وحدات التشغيل Operation Units المحاضرة الرابعة

المصانع الغذائية صممت اجهزة ومكائن مختلفة تقوم بمعظم خطوات التصنيع على اختلافها باقل ما يمكن من الاضرار وتتماشى مع التقدم والانتشار الواسع لطرق حفظ الاغذية، ووحدات التشغيل المستخدمة في داخل معامل التصنيع الغذائي والتي تستطيع كل وحدة منها ان تحدث تغيراً في خصائص المادة الغذائية عند عدم اجرائها بالصورة الصحيحة

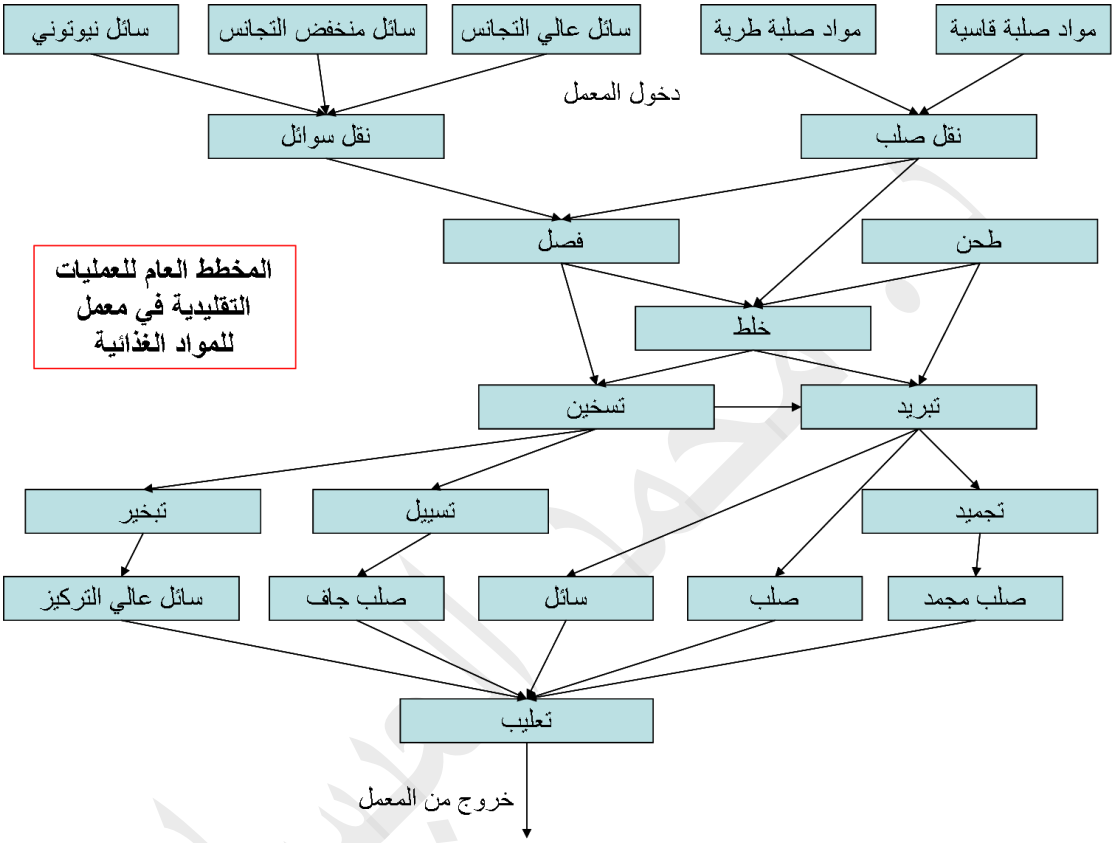
يمكن تقسيم العمليات التي تشترك في تصنيع الغذاء الى العديد من العمليات العامة او الشائعة يطلق عليها وحدات العمل او التشغيل Unit operation ومن امثلة هذه العمليات التي قد تكون مشتركة عند انتاج العديد من المواد الغذائية والتي تتظمن :

عمليات التنظيف	Cleaning	والطلاء	Coating
والسيطرة والمراقبة	Controlling	والتزيين	Decorating
والسحق او الطحن	Disintegrating	والتجفيف	Drying
والتبخير	Evaporating	والتشكيل	Forming
والتبادل الحراري	Heat exchangin	وتداول المواد	Material handing
والمزج	mixing	والتعبئة	Packaging
والضخ	Pumping	والعزل	Separating
والترشيح	Filtering	والنخل	Sieveing
والتكثيف	Condensing	والتقطيع	Cutting

وعمليات اخرى.

