جامعة دمشق

كلية الزراعة

قسم علوم الاغذية

هندسة مصانع الأغذية

لطلاب السنة الرابعة/قسم علوم الأغذية

د. روعة طلي

أ.د أحمد هدال

أ.دمحمد خير طحلة

الفصل الأول والثاني

الأجهزة الخاصة بالمعاملات الميكانيكية للحليب في مصانع الألبان وآلية عملها

من المعروف أن الحليب المنتج في المزرعة يتم تحويله لمجموعة واسعة من منتجات الألبان، ومن هذه المنتجات (الحليب السائل، القشدة، الحليب المجفف، اللبن، الزبدة، الآيس كريم، الجبنة ومنتجات الألبان المخمرة). وتختلف الآلية المستخدمة في هذه العمليات التصنيعية باختلاف المنتجات المراد تصنيعها، وجميع المعدات المستخدمة في العمليات التصنيعية مصنوعة من خلائط معدنية مقاومة للصدأ مثل الكروم والنيكل، وترتبط هذه المعدات مع بعضها بأنابيب معدنية ضمن نظام مغلق سهل التنظيف باستخدام المواد القلوية والحمضية لإزالة الرواسب وتطهير المعدات في مكانها.

تجهز مصانع الألبان الحديثة بمعدات لنقل المواد الخام والسلع النهائية. من غير المألوف أن تجد مصانع الألبان تتعامل بما يزيد عن 1000000 لتر من الحليب يومياً، وبالتالي فإن أتمتة كل جانب من جوانب العملية أمر ضروري.

بما أن الحليب منتج سريع التلف، ولزيادة فترة صلاحيته قبل وبعد عمليات المعالجة، ولهذه الأسباب تعتبر عمليات الحفظ بالتبريد هي الوسيلة الرئيسية لزيادة فترة الصلاحية، حيث يتم التبريد باستخدام مبردات أولية من خلال أنظمة إعادة ضغط البخار الميكانيكية والتبريد الثانوي من خلال وسائط التبريد المتداولة مثل (المحلول الملحي). وتستخدم المبادلات الحرارية بأنواعها كنظام تسخين للمنتجات السائلة ويتم حفظها في خزانات مغلقة ذات جداران مزدوجة.

يمكن أن يتلوث الحليب الخام القادم من المزرعة بسهولة بمسببات الأمراض البكتيرية (وأشارت العديد من الدراسات إلى أن حوالي ٥% من حمولة خزانات الحليب الخام من مزارع الألبان الحديثة تحتوي على مسببات الأمراض)، ودائماً ما تكون ملوثة بالبكتيريا المسببة للفساد، ويبلغ تعدادها أكبر من 100000/غ، وهي نسبة ليست غريبة بالنسبة للحليب المجمّع الذي يبلغ عمره يومين أو ثلاثة أيام. نظراً لأن الحليب يوفر وسيلة نمو مثالية للكائنات الحية الدقيقة، يجب إيلاء الكثير من الاهتمام للظروف الصحية خلال العمليات الانتاجية.

تم تصميم معدات معامل الألبان، لسنوات عديدة، وفقاً للمعايير الصحية والممارسات المقبولة لتصميم وتشغيل وصيانة معدات تصنيع منتجات الألبان على اعتبار التنظيف والتشغيل الصحي مصدر قلق رئيسي.

سيقدم هذا الفصل وصفاً مبسطاً لأهم المعدات المستخدمة في العمليات الأساسية الداخلة في تصنيع الكثير من منتجات الألبان لضمان المحافظة على جودته وسلامته من النواحي الصحية، تبدأ هذه العمليات من عملية النقل بعد الحلابة إلى استلامه وتخزينه ريثما يتم تصنيعه، كما يخضع للمعاملات

الحرارية الضرورية وعملية الفرز والتجنيس وتعديل المادة الصلبة ونسبة الدسم، وتختلف المعاملات الحرارية وفقاً لنوع المنتج النهائي المطلوب، كما أنه من الجدير بالذكر الإشارة إلى أن العمليات التصنيعية اليدوية التقليدية تختلف قليلاً عن العمليات الصناعية. وفيما يلي شرح للعمليات التصنيعية الأولية للحليب التي تعد ضرورية لتحضير الحليب للعمليات اللاحقة.

العمليات التصنيعية الأولية للحليب:

أولاً – استلام الحليب وتخزينه:

١- أهمية تبريد الحليب في المزرعة والمعمل:

يملك الحليب لحظة خروجه من الضرع درجة حرارة مقاربة لدرجة حرارة جسم الحيوان المأخوذ منه ≈ ٣٧مْ، وبعد الانتهاء من الحلابة سرعان ما تنخفض هذه الدرجة إلى ٣٣-٣٥مْ، وهذه الدرجة من الحرارة مناسبة جداً لنمو الأحياء الدقيقة. وإذا ما ترك الحليب بدون تبريد فسرعان ما ترتفع حموضته بفعل هذه الأحياء الدقيقة، وكما هو معروف فإن الحليب الحامضي لا يمكن إخضاعه لأية معاملة حرارية (بسترة أو تعقيم)، وبالتالي لا يصلح للتصنيع والاستهلاك. لذا من الضروري خفض درجة الحرارة الحليب مباشرة بعد الحلابة إلى أقل من (١٠) مْ ويفضل إلى (٣-٥) مْ.

تزداد ضرورة التبريد أهمية:

١- إذا تأخرت عملية نقل الحليب إلى معمل الألبان إلى اليوم التالي بعد الحلابة المسائية.

٢- كما تزداد ضرورة تبريد الحليب أهمية في حال كون الحليب الأولي سيء النوعية الميكروبيولوجية فكلما زادت حمولة الحليب الجرثومية كلما قصر زمن التخزين، أضف إلى ذلك أن تخزين الحليب سيء النوعية الميكروبيولوجية على درجات حرارة منخفضة لا يمنع فساده وفي هذه الظروف تنمو للبكتريا المحبة للبرودة مثل: Pseudomonas، ALcaligenes، Flavobacterium، وهذه البكتيريا ذات قدرة كبيرة على تحليل الدهن والبروتينات وبالتالي إعطاء الطعوم والنكهات الغريبة والسيئة في الحليب ومن ثم في مشتقاته.

٢- طرائق تبريد الحليب في مراكز تجميع الحليب أو في معمل الألبان:

٢-١- تبريد الحليب في خزانات ثابتة:

تتبع هذه الطريقة في المزارع ذات الإنتاجية الكبيرة من الحليب أو في مراكز تجميع الحليب وكذلك في معامل الألبان الصغيرة . يتألف جهاز التبريد من خزان مصنوع من الصلب الغير قابل للصدأ (ستانلس ستيل). له أشكال وحجوم مختلفة من ٣٠٠-٣٠٠٠ ليتر. لهذه الخزانات جدران مزدوجة حيث يتوضع في الفراغ بين الجدارين أنابيب التمدد والانتشار (المبخرات) وتكون ملاصقة تماماً لسطح الحوض الداخلي وذلك لتسهيل عملية التبادل الحراري ما بين الحليب ومادة التبريد التي يمكن أن تكون ماءً مثلجاً أو أمونيا سائلة. ويزود

الحوض بخلاط ميكانيكي ومنظم آلي لدرجة الحرارة. تتمتع هذه الخزانات أيضاً بنظام عزل حراري جيد للمحافظة على الحليب مبرداً لفترة زمنية معينة.

٢-٢- تبريد الحليب بواسطة المبادلات الحرارية:

٢-٢-١- المبادلات الحرارية الأنبوبية:

المبادل الحراري الأنبوبي هو عبارة عن أنبوب داخلي تسيل فيه مادة الحليب، وأنبوب خارجي يحيط بالأول تسيل فيه مادة التبادل الحراري (الماء البارد) وباتجاه معاكس لسير الحليب.

٢-٢-٢- المبادلات الحرارية ذات الألواح:

يستخدم نظام التبريد بواسطة المبادلات الحرارية ذات الألواح في مراكز تجميع الحليب والمزارع الكبيرة وكذلك في معامل الألبان. ويستخدم المبادل الحراري ذي الألواح عادة في معمل الألبان لتحقيق عملية التسخين والتبريد معاً عند تصنيع منتجات الحليب المبسترة والمعقمة إضافة إلى تبريد الحليب الأولي وسنقتصر في هذه النقطة على شرح المبادل الحراري المخصص لتبريد الحليب الأولي.

