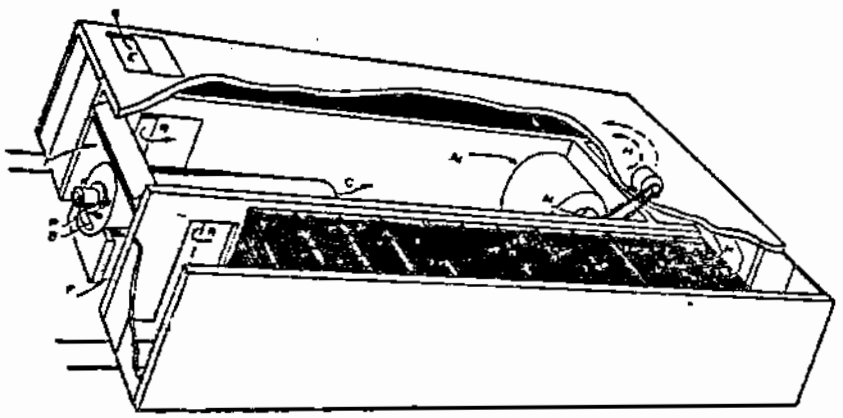
لتكوين الرغوة ونوع وتركيز المـادة المثبتة للرغوة ومدة الخلط ودرجة الحرارة أثناء الخلط .

مركز صناعة التجفيف فى جمهورية مصر العربية :

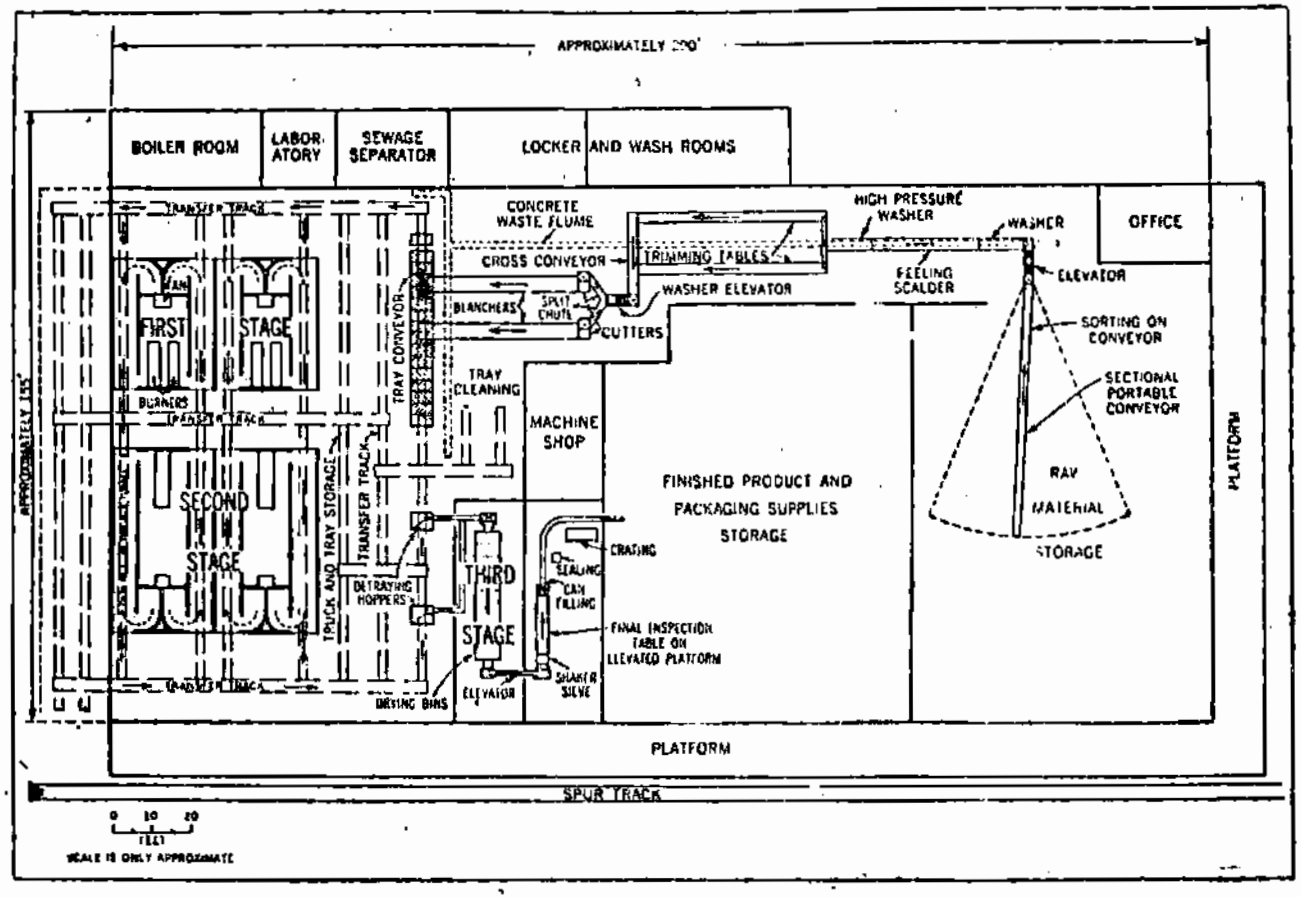
تصدر الجمهورية حوالى أربعين فى المائة من محصول البصل ، وهذه الكمية تمثل حوالى ٢٤ فى المائة من البصل المتداول فى العالم . ويقدر محصول البصل المصرى الناتج من العروات الثلاث ، الشتوية والصيفية والنيلية ، بحوالى ٤٧٠٠٠٠ طنًا ، معظمها ناتج من محافظات الوجه القبلى والفيوم . وحاليًا يجفف جزء كبير من هذا البصل بقصد تصديره للدول الأجنبية خصوصاً بريطانيا وألمانيا وهولندة والنمسا وفرنسا وسنغافورة والملايو وسويسرا وبلجيكا وسيلان والحجاز والسويد . وقد بلغت الكمية المصدرة من البصل المجفف عام ١٩٥٩ حوالى ٧٢٠٠ طن .