كما يمكن لوحدات العمل ان تتضمن العديد من النشاطات المختلفة فمثلا وحدة عمل المزج او عملية المزج تشمل عمليات الرج Agitating و الطرق Beating و المزج Blending والانتشار Diffusing والتشتيت Dispersing و الاستحلاب Emulsifying والتجنيس Homogenizing و الدعك Kneading و التحريك او المزج Stirring والخفق Whipping، حيث قد نرغب في المزج بواسطة الطرق او الخفق في الهواء كما في حالة عمل الرغوة مع البيض او مزج المضافات الجافة كما في تحضير مزيج من مستحضر الكيك الجاف

او قد نرغب في المزج من اجل الاستحلاب كما في حالة المايونيز او التجنيس لمنع انفصال الدهن في الحليب .



ان تصنيع الاغذية هو انتخاب وحدات العمل ودمجها وتحويلها الى وحدات تصنيعية Unit processes و فيما يلي شرح موجز لهذه الوحدات .

1– تداول المواد Material handling وتشمل العديد من العمليات مثل الحصاد اليدوي او الآلي في الحقول و نقل بعض المنتجات سريعة التلف بالسيارات المبردة وشحن المواشي الحية في سيارات مزودة بالحاويات . وضمن هذا المجال يجب الاهتمام بتوفير الظروف الصحية و التقليل من الضائعات سواء في الوزن او في المظهر و التقليل من نمو البكتريا والاسراع في نقل المواد الخام بقدر الامكان.

2- **التنظيف Cleaning** ان عملية التنظيف تعني التخلص من المواد غير المرغوبة سواء كانت اوساخاً بسيطة عالقة بالمادة الاولية او هي احياء مجهرية لا ترى بالعين المجردة و باستخدام طرق وأساليب مختلفة وحسب طبيعة المادة الخاضعة للتنظيف فمثلا تستخدم اغشية ذات مسامات دقيقة للتخلص من الاحياء المجهرية في العديد من الاغذية السائلة كالعصائر الرائقة بينما تستخدم عملية الغربلة للتخلص من الاجزاء النباتية و الرمل والاتربة من البذور في حين قد تستخدم الفرش و الماء في ازالة الاطيان و مخلفات المبيدات الحشرية من الفواكه و الخضراوات و على هذا الاساس يمكن استخدام الفرش والهواء والبخار والماء والمغناطيس ووسائل اخرى في عمليات التنظيف حسب طبيعة المنتوج ونوع الملوثات والاوساخ .

3- **الفصل Seperating** ويقصد به فصل جزء عن باقي الاجزاء سواء كان غازاً او صلباً او سائلاً كفصل القشور من الفواكه والخضراوات او فصل العصير من الثمار من الثمار او فصل الزيت من البذور و الثمار الزيتية او فصل الهواء من العصائر اللبية. ويمكن اعطاء الامثلة عن عمليات الفصل الشائعة في الصناعات الغذائية فمثلاً عملية الفرز والتدريج اليدوي للفواكه والخضراوات بجانب وجود أجهزة الية والكترونية تقوم بهذه العمليات ، حيث تقوم هذه الاجهزة بأجراء عمليات الفرز والتدريج استنادا الى اختلاف لون المواد الاولية بينما تقوم اجهزة اخرى بهذه العملية من خلال التفاوت في حجم المواد و كما مبين في الشكل (1)

ويتم فصل البذور والنوى بأساليب و طرق مختلفة وفي الصورة ادناه الة فصل بذور التفاح .