يتكون المبادل الحراري ذي الألواح المستخدم لتبريد الحليب الأولي من مجموعة من الألواح المعدنية المصنوعة من الستانلس ستيل والمثبتة بإحكام في إطار معدني وبشكل متوازي، يكون سطح هذه الألواح متموجاً لزيادة سطحها وبالتالي زيادة التبادل الحراري، وهناك نقاط ارتكاز على التموجات تحفظ الألواح متباعدة عن بعضها بمسافة قدرها ٠،٥-١مم وبذلك تسمح بتكوين قنوات بين الألواح. يدخل السائل المراد تبريده إلى القنوات ويخرج منها عن طريق ثقوب كائنة في زوايا الألواح، ولمنع التسرب توضع حلقات مطاطية بين كل لوحين (مطاط صناعي من السيلكون المقاوم للحرارة) يتكون المبادل الحراري ذي الألواح المستخدم لتبريد الحليب من قسمين: الأول ويسمى قسم التبريد بالماء العادي وفيه يتم تبادل الحرارة ما بين الحليب وماء الصنبور العادي. والثاني ويسمى قسم التبريد بالماء المثلج وفيه يتم وفيه يتم تبادل الحرارة ما بين الحليب الخارج من القسم الأول والماء المثلج.

وليتم تبريد الحليب بالطريقة المثلى من الناحية الاقتصادية تنصح شركة ALFA- LAVAL بإتباع الخطوات التالية:

١- استعمال المبادل الحراري ذي الألواح أحادي القسم لخفض درجة حرارة الحليب باستعمال الماء العادي (ماء الصنبور) كوسط تبريد، حيث يتم في هذه الحالة خفض درجة حرارة الحليب إلى درجة حرارة أعلى بثلاث درجات مئوية تقريباً عن درجة حرارة الماء المستعمل للتبريد.

٢- تبريد الحليب إلى حوالي ٣مْ في خزانات التخزين المزودة بأنبوب حلزوني يمر فيه وسط التبريد.

تغير الحرارة أثناء تبريد الحليب:

يتم تسخين وسط التبريد أثناء تبريد الحليب فقط على حساب الحرارة المزالة من الحليب وفي هذه الحالة فإن كمية الحرارة التي تخضع للتغير يمكن حسابها من القانون التالي:

$$Q= W.C_w (t_2-t_1) = M.C_m ('t_1-'t_2)$$

Q: كمية الحرارة التي خضعت للتغير.

W: كمية الماء المستخدم للتبريد.

C_w: الحرارة النوعية للماء=١ جول/ كغ. درجة.

t_2: درجة الحرارة النهائية للماء مْ.

t_1: درجة الحرارة الأولية للماء مْ.

M: كمية الحليب المبرد.

C_m: الحرارة النوعية للحليب = ٠,٩٥ جول/ كغ. درجة.

$'t_1$, $'t_2$: درجة حرارة الحليب الأولية والنهائية.

في حال أكثر نظم التبريد اقتصادياً وباستعمال الاتجاه المتعاكس في التبريد فإن درجة حرارة الحليب النهائية ستكون قريبة جداً من درجة حرارة الماء الأولية.

أما من وجهة نظر حركة الحرارة فإن كميتها العامة Q والتي يمكن نقلها من خلال جدار المبادل الحراري يمكن تحديدها من القانون التالي:

$$Q= K. F. Z. \Delta t$$

حيث أن:

K: معامل التبادل الحراري أو معامل الحمل الحراري ويعبر عنه: $(W/m^2.C°)$ أو $\{J/m^2. (C°.s)\}$ أو $\{K\ cal/(m^2.c°.h)\}$.

F: سطح التبادل الحراري في الـ م٢.

Z: زمن التبادل الحراري (ساعة).

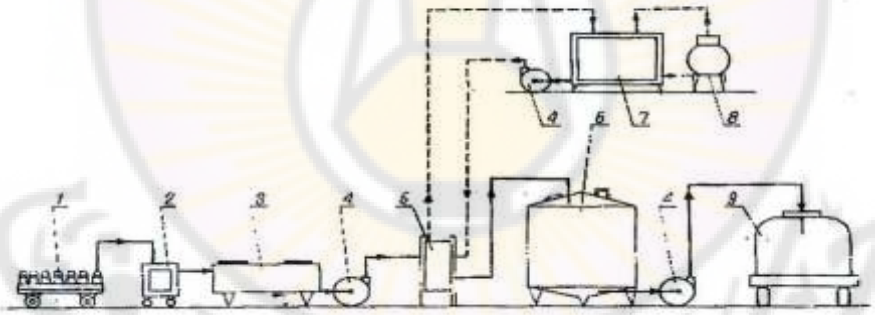
Δt: متوسط الفرق بين درجتي حرارة الوسطين.

قيمة معامل التبادل الحراري K في عمليات التبريد وباستخدام الاتجاه المتعاكس لا يتعدى $1200\ w/m^2.c°$ والذي يساوي $1000\ K\ cal/m^2.c°.h$، وهو أقل من قيمة ذلك المعامل الناتج عن عمليات تسخين الحليب وهذا ناتج عن ازدياد حركة جزيئات الحليب أثناء تسخينها نتيجة لانخفاض اللزوجة مما يرفع قيمة معامل أخذ الحرارة من المبادل الحراري.

٤ – استلام الحليب في المزرعة أو في معمل الألبان:

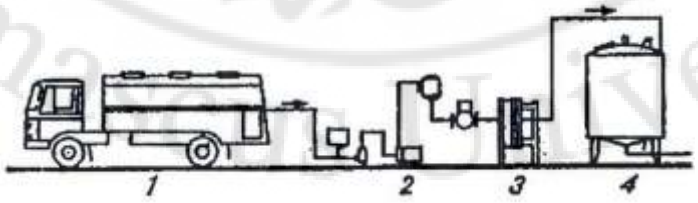
تعتبر حموضة الحليب هي العامل المحدد لقبول أو رفض استلام الحليب من المزارع لذلك يقوم ممثل المعمل (مستلم الحليب) بإجراء الاختبار في المكان (المزرعة أو المعمل) قبل استلام الحليب. يجرى عادة على الحليب اختبار الكحول لمعرفة حموضته بسرعة، وذلك بأخذ ٢ مل حليب ويضاف إليها ٢ مل كحول تركيز ٦٨% وتخلط جيداً. الحليب الجيد ذو الحموضة الطبيعية لا يشكل أية خثرات أما الحليب الحامضي أو الناتج عن أبقار ملتهبة الضرع أو المخلوط باللبأ يعطي خثرات واضحة وعندها يرفض استلام الحليب.

في حال قبول الحليب يقوم المستلم بأخذ عينات من الحليب ووضعها في زجاجات خاصة حيث ترسل إلى المخبر لمعرفة نسبة الدهن في الحليب ونوعيته الميكروبية وذلك لتحديد سعر الحليب. في حال قبول الحليب في المعمل يحول إلى الميزان لمعرفة وزنه، ثم يحول من الميزان إلى الخزان الوسيط ومنه عبر مضخة خاصة إلى جهاز التبريد (المبادل الحراري) لتبريده لدرجة حرارة حوالي +٤مْ، ثم يحول إلى الخزانات المعزولة لتخزينه على هذه الدرجة من الحرارة لحين التصنيع. ويبين الشكل (١) مخططاً لاستلام الحليب المنقول بواسطة القساطل المعدنية بينما يبين الشكل (٢) مخططاً لاستلام الحليب من الصهاريج.



شكل (١) خط استلام وتبريد الحليب المنقول بواسطة القساطل

١– قساطل الحليب ٢– مضخة تحت تفريغ لسحب الحليب من القساطل ٣– حوض استقبال ٤– مضخة ٥– مبرد صفائحي ٦– خزان للحليب المبرد ٧– خزان للماء البارد ٨– جهاز تبريد للماء ٩– صهريج للنقل.



شكل (٢) خط استلام وتبريد الحليب المنقول بواسطة الصهاريج

١– صهريج لنقل الحليب ٢– مضخة ٣– مبرد صفائحي ٤– خزان للحليب المبرد

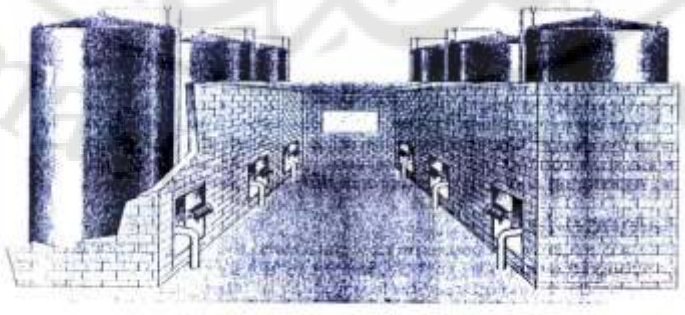
يستخدم عادة ميزان من نوع خاص لوزن الحليب، يجهز هذا الميزان بحوض معلق مؤلف من قسمين يفصل بينهما حاجز معدني بحيث يتم تعبئة ووزن كل قسم بالتناوب مع القسم الآخر. يزود كل قسم بأنبوب تفريغ خاص يصب في خزان الحليب الواقع تحت الميزان شكل (٣).