وعدد مصانع تجفيف البصل المصرية بلغ عام ١٩٦٤ تسعة مصانع ، منها ستة بالإسكندرية ومصنع واحد فى كل من سوهاج ومغاغة وبورسعيد . وتبلغ القدرة الإنتاجية لهذه المصانع حوالى ٩٠٠٠ طن من البصل المجفف تنتج من ٩٠٠٠ طن من البصل الطازج .

وتجفف كميات صغيرة من الطماطم والفاصوليا الخضراء والثوم والكرفس بقصد تصديرها للخارج .



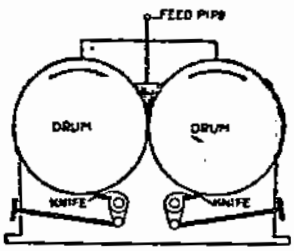
(شكل ٥٤) قطاع فى مجفف النفق ذى النظام العكسى يوضح موقع وحدة التسخين بين الأنفاق بدلاً من أعلى أو أسفل



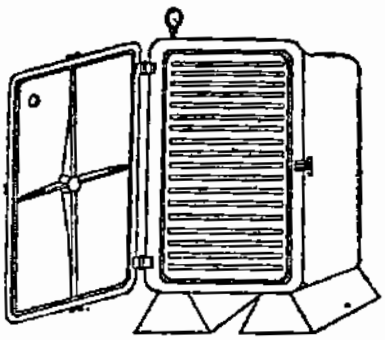
(شكل ٥٥) رسم تخطيطى لمجفف خضروات سعة مائة طن و به الأسهم توضح خط سير المواد الغذائية .

قطاعات المجففات :

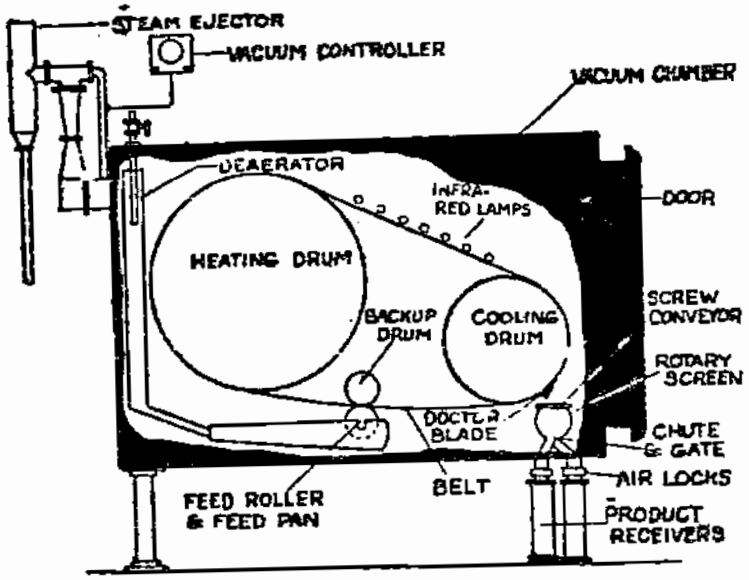
تستعرض القطاعات التالية بالإضافة للسابقة فى المجففات المختلفة لتفهم النظم التى تعمل بموجبها هذه المجففات وكيفية دوران الهواء وتسخينه .