كما يمكن ازالة قشور الثمار بطرق مختلفة منها ميكانيكية واخرى كيميائية فمثلا تمرر ثمار الفواكه ودرنات البطاطة في محلول قاعدي وهو عادة هيدروكسيد الصوديوم باستخدام الماكنة.

كما تستخدم عملية البلورة لفصل الملح عن ماء البحر او السكر من عصير البنجر السكري او قطب السكر ، واذا كانت البلورات نقية جدا فالعملية تعد ايضا تنقية.

صورة الة ازالة بذور التفاح

ان فصل زيت الذرة من حبات الذرة يتم اولا بفصل الجنين عن بقية البذرة بواسطة النخل ومن ثم يفصل الزيت ومن ثم يفصل الزيت من الجنين بطريقة العصر او باستخدام المبيدات العضوية .

ومن طرق الفصل الحديثة طريقة الترشيح الفائق Ultrafiltration باستخدام اغشية ذات فتحات تسمح بمرور الماء والاملاح والحوامض والقواعد ذات الوزن الجزيئي القليل لانها لا تسمح بمرور المركبات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة كالبروتينات والسكريات .

4–السحق والطحن

وهي عملية تحويل الكتل الكبيرة من الغذاء الى وحدات او جزيئات صغيرة ويمكن ان تشمل عمليات القطع والطحن والسحق والهرس والتجنيس وغيرها. فمثلاً ان تحول الخضراوات الى مكعبات او شرائح بطريقة الية في حين ماتزال اللحوم تقطع باليد ومع ذلك فقد امكن تطوير سكاكين الية للاستخدام نفسه ، حيث يتوقف العمل على خصائص العضلة والدهن وكذلك العظام. وتسبب عملية الفرم كما في حالة تحضير (البيركر) ارتفاعاً في حرارة المنتوج نتيجة الاحتكاك ويمكن لهذه العملية ان تؤدي الى تدهور نوعية المنتوج بسبب (الدنترة الجزئية) للبروتين كما ان عمليات الطحن والتنعيم تسبب ظهور نكهة الحرق burned flavor كما في

القهوة المطحونة. لذلك يفضل استخدام طريقة ما لمنع رفع حرارة المنتج كالتبريد حيث يتم فرم اللحوم بشكل مجمد او بإضافة الثلج الجاف dry ice الى اللحوم والاغذية الاخرى اثناء فرمها.

ويفيد الثلج الجاف في خفض درجة حرارة الغذاء دون ان يؤدي الى زيادة رطوبته بسبب تحوله الى CO_2 بينما يؤدي الثلج الاعتيادي الى رفع نسبة الماء في المنتج عند اظهاره .

تؤدي عملية التجنيس الى تحويل الحبيبات الدهنية الكبيرة في الحليب الى حبيبات صغيرة منتشرة فيه .

5–الضخ:

عملية الضخ وحدة من العمليات الشائعة في التصنيع الغذائي وهي عبارة عن نقل السوائل والمواد الصلبة من مرحلة تصنيع الى اخرى. وتستخدم انواع عديدة من المضخات لإتمام هذه العملية وحسب طبيعة المادة الغذائية، ويجب ان تكون جميع المضخات المستعملة في التصنيع الغذائي حديد غير قابلة للصدأ .