شكل (٣) أقسام ميزان الحليب

١- دعائم تثبيت ٢- حاجز معدني٣- مسند لتفريغ العبوة- ذراع لفتح حوض الميزان ٥- قسمي حوض الميزان ٦- لوحة الميزان ٧- قاعدة الميزان ٨- انبوبة تفريغ الحليب الى الحوض ٩- حوض وسيط.

٥- تخزين الحليب في معمل الألبان:

بعد استلام الحليب في المعمل يبرد إلى +٤مْ ثم يحول إلى خزانات التجميع، وعادة ما تتوضع أحواض التخزين هذه في مكان مرتفع من المعمل (الطابق الثاني) لتجنب ضخ الحليب مرة ثانية أثناء أخذه للتصنيع، تتوضع هذه الخزانات بشكل عمودي وتصنع هياكلها من الستانلس ستيل أو الألمنيوم. وتحاط هذه الخزانات عادة بمادة عازلة للمحافظة على الحرارة المنخفضة للحليب +٤مْ لمدة زمنية معينة ٢٤-٤٨ ساعة، كما تزود هذه الخزانات بخلاطات مروحية ذات سرعة دوران ١٠٠-٣٠٠ دورة/الدقيقة ولهذه الأحواض سعات مختلفة ٢٠٠٠-١٠٠٠٠ لتر، يزود الحوض بفتحة كبيرة ذات غطاء محكم للدخول إلى الحوض وتنظيفه عند اللزوم كما يزود الحوض بفتحة صغيرة لتعبئة الحوض متصلة بأنبوب داخل الحوض يصب على جداره الداخلي منعاً لتشكل الرغاوي أثناء التعبئة، كما يزود الحوض بنافذة موجودة على الجدار لمراقبة مستوى الحليب في الحليب أو قد يزود الحوض بأنبوب يكشف مستوى الحليب داخل الحوض، كما يزود بجهاز خاص يعطي إشارة ضوئية أو صوتية عند امتلاء الحوض ويزود الحوض بصنبور في قاعدته لتفريغه شكل رقم (٤).



شكل (٤) الشكل العام لأحواض تخزين الحليب والتوضع في معمل الألبان

للأحواض المستخدمة في تخزين الحليب أشكال مختلفة مستطيلة، مربعة، أسطوانية، وللتخفيف من كمية المعدن المستهلكة في تصنيع الأحواض يجب أن يكون ارتفاع الحوض مساوياً لعرضه، أما بالنسبة للأحواض الأسطوانية فإن أهم مؤشر للتخفيف من كمية المعدن المستهلك هو نسبة ارتفاعه إلى قطره حيث يجب أن تكون مساوية إلى الواحدة $\frac{H}{D} = 1$.

٦- أنواع الأحواض المستخدمة في معمل الألبان:

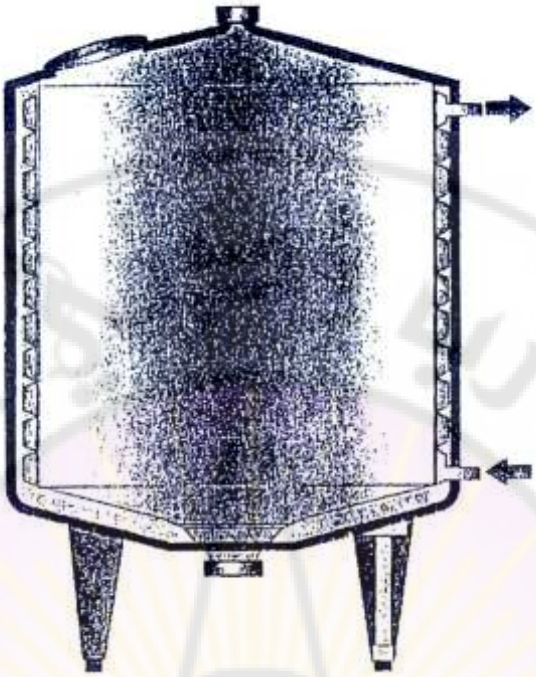
تقسم الأحواض المستخدمة في معمل الألبان إلى عدة أنواع وذلك حسب الغرض من استخدامها ولكل نوع من هذه الأحواض تصميمه الخاص بحيث يؤدي الوظيفة المطلوبة منه وهذه الأنواع هي:

١. أحواض أو خزانات لتبريد الحليب وحفظه في حالة مبردة.
٢. أحواض معزولة حرارياً لحفظ الحليب المبرد (مستودعات).
٣. أحواض نقل الحليب (صهاريج المبردة).
٤. أحواض التخزين الوسيط (المؤقت): وهي أحواض بسيطة التصميم والتجهيز وظيفتها حفظ أو تخزين المنتج لوقت قصير قبل متابعة مسيره في خط الإنتاج فمثلاً بعد سترة الحليب وتبريده يضخ إلى حوض التخزين المؤقت لتنظيم مروره إلى آلة التعبئة . شكل (٥).

شكل (٥) حوض تخزين وسطي

٥. أحواض المزج أو الخلط:

وتستعمل هذه الأحواض لخلط منتجات مختلفة أو لخلط مكونات المنتج مع بعضها، وتزود هذه الأحواض بجهاز خلط كما تزود بجدار مزدوج يسمح بمرور وسط التبريد أو التسخين عند اللزوم وكذلك تزود بأجهزة قياس الحرارة لمعرفة درجة حرارة كل من وسطي التسخين والتبريد ودرجة حرارة المنتج شكل (٦).

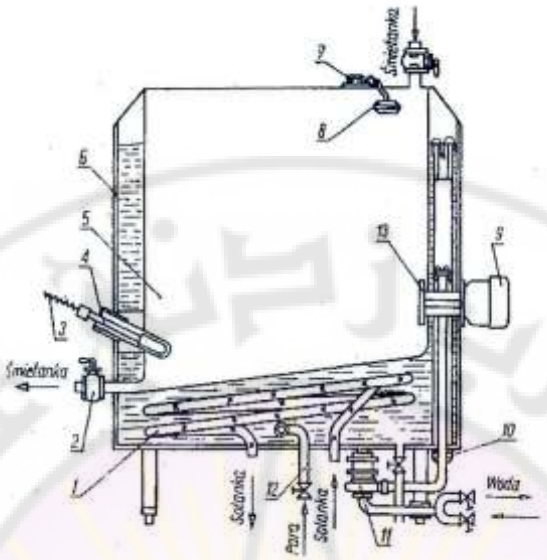


شكل (٦) خزان مزج من إمكانية التسخين والتبريد

٦. أحواض العمليات التكنولوجية الخاصة:

وهي عبارة عن أحواض ذات تجهيزات عالية تستخدم لتحقيق عمليات تكنولوجية محددة حيث يتطلب الأمر أحياناً التغير في خواص المنتج مثل الإنضاج البيولوجي والفيزيائي للقشدة المستخدمة في صناعة الزبدة وكذلك تحضين البادئات وتخمير اليوغورت، الإنضاج الفيزيائي (بلورة الدهن) في القشدة المعدة لصناعة القشدة المخفوقة وكذلك بلورة اللاكتوز من مصل الجبن.

تزود هذه الأحواض بجدار مضاعف للتسخين والتبريد أو بمبادل حراري أنبوبي، جهاز تحريك، موازين حرارة ، فتحات للتعبئة والتفريغ، جهاز تحريك مع قشط الجوانب أحيانا. شكل (٧)



شكل (٧) أحواض خاصة للعمليات التكنولوجية المحددة

حوض لتخمير القشدة مع محرك قاشط (scraper)

١- مبادل حراري أنبوبي ٢- صمام لتفريغ الحوض ٣- مأخذ موصول مع لوحة تحكم ٤- ميزان حرارة ٥- داخل الخزان ٦- جدار مضاعف ٧- سكر اغلاق ٨- فواشة ٩- محرك كهربائي ١٠- انبوب للماء الزائد ١١- مضخة ١٢- محرك ١٣- خلاط

7. أحواض توازن:

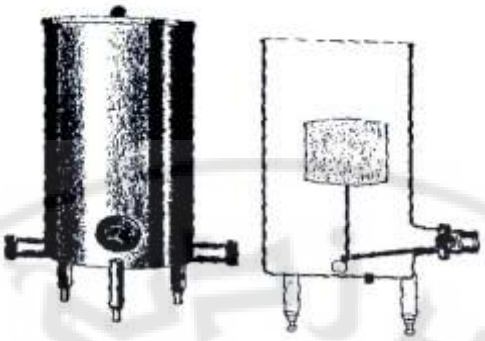
وهي عبارة عن أحواض بسيطة التركيب، ذات جدار واحد، لها قياسات مختلفة تمتلك هذه الأحواض أهمية خاصة في خطوط الإنتاج كونها:

١- تعمل على التخلص من الغازات الموجودة في الحليب أو المنتج وخاصة عند استخدام مضخات الطرد المركزي في خطوط التصنيع حيث يصب فيها الحليب القادم من المستودعات دون ضخ.