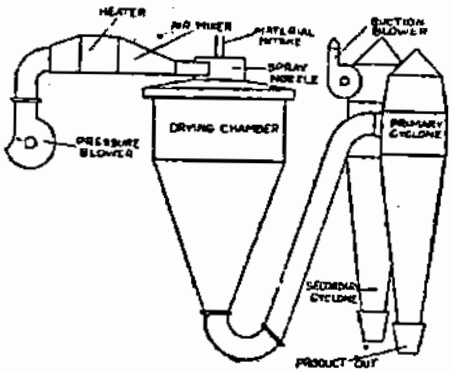
(شكل ٥٦)
قطاع فى مجفف أسطوانى
ذى أسطوانتين تغذيان من نقطة وسطية



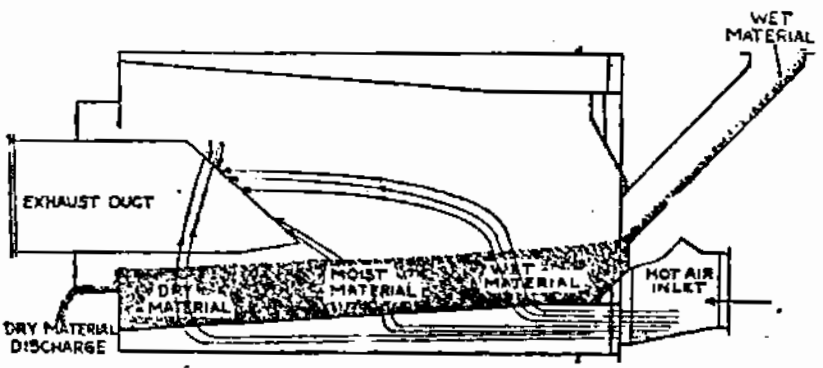
(شكل ٥٧)
الأرفف فى مجفف يعمل تحت تفريغ ،
وفيه الرفوف مسخنة بالبخار
أو الماء الساخن أو الزيت الساخن