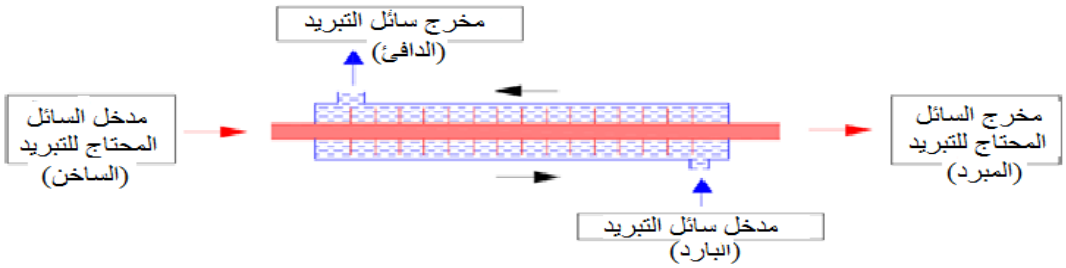
6–المزج

تستخدم اجهزة ومعدات مختلفة في عملية المزج وحسب طبيعة المواد المطلوب مزجها فمثلا قد تمزج مواد صلبة مع اخرى صلبة او سائل مع سائل او سائل مع صلب او غاز مع سوائل ..الخ . ومثال ذلك مزج المكونات الصلبة كما في تحضير ذرور (مسحوق) الخبز Baking Powder يفضل استخدام الخلاطات المخروطية blender Conical في عملية المزج ، بينما يفضل استخدام الخلاطات من نوع ذات المراوح propeller type عند مزج المواد الصلبة في السوائل و اذابتها فيها. ومن اجهزة المزج الاخرى الخلاط ذو الاذرع Paddle و الخلاط التوربيني Turbine و الخلاط الدوار Tumbler mixer و الخلاط الحلزوني Screw.

7–التبادل الحراري

أ–التسخين

تسخن المواد الغذائية لا سباب عديدة، فبعض الاغذية تعرض للتسخين من اجل القضاء على الاحياء المجهرية وحفظ الغذاء كما في بسترة الحليب او تعقيم الخضراوات المعلبة، وقد يستخدم التسخين للتخلص من رطوبة الغذاء او تطوير نكهته كما في تحميص اللبن او الحبوب او تسخين الاغذية لطهيها وزيادة طراوتها او لتثبيط السموم الموجودة طبيعيا في المادة الغذائية كما في فول الصويا. و معظم الاغذية حساسة للحرارة وان زيادة درجات الحرارة تسبب ظهور، نكهة الحرق واللون الغامق وفقدان القيمة الغذائية في المواد المعرضة للتسخين لذا يفضل اجراء عملية التسخين بسرعة ومن ثم خفض درجة الحرارة (التبريد) بسرعة ايضا. ويمكن توفير ذلك فيما لو كان الغذاء في تماس مع مصدر الحرارة اي عندما يكون الغذاء على شكل طبقة رقيقة ملامسة للأسطح او الصفائح الساخنة، حيث تنتقل اليه الحرارة بسرعة وكما في بسترة الحليب في المبادلات الحرارية ذات الالواح Plate type heat exchanger (الشكل ادناه) ، حيث يمر الحليب من احد جوانب الالواح بينما يمر الماء الساخن من الجانب الاخر و تسخن الالواح ، وتنتقل الحرارة منها الى الحليب . ويستخدم نفس النظام في عملية التبريد . هذا النوع من اجهزة التسخين يستخدم للسوائل فقط. اما النوع الاخر من اجهزة التسخين فهو القدر او الصهريج مزدوج الجدران، حيث يمرر البخار او الماء الحار من خلال الفراغ بين الجدارين لتسخين السوائل او السوائل الحاوية على القطع الصلبة و تحرك الاخيرة خلال عملية التسخين لتوزيع الحرارة بصورة متجانسة ومنع احتراق او التصاق الغذاء بسطح القدر .



الشكل: مخطط لوحدة تبادل حراري

اما في حالة تجفيف او تحميص المواد الغذائية فتستخدم طرق مختلفة لتسخين الغذاء كاستخدام الهواء الحار كما في افران التجفيف او استخدام الاشعة تحت الحمراء او الموجات القصيرة Microwave .

ب)التبريد

ويعني ازالة الحرارة من المادة الغذائية. وقد تجري عملية التبريد باستخدام الثلاجات الى تبرد المواد الغذائية الى درجة حرارة فوق درجة انجماد الغذاء او الى درجة تحت درجة انجماده باستخدام المجمدات بهدف اطالة فترة حفظة او لأن خواص بعض الاغذية تستوجب حفظها بحالة جامدة كما في الايس كريم .