٢- تعمل هذه الأحواض على حفظ الحليب أو المنتج على مستوى ثابت فوق مستوى المضخة وبالتالي تحافظ على شدة جريان منتظمة للحليب في خط النقل من خلال محافظتها على الضغط الثابت في الجزء الذي يسبق المضخة.

٣- يعاد إليها الحليب الذي لم يصل لدرجة حرارة البسترة بعد خروجه من قسم الحجز وذلك من خلال صمام التحويل ليعاد ضخه مرة أخرى إلى المبادل الحراري.

٤- تعاد إليها محاليل الغسيل لإعادة ضخها إلى الأجهزة المراد غسيلها وذلك عند استخدام نظام الغسيل في المكان CIP . شكل (٨)



شكل (٨) حوض توازن

٧-غسيل وتنظيف أحواض تخزين الحليب:

عند الشروع بتنظيف الأحواض المعدنية المستخدمة في تخزين وتصنيع الحليب يجب مراعاة الأمور التالية:

١- عدم استخدام الفرشاة المعدنية أو أية آلة حادة عند تنظيف السطح الداخلي للحوض.

٢- يجب ارتداء الألبسة المطاطية عند الدخول إلى الحوض لتنظيفه.

٣- يجب غسل أنابيب الضخ والتفريغ قبل التعبئة.

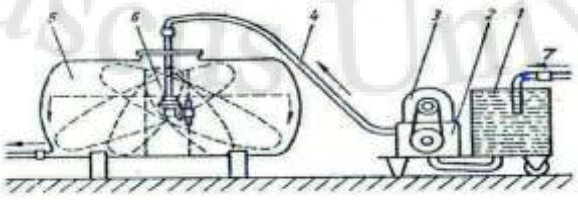
٤- التأكد من فصل التيار الكهربائي عن جهاز الخلط والتأكد من إغلاق أنبوب التعبئة.

٨- نظام تنظيف وتعقيم أحواض الحليب وآلية عملها:

تتم عملية غسيل أحواض الحليب بنظام تنظيف وغسيل معين، حيث يحوي هذا النظام على عدة أجهزة تقوم بعملية التنظيف والتعقيم للخزانات.

وتتألف مجموعة الأجهزة هذه من أحواض لتحضير مواد الغسيل ومضخة ومحرك كهربائي إلى جانب أنبوب مطاطي يحمل في مقدمته جهاز ترذيذ.

يدفع الأنبوب المطاطي مع جهاز الترذيذ إلى داخل الحوض وتعمل المضخة على دفع سوائل التنظيف بالتتابع، فتضخ الماء الفاتر بدرجة ٣٥مْ ثم المحلول القلوي بتركيز (١,٥-٢,٥%) ثم الماء الحار بدرجة ٨٥مْ فالبخار للتعقيم وشطف بقايا محلول الصودا الكاوية. وقد يحتوي النظام على وسيلة للتجفيف بالهواء الساخن كما في الشكل (٩).



شكل (٩) جهاز غسيل خزانات الحليب

١- حوض لتحضير مواد الغسيل والتعقيم ٢- مضخة لمواد الغسيل والتعقيم ٣- محرك كهربائي لإدارة المضخة ٤- أنبوب مطاطي ٥- خزان الحليب ٦- جهاز ترذيذ مواد الغسيل والتعقيم ٧- بخار ماء

٩-الأجهزة المستخدمة في المعاملات الميكانيكية للحليب:

يخضع الحليب الخام خلال عمليات تصنيعه إلى منتجات لبنية مختلفة إلى العديد من المعاملات الميكانيكية، كالتنقية من الشوائب الميكانيكية وطرد البكتريا فيزيائياً والتجنيس وتنظيم نسبة الدسم، لكل عملية من هذه العمليات أهدافها الخاصة ويستخدم فيها جهاز خاص. ويعتبر وجود هذه الأجهزة ضروري جداً في معمل الألبان وذلك لتحسين خواص الحليب وأهم هذه الأجهزة هي:

١- أجهزة تنقية الحليب من الشوائب الميكانيكية:

تهدف عملية تنقية الحليب إلى إزالة الأجسام الغريبة الموجودة في الحليب (قش- وبر- حشرات...)، حيث تكون هذه الأجسام ملوثة بشدة بالأحياء الدقيقة، وتؤدي إزالة هذه الشوائب إلى تحسين نوعية الحليب الميكروبيولوجية إضافة إلى تحسين المظهر العام للحليب الخام. وتتم هذه العملية بواسطة ترشيح الحليب عبر فلاتر أو مصافي خاصة وتتم غالباً في المزرعة من قبل المنتج لتحسين مظهر الحليب، أو عن طريق تنقيته بواسطة الفراز المنقي والتي تتم في معمل الألبان قبل تصنيع الحليب.

تتم عملية الترشيح والتنقية أثناء عملية نقل اللبن من أماكن إنتاجه إلى المصنع أو إلى أماكن التجميع. يتعرض الحليب للتلوث ببعض الشوائب، مما يؤدي إلى تغيير في خواص الحليب وصفاته، وللتخلص من هذه الشوائب غير المرغوب فيها تجرى له بعض العمليات مثل عمليات الترشيح والتنقية.

أ- **المرشحات:** وهي عبارة عن مصافي خاصة معدنية مصنوعة من الستانلس ستيل، يتراوح عدد الثقوب فيها من ٢٥ -١٠٠ ثقب في كل ١سم^{٢} من سطح المصفاة، قياس الثقوب يتراوح بين ٠,٥ - ١,٥مم. ويمكن استخدام قماش قطني رقيق ضيق الثقوب على أحد سطحيه زغب أو أقراص تثبت بإحكام على إطار معدني أو فوقف سطح معدني مثقب. في هذه الحالة يجب استخدام قماش قطني رقيق أو قطن جديد كل يوم ولا يجوز استخدام القماش أكثر من مرة في التصفية، لأن عملية غسيل وتعقيم هذا القماش يؤدي إلى انسداد الثقوب وتمزيق القماش مما يؤدي إلى تقليل كفاية عملية الترشيح. وتقسم المرشحات إلى نوعين:

١- مرشحات لترشيح الحليب على البارد: وفيها يرشح الحليب على درجة حرارة ١٠م$^{\circ}$ تحت ضغط معتدل، وتعتبر هذه الطريقة الأفضل لكون بعض الشوائب الميكانيكية غير ذائبة على درجة الحرارة المنخفضة مما يسهل عملية فصلها.

٢- مرشحات لترشيح الحليب على الساخن: وفيها يسخن الحليب لدرجة حرارة قدرها ٣٨ - ٥٠م$^{\circ}$ قبل مروره على المرشح وفي هذه الحالة يوضع المرشح بين وحدة التسخين الابتدائي والجزء الخاص بتسخين الحليب لدرجة حرارة البسترة.

وقد يستخدم لعملية الترشيح مرشحات (فلاتر)، وهي عبارة عن أجهزة محكمة الإغلاق يمر خلالها الحليب تحت ضغط معين بواسطة مضخات خاصة، ويفضل ترشيح الحليب وهو على درجة حرارة حوالي (100

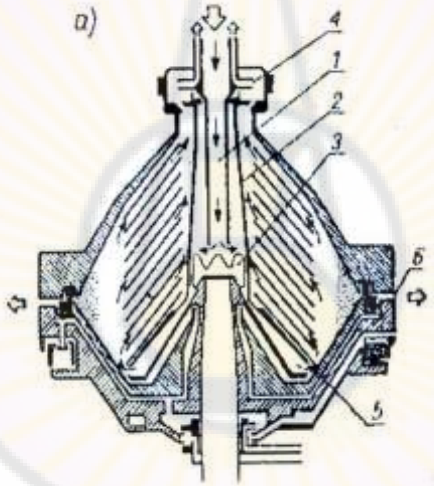
فهرنهايت أو 37.77مئوي)، إلا أنه في بعض الحالات الأخرى يتم ترشيحه على درجة حرارة حوالي (50 فهرنهايت أو 10 مئوي) حتى لا يحدث ذوبان للمواد المغذية به وبالتالي يسهل فصلها أثناء عملية الترشيح. وقد يكون جهاز الترشيح عبارة عن أسطوانة مزدوجة مثقبة بثقوب ذات أقطار معينة وتحتوي على فتحتين، السفلى مدخل لدفع الحليب تحت ضغط، والعليا للخروج منه، وقد يوجد بين جداري الأسطوانة المزدوجة قطعة من القماش ذات مسام معينة تسمح بمرور الحليب وترشيحه، ويجب إجراء عملية غسيل لجهاز الترشيح بعد كل عملية ترشيح حتى لا يحدث انسداد للثقوب وتقل كفاءتها. أما في حالة الحاجة لترشيح كميات كبيرة من الحليب يتم استخدام المرشحات المتعددة إذ يتم التبادل بينها، ففي الوقت الذي يحدث فيه الترشيح في وحدة معينة من الجهاز يتم تنظيف الوحدة الأخرى منه، وهذه العملية تتم غالباً بطريقة آلية بسرعة وسهولة. وتؤثر عملية الترشيح في صفات الحليب وفقاً للأمور التالية:

- عند إجراء عملية الترشيح باستعمال قماش مناسب يعمل الترشيح على حجز الشوائب التي يزيد قطرها عن 30 ميكرون، ولكن هذا لا يؤثر تأثيراً كبيراً في تكوين طبقة القشدة، كما لا يؤثر الترشيح تأثيراً كبيراً في البكتيريا الموجودة في الحليب، إلا أنه يحدث زيادة في عددها في بعض الحالات في حالة استخدام مرشحات غير معقمة جيداً.
- تأثير عملية الترشيح في البروتين تأثيراً ضعيفاً، إلا أن هذه العملية تساعد في إزالة بعض كريات الدم البيضاء والمواد الملوثة الظاهرية وإزالة بعض التجمعات البكتيرية ذات التجمعات الكبيرة، ويزداد هذا التأثير في حالة الترشيح على درجة حرارة أعلى.