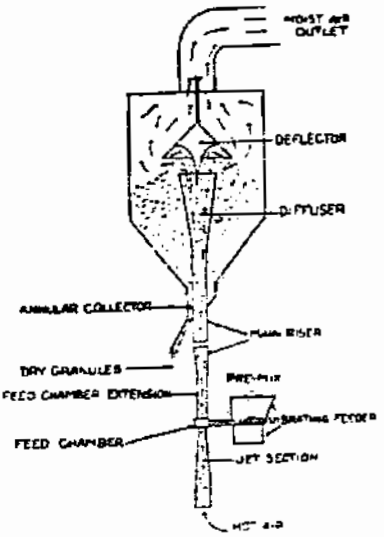
(شكل ٥٨) مجفف السير المستمر المفرغ



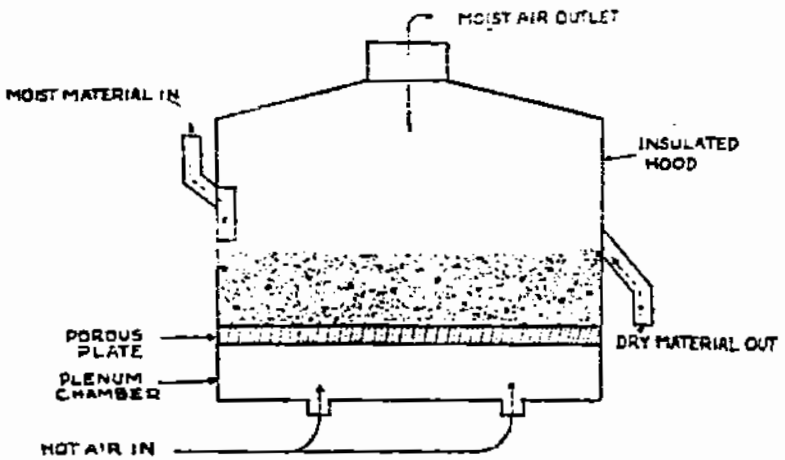
(شكل ٥٩) رسم تخطيطى لمجفف الرذاذ



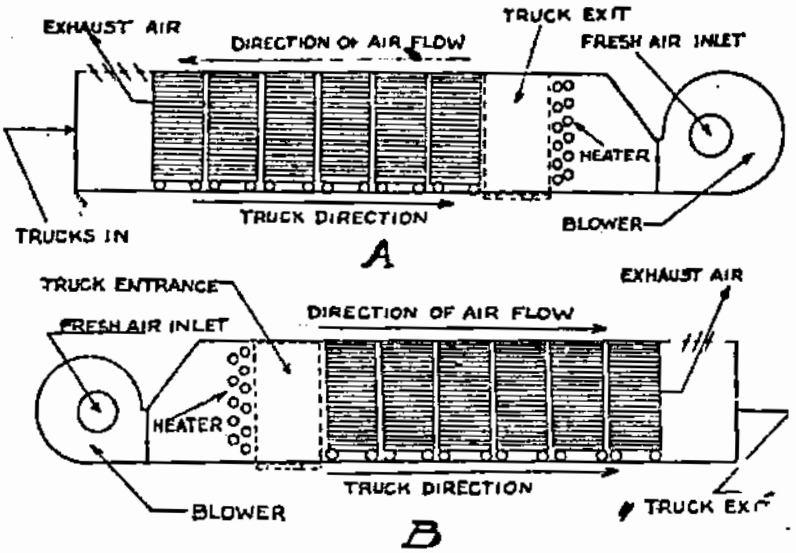
(شكل ٦٠) قطاع طولى فى مجفف ذى سير وبه الأسهم توضح اتجاهى
المادة الغذائية والهواء



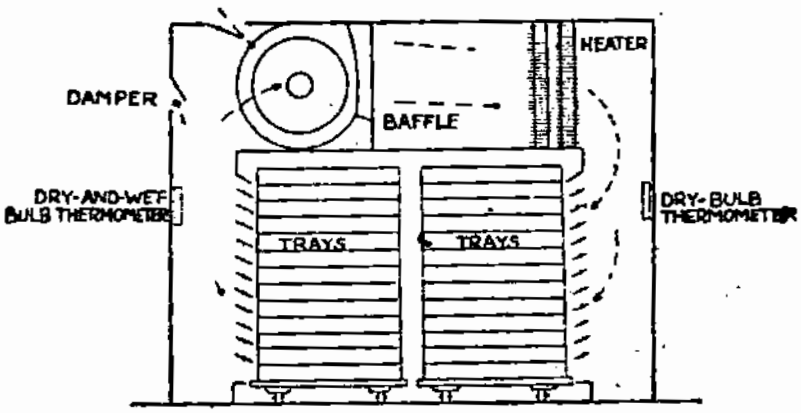
(شكل ٦١) قطاع فى مجفف يوضح سحب الهواء لأعلى



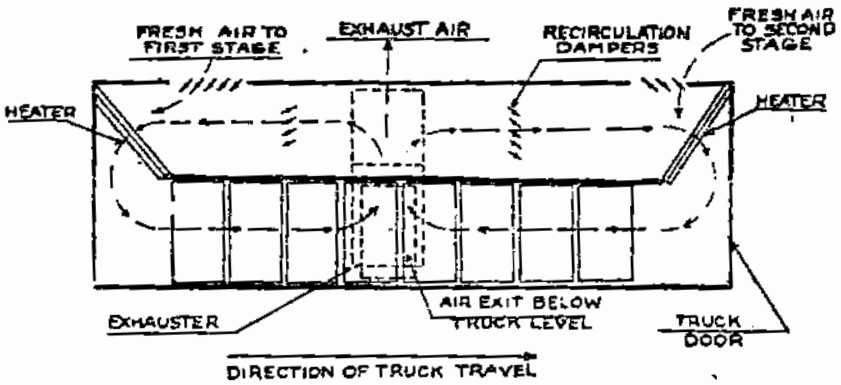
(شكل ٦٢) قطاع فى مجفف fluid bed dryer



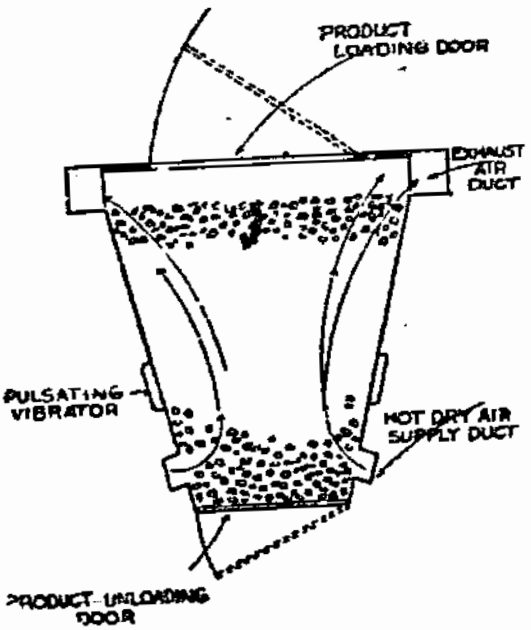
(شكل ٦٣) قطاعان فى مجفف النفق ، العلوى ذو نظام مضاد والسفلى ذو نظام مواز



(شكل ٦٤) مجفف المقصورة المجهز بالمراوح وأنابيب التسخين بالبخار



(شكل ٦٥) مجفف النفق ذى فتحة العادم الوسطية



(شكل ٦٦) كوارة لاستكمال تجفيف الأغذية المجففة فى مجففات النفق