وتبرد كميات كبيرة من الحليب والكريم باستخدام مبادلات حرارية ذات الصفائح او من خلال انسكابها فوق حزمة انابيب يمر من خلالها سائل التبريد . اما البيض السائل و شرائح التفاح و الفواكه الاخرى فأنها تجمد في درجة حرارة منخفضة تصل الى –26°م وذلك باستخدام مجمدات التدوير الهوائي Airblast freezer او بطريقة التجميد الحاد . وهناك انواع عديدة من مجمدات التدوير الهوائي منها مجمدات النفق و مجمدات الحزام . وتبرد بعض الاغذية بغمرها في سوائل مبردة وخصوصا المغلفة او المعلبة منها . و تحرك الاغذية المعلبة داخل سائل التبريد لزيادة كفاءة الانتقال الحراري .

ويستخدم النيتروجين السائل في تجميد الاغذية اما عن طريق غمر الغذاء فيه او رش النيتروجين السائل عند الغذاء .

8–التبخير

يستخدم التبخير في التصنيع الغذائي بالدرجة الاساس لتركيز الغذاء كما قد يستخدم للتخلص من المواد المتطايرة غير المرغوبة من الغذاء او للحصول على المواد المتطايرة المرغوبة .

ويجرى التبخير بأشكال مختلفة فمثلا يبخر ماء البحر بالاستفادة من حرارة الشمس للحصول على الملح وتستخدم هذه الطريقة على نطاق تجاري. او يتم التبخير في قدر مفتوح كما في

تبخير الماء من شيرة السكر عند عمل بعض انواع الحلوى. وهذه الطريقة تحتاج الى حرارة مرتفعة لفترة طويلة مما يؤدي الى الاضرار بالمنتوج كالحليب او عصير الحمضيات في حالة تركيزها بالطريقة المذكورة لذا تستخدم اجهزة تبخير متطورة يجري فيها التبخير في درجات حرارية منخفضة تعتمد على اساس ان السوائل يمكن تبخيرها في درجات حرارية منخفضة تعتمد على اساس ان السوائل يمكن تبخيرها في درجات حرارية منخفضة في حالة استخدام الضغط المخلخل فمثلا يتبخر الماء في حرارة 100°م عنما يكون الضغط 760 ملم زئبق بينما تنخفض الى 72,2° م عند ضغط 250 ملم زئبق والى 38,3°م عند ضغط 50 ملم زئبق ، وعند ربط القدر المغلق بمضخة تفريغ فسنحصل على مبخر التفريغ من النوع البسيط . وتستخدم مثل هذه المبخرات في ازالة الماء من مستخلص القصب السكري عند صناعة السكر .

9–التجفيف

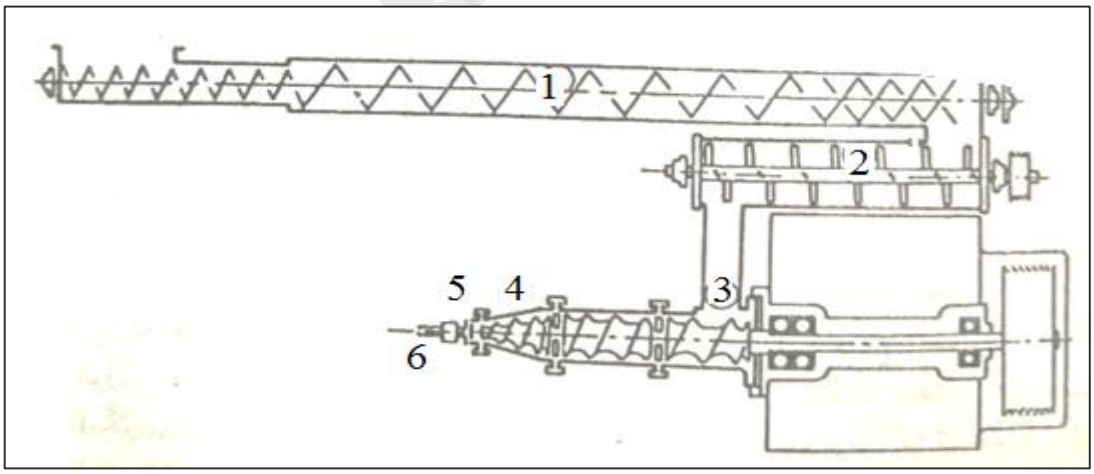
بينما تستهدف عملية التبخير تقليص الحجم الى النصف او الثلث تستهدف عملية التجفيف ازالة الرطوبة لحين بلوغ المواد الصلبة الى ما يقرب من 97–98% وتستخدم المجففات لإنتاج اغذية معروفة كمسحوق الحليب المجفف و القهوة السريعة الذوبان . كما تجفف الاغذية لحفظها من التلف وخفض وزنها و حجمها .