ب-**المنقيات:** وهي عبارة عن أجهزة تشبه فرزات القشدة في مظهرها العام وفي مبدأ عملها حيث تعمل على إزالة الشوائب الميكانيكية الموجودة في الحليب والتي هي أثقل وزناً من مكونات الحليب وذلك بفعل قوة الطرد المركزي.

وتتم عملية التنقية بإمرار الحليب في جهاز يسمى المنقي Clarifier، ويعمل وفق نظرية الطرد المركزي في إزالة الملوثات. ويعد هذا الجهاز أكثر كفاءة من المرشحات في إزالة الشوائب وفي تقليل محتوى الحليب من الميكروبات، وعادة يمرر الحليب في المنقي على درجة حرارة 60° فهرنهايت. وهي غالباً عبارة عن أجهزة طرد مركزي مثل الفراز ولكن تختلف في بعض النواحي، حيث أنها ذات مأخذ واحد لخروج الحليب وتكون صحون أجهزة المنقيات غير مثقبة، أما في حالة الفراز فالصحون تكون مثقبة وله فتحتان الفراغ بين الصحون في المنقيات يكون كبير نسبياً وسرعة الدوران أقل حوالي 2000 دورة في الدقيقة، أما في حالة الفراز تكون حوالي 4500 دورة في الدقيقة، حيث يساعد على تجميع الشوائب الموجودة في الحليب وتنقيته. ويتكون أثناء الدوران وحل وهو عبارة عن المركبات غير الذائبة الموجودة في الحليب بما فيها بعض الخلايا البيضاء والحمراء وبعض الخلايا الإفرازية وبعض المجموعات الميكروبية ونسبة بسيطة من دهن الحليب،

وهذا الوحل المتكون يختلف حسب تركيب الحليب، درجة نظافته، أنواع وعدد المجموعات الميكروبية، حموضة الحليب، درجة حرارة التنقية، سرعة المنقي. ويفضل إجراء عملية التنقية على 90 فهرنهايت (32.22 مئوي)، حيث أن زيادتها تؤثر في تكوين طبقة القشدة. ويتركب هذا الوحل غالباً من 60 – 70% ماء وحوالي 0.1 – 10% بروتين، 0.5 – 1% دهن، وفي بعض الحالات يميل لون هذا الوحل إلى الاحمرار في حالة الإصابة بمرض التهاب الضرع وزيادة عدد كريات الدم أو في نهاية موسم الحليب. كما يحتوي وحل الفراز على ٢٠–٥٠% من الأحياء الدقيقة الموجودة في الحليب لتنظيف الفراز من الوحل يتم إيقاف الفراز كل ٢,٥–٣ ساعات عمل وتنظيفه بشكل يدوي، **أما الفرازات ذات النظام الآلي** للتنظيف فتقوم تلقائياً بتنظيف نفسها عن طريق نفث هذا الوحل من خلال صمامات تفتح وتغلق أوتوماتيكياً إلى خارج الفراز والشكل (١٠) يوضح بنية مخروط المنقي ذاتي التنظيف.



شكل (١٠) بنية مخروط الفراز المنقي آلي التنظيف

١– دخول الحليب ٢– الموزع ٣– صامولة شد ٤– خروج الحليب ٥– قاعدة المخروط ٦– خروج وحل الفراز

لعملية التنقية تأثير في صفات الحليب، وهو موضح في النقاط التالية:

أ– تؤدي إلى فصل كريات الدم البيضاء والحمراء والخلايا الإفرازية والمجموعات الميكروبية، إلا أنه قد يحدث زيادة في بعض المجموعات الميكروبية بعد عملية التنقية بسبب حدوث تفكك لهذه المجموعات أثناء عملية التنقية، ويلاحظ ذلك في العدد الكلي في صحون المنقي.

ب– يؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى زيادة في فقد الدهن في وحل المنقي أثناء عملية التنقية نظراً لحدوث تجمع لحبيبات الدهن.

ت- في بعض الحالات، يتعرض الحليب الذي تتم له عملية تنقية زيادة في معدل تكوين الحموضة بطريقة أسرع، وذلك نتيجة لتأثيرها في تفكك بعض المجموعات الميكروبية وبالتالي سرعة نشاطها، وتأثيرها أيضاً في إزالة بعض المواد الضارة وخروجها في وحل المنقي.

هناك العديد من العوامل المؤثرة في عملية التنقية، نذكر منها:

- درجة الحرارة: يؤثر ارتفاع درجة الحرارة في لزوجة الحليب، وؤثر في خواصه الطبيعية والكيمائية، وأفضل درجة حرارة للتنقية هي 90 فهرنهايت.
- حموضة الحليب: تؤثر الحموضة في لزوجة الحليب وفي المكونات الذائبة وغير الذائبة في بعض الأحيان فإن ارتفاع الحموضة لدرجة عالية يؤدي إلى سرعة في تجبن الحليب وانسداد فتحة المنقي وتكوين كتل بنية يتم فصلها مع وحل المنقي أثناء تشغيله. ولذلك يجب التحكم في حموضة الحليب قبل إجراء عملية التنقية. ويفضل إجراء عملية التنقية قبل عملية البسترة حتى تقوم عملية البسترة بالقضاء على الميكروبات التي ازدادت أثناء التنقية.

٢- **الفرز:**

من أولى عمليات معالجة الحليب الخام السائل هي عملية فصل القشدة عن الحليب، حيث يحتوي الحليب على 4% دهن على شكل كريات مجهرية قطرها 1-4 ميكرومتر، محاطة بغشاء مستقر جزئياً. تكون المكونات الأخرى مشتتة (مثل مذيلات الكازئين، 2.5% على أساس الوزن الرطب للحليب)، أو منحلة (مثل اللاكتوز، 4.6% على أساس الوزن الرطب للحليب الخام، بروتينات المصل 0.8%)، إضافة إلى الماء 87- 88% من وزن الحليب الخام كمذيب (محل). ويعتبر الطور المائي هو حليب الفرز الخالي من الدسم والمنتج تجارياً. وتتم عملية الفرز عملياً وفق طريقتين، الطريقة الأولى تقليدية تعتمد على الفصل بالجاذبية الأرضية والثانية تعتمد بشكل أساسي على القوة الطاردة المركزية وهي من أكثر الطرائق شيوعاً لسهولتها.

٢-١- **فصل دسم الحليب عن طريق الجاذبية الأرضية:** تعتمد هذه الطريقة على الجاذبية الأرضية والتي تتناسب طرداً مع كثافة المواد. وبما أن كثافة الحليب الفرز أعلى من كثافة الدسم، فإنه يتم فصل الدسم إذا ترك الحليب ساكناً لمدة من الزمن، حيث تتجمع القشدة على السطح. تتم هذه العملية في أوان مسطحة أو عميقة، ولكن يعاب على هذه الطريقة:

- تشغل حيزاً كبيراً.
- تحتاج إلى درجات حرارة منخفضة (جو بارد) طوال المدة اللازمة لتكوين طبقة القشدة.
- التلوث الميكروبي.
- ارتفاع حموضة القشدة الناتجة.

- الفقد في نسبة الدسم وعدم القدرة على التحكم في نسبة الدسم.