ولابد من اجراء عملية التجفيف مع اقل تأثير في الغذاء . لذا يجب اختيار الطريقة الفضلى لتجفيف الغذاء وحسب طبيعته. و تجفيف الاغذية السائلة اكثر سهولة من الاغذية الاخرى.

10–التشكيل

يستخدم الضغط في تشكيل بعض منتجات اللحوم مثل (البيركر) على ان لا يكون الضغط عاليا. ويجب استخدام ضغط متساو لمنع حصول اختلاف بالوزن . ويستخدم البثق بالضغط للعجين خلال فتحات بأشكال مختلفة عند تصنيع المعكرونه واشكال مختلفة من المعجنات ثم تجفف فيما بعد بالأفران. كما تستخدم طريقة البثق Extrusion بالضغط في صناعة الحلويات المختلفة وكذلك في تحضير أقراص غذائية Tablet من مساحيق الاغذية المجففة كما في

تحضير اقراص عصير الفواكه من مسحوق العصير المجفف. ويعد التشكيل عملية مهمة في تحضير اغذية الفطائر الحبوبية والمقبلات Snacks و يوجد نوع خاص من التشكيل يعرف بطريقة الطبخ بالبثق Extrusion cooking، حيث يستخدم فيها ضغط مرتفع مع الحرارة او بدونها، لبثق العجين، وتؤدي الحرارة الناتجة بالدرجة الرئيسية من الضغط المرتفع الى جلتنة النشا وتأثيرات طبخ اخرى في حين تدفع المادة الغذائية بقوة خلال جهاز البثق. وفي بعض الحالات تضغط درجة الحرارة والضغط بحيث تصل درجة حرارة الغذاء الى اعلى من درجة غليان الماء وعند خروج الغذاء من فتحة جهاز الطبخ بالبثق فأن الماء الساخن في المادة الغذائية يبدأ مباشرة بالغليان في نفس اللحظة التي تخرج فيها المادة الغذائية من فتحة الجهاز بسبب انخفاض الضغط المسلط عليها الى مستوى الضغط الجوي الاعتيادي ويؤدي الغليان الى نفش Puffing القطع المشكلة. وقد تحتاج هذه القطع الى عملية تجفيف اضافية باستخدام الافران. وفي الشكل (5) مخطط لنموذج جهاز الطبخ بالبثق. وهناك امثلة عديدة من عملية التشكيل المتبعة في الصناعات الغذائية فمثلا يشكل الزبد و المارجرين والجبن بأشكال مختلفة كما يشكل الصوصج باستخدام اغلفة طبيعية او صناعية متنوعة .



شكل(5) جهاز الطبخ بالبثق المستمر (Potter،1986)

1–قسم تكييف البخار 2–منطقة المزج 3–منطقة العجن 4–منطقة التسخين 5–فتحة التشكيل 6–سكاكين القطع .

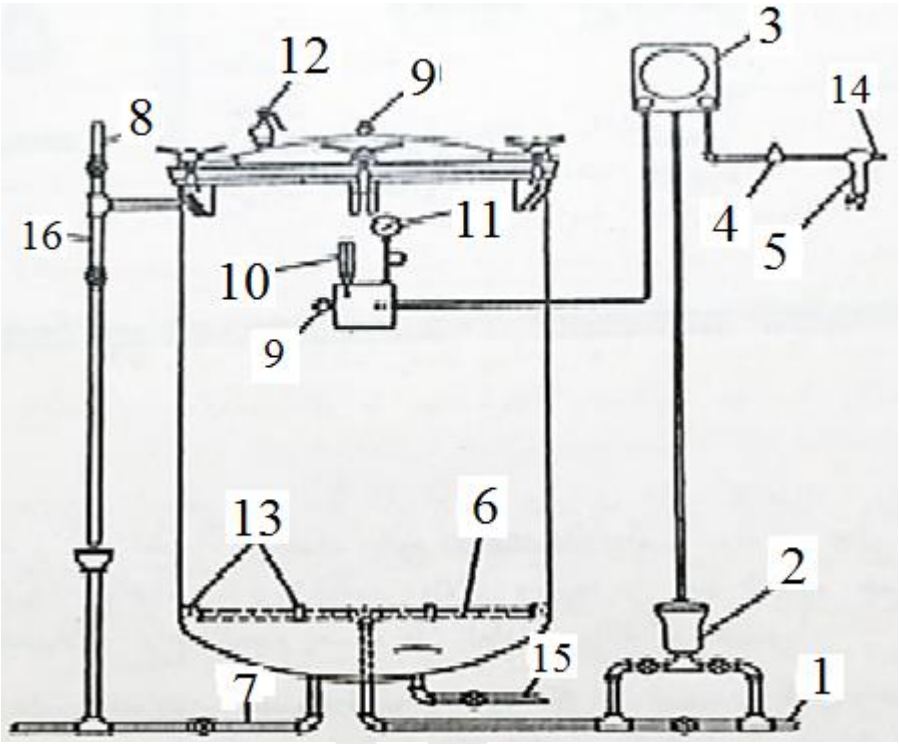
11–التعبئة

وتعبا الاغذية في عبوات معدنية او قناني زجاجية او بلاستيكية او باستخدام الورق او رقائق بلاستيكية او معدنية او مركبة من المواد المذكورة .

وتتم عملية التعبئة بواسطة مكائن التعبئة الآلية التي قد تصل قدرتها الى تعبئة 1000 وحدة في الدقيقة .

12–المراقبة و السيطرة

ان كل ما ذكر من وحدات العمل هو نظام للسيطرة هو نظام للسيطرة والقياس والمراقبة للحصول على نوعية جيدة من المواد الغذائية المصنعة. وتعد وحدة السيطرة وحدة عمل بحد ذاتها، ويمكن ان تشمل المحارير والصمامات والضابط الحراري (الثرموستات) ومجموعة اخرى من الأجهزة والمعدات لقياس عوامل الانتاج الاساسية و مراقبتها كالحرارة والضغط انسياب السوائل، والحموضة والوزن والرطوبة واللزوجة والمواد الصلبة ومستوى السائل. وفي الشكل ادناه جهاز تعقيم المعلبات يوضح عناصر السيطرة حول انسياب البخار وضغطة وضغط الهواء ودرجة حرارة الماء ومستوى الماء .



الشكل جهاز تعقيم قائم مجهز بعناصر السيطرة (Potter،1986)

1–البخار 2–صمام تنظيم البخار 3–وحدة السيطرة 4–صمام اختزال الهواء 5–مرشح هواء 6–موزع البخار 7–انبوب تفريغ الماء 8–صمام الطفح 9–صمام تسرب البخار 10–محرار 11– مانوميتر(مقياس الضغط) 12–صمام الامان 13–حامل السلة 14–هواء لوحدة السيطرة 15–ماء للتبريد 16–صمام الطفح للماء الفائض .

المصادر: الاسود، ماجد بشير؛عبدالعزيز، عمر فوزي ؛ لاقا، امجد بوياسر(2000). مبادئ الصناعات الغذائية، جامعة الموصل.