من الناحية العملية، العوامل التي تؤثر في معدل ارتفاع الدهون في طريقة الفصل بالجاذبية هي:

* حجم كريات الدهون: مع زيادة حجم كريات الدهون، يزداد أيضاً معدل ارتفاع الدهون، وبالتالي الكريات الدهنية الأكبر ترتفع بشكل أسرع من الكريات الأصغر.
* درجة الحرارة: مع زيادة درجة الحرارة، تنخفض اللزوجة.
* التكتل: يؤدي تكتل حبيبات الدهن إلى تحرك حبيبات الدهن على شكل كرة واحدة، بقدر ما يتعلق الأمر بالحركة عبر الحليب خالي الدسم. وبذلك يتم زيادة "r" الفعالة، والتي بدورها تزيد السرعة، كما هو موضح أدناه

Effect of size of fat globules on its rate of rise

Diameter of fat globule or cluster (μm)	Rate of rise (mm/h)
3.2	1.26
41	242

طرائق فصل القشدة باستخدام الجاذبية:

- **طريقة الأوعية قليلة العمق –الضحلة (Shallow Pan)**: بوضع الحليب في أوعية ذات عمق ١٠ سم وقطر ٤٥–٦٠ سم عند ٧ درجات مئوية لمدة ٢٤ ساعة. خلال هذا الوقت، ترتفع القشدة إلى السطح.
- **طريقة الأوعية العميقة (Deep Pan)**: يوضع الحليب في أوعية بعمق ٢٠ بوصة وقطر ٨ إلى ١٢ بوصة عند ١٠ درجات مئوية لمدة ٢٤ ساعة. تحتوي هذه الأوعية الطويلة على زجاج من جانب واحد من فقط وصنبور موضوع بالقرب من القاع. يتم سحب الحليب منزوع الدسم من خلال الصنبور.
- **طريقة التخفيف بالماء (Water Dilution)**: يخفف الحليب بالماء ويترك لمدة ١٢ ساعة عند درجة حرارة ٣٧,٧ درجة مئوية. حيث يجعل الماء الحليب أقل لزوجة، وبالتالي يسهل ارتفاع كريات الدهون.
- **طريقة التسخين (Scalding Method)**: يؤدي تسخين وتبريد الحليب ببطء إلى تكوين طبقة قشدية على سطح الحليب.
- **طريقة التسخين (Jersey Creamery Method)**: يسخن الحليب إلى ٤٠ درجة مئوية باستخدام الماء الساخن في وعاء مزدوج الجدران ثم يبرد إلى ١٠ درجة مئوية باستخدام الماء البارد بدلاً من الماء الساخن في جدران الوعاء. سيتم فصل القشدة بسرعة عند التبريد، مباشرة بعد تسخين الحليب، عن طريق زيادة الاختلاف في كثافة دهن الحليب وحليب الفرز.

نظرا لكون طريقة الجاذبية بطيئة جداً، لم تعد تُستخدم تجارياً لفصل القشدة.

٢–٢– فصل دسم الحليب بقوة الطرد المركزي:

تعتمد هذه الطريقة بشكل أساسي على القوة الطاردة المركزية، ويستخدم لهذا الغرض أجهزة خاصة تسمى الفرازات، وهي ذات أشكال وأحجام مختلفة إلا أن مبدأ عملها واحد.

لا تشمل عملية الفرز بالطرد المركزي فصل أو تعديل نسبة الدهن فقط، بل تشمل أيضاً إزالة وفصل الشوائب الصلبة عن الحليب قبل البسترة وفصل دهن الحليب اللامائي عن الطور المائي المتبقي.

يعتمد مبدأ الطرد المركزي على قانون ستوكس Stokes، حيث تزداد سرعة ترسيب الجسيمات مع زيادة قطرها مما يؤدي إلى زيادة الاختلاف في الكثافة بين المرحلتين المنفصلة والمستمرة، مما يزيد من سرعة دوران جهاز الطرد المركزي وتقليل لزوجة المرحلة المستمرة.

يخضع الحليب للجاذبية وقوة الطرد المركزي. تعادل قوة الطرد المركزي حوالي 3000 إلى 6000 مرة أكثر من قوة الجاذبية. تختلف الدهون (0.9) والحليب خالي الدسم (1.037) في جاذبيتهما النوعية. عندما يتعرض الحليب خالي الدسم والدهون لقوة الطرد المركزي، فإن الاختلاف في الكثافة يؤثر في الدهون (الجزء الأخف) والحليب خالي الدسم (الجزء الأثقل)، لذلك يُجبر الحليب خالي الدسم بالتحرك باتجاه محيط الجهاز نحو الخارج وتتحرك الدهون (القشدة) نحو المركز. يتشكل الحليب خالي الدسم والقشدة ضمن مسارات عمودية منفصلة داخل الجهاز ويخرج من خلال منافذ منفصلة بالقرب من محور الدوران. مخرج القشدة أعلى من مخرج الحليب خالي الدسم، ويتم تقدير معدل أو حركة كريات الدهن في الجهاز باتباع معادلة ستوك.

قانون ستوك:

$$V = (2/9) * Gr^2 * (ds - df) / \eta$$

V = معدل ارتفاع الكريات الدهنية بالسنتيمتر في الثانية، r = نصف قطر الكريات الدهنية، G = قوة الجاذبية (981 dynes)، **η** = لزوجة الحليب خالي الدسم، ds = كثافة الحليب خالي الدسم، df = كثافة الكريات الدهنية.

من قانون ستوك يلاحظ أن السرعة تزداد نظرياً مع:

أ. زيادة نصف قطر الكريات الدهنية

ب. زيادة الاختلاف في كثافة الحليب خالي الدسم والدهون

ج. انخفاض لزوجة الحليب خالي الدسم

سرعة طفو الحبيبات الدهنية:

يبلغ قطر الحبيبات الدهنية (2 ميكرون=$2x10^{-6}$ م)، كثافة الحليب 1032 كغ/م^3، كثافة الدهن 926 كغ/م^3، لزوجة الحليب $1.42x10^{-3}$ كغ/م.ثانية. تحسب السرعة النهائية (terminal velocity) من العلاقة التالية:

$$vt = d^2 (\rho p - \rho f) g /18\eta$$

$$Vt=((2x10^{-6})^2x(1032-926)x(981))/(18x1.42x10^{-3})$$

$$Vt= 1.63x10^{-7}\ m/s$$

$$Vt= 1.63x10^{-7}\ (m/s)\ X\ 1000(mm/m)x3600(s/hr)= 0.59\ mm/hr$$

هذه النتيجة تؤكد في حال وجود الكريات الدهنية في وعاء فإن الحبيبات الدهنية سوف تطفو باتجاه الأعلى بشكل بطيء جداً ولكن الدهون ستنتقل للطبقة العلوية.

تزداد سرعة (معدل) فصل القشدة من خلال: زيادة نصف قطر كريات الدهن، زيادة السرعة في الوعاء، زيادة الفرق في الكثافة بين الحليب خالي الدسم والدهون، انخفاض لزوجة الحليب خالي الدسم، حجم الوعاء كبير.

تتكون أجهزة الطرد المركزي (أو أجهزة الفصل) المستخدمة لفصل الحليب بالتدفق المستمر من 120 قرصاً متراصة فوق بعضها البعض بزاوية 45 – 60 درجة، ويفصل بينها فجوة أو قناة فصل 0.4 – 2 مم (الشكل 11). وتحتوي هذه الأقراص أو الصحون على فتحات لتوزيع الحليب محاذية لبعضها البعض رأسياً، حيث يدخل الحليب من الجزء السفلي أو من المدخل العلوي، حيث يمر الحليب من خلال المركز إلى أسفل الجهاز ليدخل بعدها قنوات التوزيع تحت تأثير القوة الطاردة المركزية.

تجبر كريات الدهن تحت تأثير الطرد المركزي، وهي الأقل كثافة من الحليب خالي الدسم على التحرك إلى داخل قنوات الفصل باتجاه محور الدوران. ويتم التحكم في محتوى الدسم في الكريما بواسطة صمام خانق تم ضبطه للسماح بجزء متغير من القشدة بالمرور من خلال منفذ الكريما. ويتحرك الحليب منزوع الدسم إلى خارج الأقراص من خلال منفذ منفصل. ويمكن إجراء عملية فصل الدسم والتنقية في نفس الوقت باستخدام جهاز طرد مركزي واحد.

يتم إلقاء الجسيمات الأكثر كثافة من المرحلة المائية إلى الخارج باتجاه المحيط الداخلي لوعاء الطرد المركزي. تتكون المواد الصلبة التي تتجمع في جهاز الطرد المركزي من الخلايا الظهارية والكريات البيض من الغدة الثديية (الخلايا الجسدية)، البكتيريا، الرواسب وقطع صغيرة أخرى من الملوثات. تختلف كمية المواد الصلبة التي يتم تجميعها؛ ومع ذلك، يجب إزالتها من جهاز الطرد المركزي.

تكون أجهزة الطرد المركزي الحديثة ذاتية التنظيف، مما يسمح بعملية فرز وترشيح مستمرة. يتكون هذا النوع من وعاء مصمم خصيصاً مع فتحات تفريغ محيطية، إذ يتم إغلاق هذه الفتحات تحت تأثير الضغط مع التحرير المؤقت للضغط لمدة 0.15 ثانية، حيث يتم تفريغ محتويات الراسب. وهذا يعني أنه من الممكن تفريغ ما يقارب 8–25 لتراً خلال 60 دقيقة.

من مميزات استعمال الفرازات نذكر ما يلي:

- فرز كميات كبيرة من الحليب خلال مدة زمنية قصيرة جداً.
- لا يشغل الفراز مساحة كبيرة في المعمل.

- الفاقد من الدسم في الحليب الفرز ضئيل فهو لا يتجاوز ٠,١%.
- انخفاض حموضة القشدة وحليب الفرز الناتجين وطزاجتهما.
- يمكن التحكم بنسبة الدسم في القشدة الناتجة.
- يمكن الحصول على قشدة وحليب فرز أكثر نظافة مقارنة مع الطرائق التقليدية، إذ يتم طرد الشوائب والبكتيريا ويتم التخلص منها على شكل وحل الفراز.

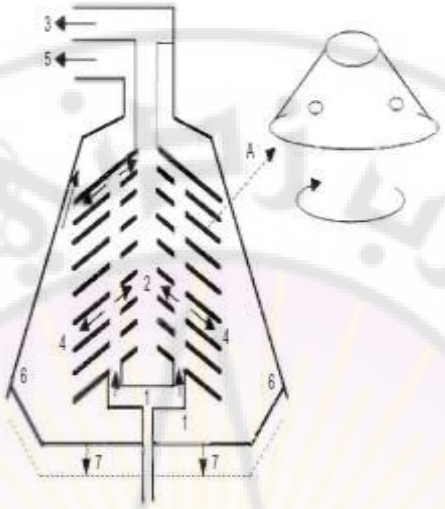
من مزايا استخدام الفرازات مقارنة مع الطريقة التقليدية نذكر التالي:

- توفر الفرازات الوقت وتخفض التكاليف.
- صغر المساحة التي تشغلها الفرازات مقارنة مع الطريقة التقليدية التي تحتاج إلى مساحات واسعة لأوني الترقيد.
- يمكن التحكم في نسبة الدسم في القشدة الناتجة بهولة وحسب الطلب.
- انخفاض الفاقد من الدسم في حليب الفرز.
- القشدة الناتجة تكون طازجة ومتجانسة وذات صفات أفضل من القشدة المستحصل عليها بطريقة الترقيد، ويمكن استخدامها لأغراض متنوعة.
- يكون حليب الفرز الناتج طازجاً ويمكن الاستفادة منه في الكثير من الاستعمالات على عكس الحليب الناتج من ترقيد الحليب إذ يكون مرتفع الحموضة ولا يصلح إلا لصناعة جبن القريش.
- يمكن استعمال طريقة الفرز على مدار السنة، في حين أن الترقيد لا يلائمها الجو الحار حيث يتجبن الحليب قبل أن تنفصل القشدة تماماً.

يوضح الجدول التالي الفروقات بين الطريقتين:

	طريقة الجاذبية	**طريقة الطرد المركزي**
طبيعة القوة المسببة للانفصال	قوة الجاذبية	قوة الطرد المركزي
سرعة الفصل	بطيء للغاية	عملياً لحظية
اتجاه حركة الدهون وجزيئات الحليب منزوع الدسم	عمودي	أفقي
الجودة البكتريولوجية للقشدة أو الحليب الخالي من الدسم	قليل	مرتفع
نسبة الدهون المسترجعة في القشدة	لا يزيد عن ٩٠	٩٩-٩٩,٥
نسبة الدهن في القشدة	١٠-٢٥٪ فقط	١٨-٨٥٪
مقياس العملية	صغير	كبير
حليب الفرز	٠,٢٪ كحد أقصى	٠,١ أو أقل

يبين الشكل (١١) رسم تخطيطي لفصل الحليب باستخدام الطرد المركزي، يوضح المخروط الدوار وتدفق الحليب بين الأقراص لإنتاج القشدة والحليب خالي الدسم.



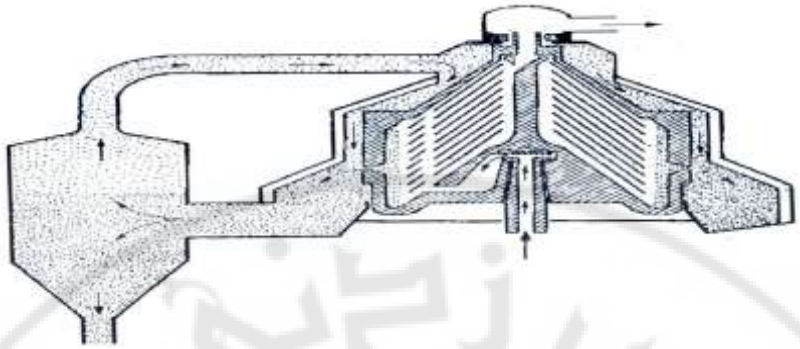
الشكل (١١): رسم تخطيطي لفصل الحليب باستخدام الطرد المركزي

١. مدخل الحليب كامل الدسم إلى قناة التوزيع من الأسفل.
٢. كريات دهنية تتحرك إلى الداخل، يحملها بعض الحليب الخالي من الدسم لتشكيل القشدة.
٣. مخرج القشدة.
٤. يتحرك الحليب الخالي من الدسم للخارج ولأعلى القرص الصلب.
٥. منفذ القشدة.
٦. خلية الوحل (الرواسب).
٧. التحرير الدوري اللحظي لمسببات ضغط الوعاء لفتح خلية الوحل ولتخلص من الوحل أو الرواسب (٦).

يجب إعادة توحيد تيارات الحليب خالي الدسم والقشدة بعد الفصل للوصول إلى مستوى محدد من الدسم لصناعة منتجات الألبان السائلة (يتراوح محتوى الدسم من ١% إلى ٣٥%). يمكن تحقيق ذلك عن طريق خلط جزء من القشدة مع الحليب من خلال صمام خلط يمكن التحكم فيه. وباستخدام هذا النوع، يمكن تعديل محتوى الدسم إلى المستوى المطلوب تلقائياً.

٣-طارد البكتيريا:

هو عبارة عن فراز ذو سرعة دوران عالية جداً ١٥-٢٠ ألف دورة في الدقيقة. صمم خصيصاً لإزالة البكتريا من الحليب. يقوم مبدأ عمل هذا الفراز على الاستفادة من الفرق في الكثافة ما بين الأحياء الدقيقة والحليب حيث تطرد البكتريا وبخاصة ذات الوزن الجزيئي المرتفع والمشكلة للأبواغ بقوة الطرد المركزي بعيداً عن محور الدوران وتتجمع في خلية خاصة موجودة في الفراز (خلية تجميع الوحل). ويبين الشكل (١٢) بنية مخروط الفراز طارد البكتريا.



شكل (١٢) بنية مخروط الفراز طارد البكتريا

١- دخول الحليب ٢- خروج الحليب ٣- خروج الحليب المحمل بالبكتريا

تستخدم هذه المعاملة بشكل خاص لتحسين صفات الحليب المعد لصناعة الأجبان القاسية (المنضجة) حيث أن البكتريا المتبوغة وبخاصة الجنس Clostridium تسبب انفجار القوالب المتأخر وذلك نتيجة لتخميرها سكر اللاكتوز وحمض اللبن وتشكيل الـ CO_2 وH_2، وتعد أبواغ هذه البكتريا هي الأثقل وزناً من مكونات الحليب وبالتالي يمكن إزالتها بواسطة الفراز طارد البكتريا في حين أنها لا تتلف بدرجات حرارة البسترة وبنفس الوقت لا يمكن رفع درجة حرارة البسترة للقضاء عليها نظراً لما للحرارة العالية من تأثير ضار على خواص التجبن، كما تستخدم هذه المعاملة لزيادة أثر البسترة والتعقيم وخاصة عند تصنيع الحليب المجفف الخاص لتغذية الأطفال. وتتم عملية طرد البكتريا بواسطة طارد البكتريا وفقاً للخطوات التالية:

١- تنقية الحليب الخام بواسطة الفراز المنقي على درجة حرارة حوالي ٤٥°م.

٢- بسترة الحليب على درجة حرارة ٧٢°م /١٥ثا.

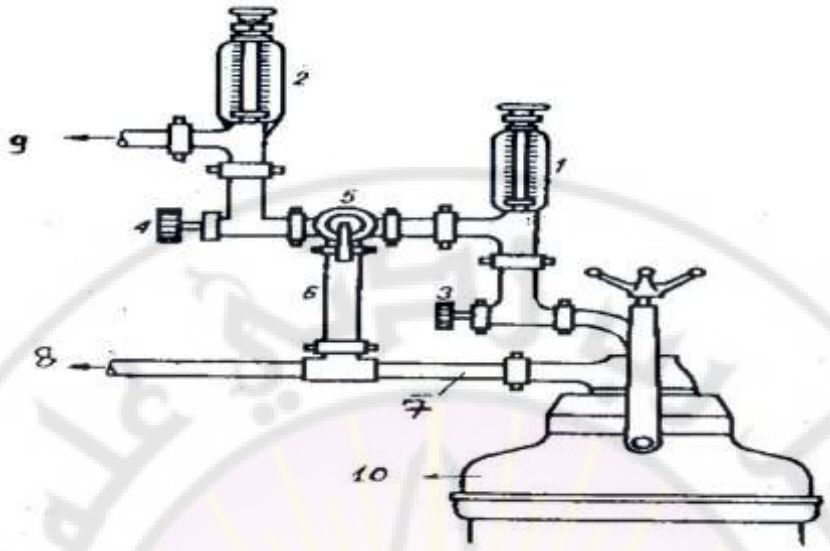
٣- تمرير الحليب المبستر على الفراز طارد البكتريا فيتم تخليصه من ٩٠% من الأحياء الدقيقة الموجودة فيه إضافة إلى تخليصه من كل الأبواغ.

٤- تبلغ نسبة الجزء المزال من الحليب مع الأحياء الدقيقة حوالي ٢-٣% من كمية الحليب الأولية تخضع هذه الكمية إلى تخلية تحت تفريغ للتخلص من الهواء ثم يخضع إلى عملية تعقيم على درجة حرارة ١٣٠-١٤٠°م ثم يخلط مع الحليب الأصلي فيعود إلى تركيبه الأساسية.

٤- ضبط نسبة الدسم في الحليب بشكل مستمر:

يجب أن يحتوي الحليب المبستر أو المعقم المعد للشرب على نسبة معينة وثابتة من الدهن بشكل دائم، هذه النسبة تحددها المواصفات القياسية للمنتج حسب نوع الحليب.

يملك الحليب المورد إلى معمل الألبان عادة نسبة من الدهن أعلى من النسبة المطلوبة في حليب الشرب لذا يلجأ المعمل إلى ضبط نسبة الدسم هذه حسب الطلب. يستعمل لهذا الغرض فراز خاص يعمل على تنقية الحليب من الشوائب الميكانيكية وبنفس الوقت يقوم بضبط نسبة الدسم في الحليب، ويوضح الشكل (١٣) مخططا لجهاز ضبط نسبة الدسم في الحليب بشكل مستمر.



شكل (١٣) يوضح مخططا لجهاز ضبط نسبة الدسم في الحليب بشكل مستمر

١- مقياس كمية القشدة المتدفقة من الفراز ٢- مقياس كمية القشدة المارة وبشكل مستمر إلى الخارج ٣- صمام خانق لتنظيم ضغط جريان القشدة ونسبة الدسم ٤- صمام خانق لتنظيم كمية القشدة المدفوعة إلى حليب الفرز ٥- صمام خلط ثلاثي الاتجاهات. ٦- أنبوبة توصيل القشدة الى حليب الفرز.٧- أنبوبة مرور حليب الفرز ٨- خروج الحليب مضبوط نسبة الدسم .٩- خروج القشدة الزائدة ١٠- فراز

هذا ويمكن للمعمل أن يضبط نسبة الدسم في الحليب بطرق حسابية عن طريق خلط حليب الفرز مع الحليب كامل الدسم لخفض نسبة الدسم في الحليب أو عن طريق خلط القشدة مع الحليب كامل الدسم لرفع نسبة الدسم فيه.

٥- التجنيس Homogenization:

تعتبر عملية تجنيس الحليب من العمليات التكنولوجية الهامة والضرورية في كثير من الصناعات اللبنية كالحليب المبستر والمعقم والقشدة والحليب المكثف والمجفف والبوظة.

الحليب هو عبارة عن مستحلب الدهن في الماء. تكون الحبيبات الدهنية مشتتة في المرحلة المستمرة (حليب الفرز)، حيث أنه إذا ترك الحليب الخام البارد لفترة من الزمن فإن الحبيبات الدهنية ترتفع للأعلى بفعل فرق الكثافة وتشكل طبقة دهنية (القشدة).

يعرَف الحليب المجنس طبقاً للقانون الأمريكي بأنه ذلك الحليب الذي تعرض للمعاملة التي بموجبها يتم تفتيت حبيبات الدهن للدرجة التي تسمح بعدم صعود أو ظهور طبقة قشدة مرئية إذا ما خزن الحليب في حالة سكون لمدة٤٨ ساعة على درجة ٤٥°م، والنسبة المئوية للدهن في العينة المأخوذة من العشر العلوي لا تزيد عن أكثر من ١٠% عن النسبة المئوية للدهن المتبقي في الحليب، وقد خفضت النسبة المئوية في السنوات الأخيرة لكي لا تزيد عن ٥%.

التجنيس باختصار هو عملية ميكانيكية يتم بموجبها دفع الحليب تحت ضغط مرتفع وبسرعة كبيرة تؤدي إلى تفتيت جزئيات الدهن محدثة تغيرات في الخواص الطبيعية للناتج، تؤدي إلى تصغير متوسط قطر حبيبات الدهن من ١٠-١٥ ميكرون، إلى أقطار لا تتجاوز ٢ ميكرون، وبفضل تلك العملية يتم توزيع منتظم للدسم في الحليب مما يعطي طعماً دسماً وغنياً للحليب إضافة إلى الحد من سرعة طفو هذا الحبيبات على سطح الحليب وتشكيل القشدة.. ويتوقف ذلك على الضغط المستخدم، ويلاحظ أن درجة حرارة التخزين وطول مدة التخزين للمنتج تحدد درجة التجنيس التي يجب أن يتعرض لها الحليب.

نظريات التجنيس:

ميكانيكية عملية التجنيس غير واضحة تماماً، وقد اقترحت عدة نظريات لتفسيرها من أهمها:

1. نظرية التجزئة تحت ضغط **Shearing Theory:** وفي هذه النظرية يعتقد أن حبيبات الدهن عندما تدفع بسرعة كبيرة قد تصل إلى٣٠٠٠-٦٠٠٠ قدم/ثانية خلال فتحة ضيقة فإنها تجزأ إلى حبيبات صغيرة نتيجة لاصطدامها على جدران صمام المجنس.

2. نظرية الانفجار **Explosion Theory:** ويعتقد أن حبيبات الدهن تتجزأ لحبيبات صغيرة نتيجة الانخفاض المفاجئ في الضغط المرتفع الذي تتعرض له الحبيبات عندما تترك صمام التجنيس.

3. نظرية إضعاف حبيبات الدهن وتجزئتها نتيجة التمدد **Unstable fat theread forma or Attenustian:** ويعتقد أن حبيبات الدهن تتجزأ نتيجة تمددها درجة كبيرة تفوق حدود مطاطيتها نتيجة للضغط الواقع عليها في عملية التجنيس.

4. نظرية التفتيت **Shattering Theory:** وقد تسمى **Impact Theory** وهي مشابهة للنظرية الأولى، حيث يعتقد أن حبيبات الدهن تتجزأ نتيجة تصادمها بجسم صلب (جدار صمام التجنيس) عند تحركها بسرعة كبيرة ضد هذا الجسم.

أنواع أجهزة التجنيس ومبدأ عملها:

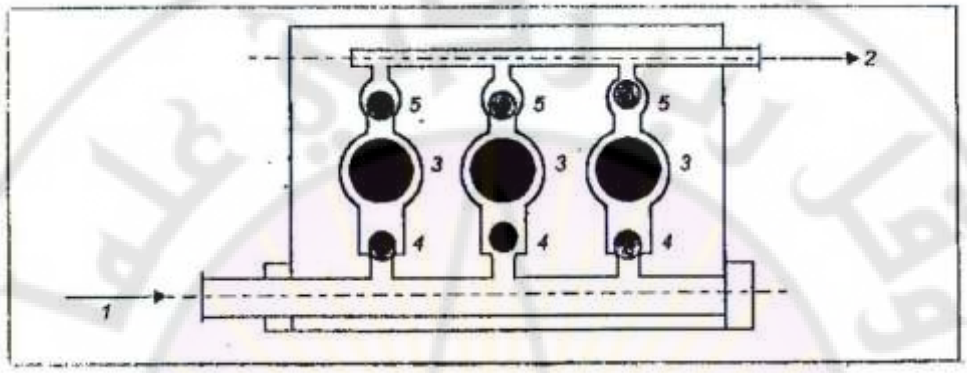
يستخدم عادة في مصانع الألبان ثلاثة نماذج مختلفة من المجنسات وذلك حسب مبدأ عملها:

١- المجنسات الميكانيكية:

تم اختراع التجنيس عام 1899م من قبل أوغست غولين، إذ استخدم مضخة بثلاث أسطوانات لدفع الحليب تحت ضغط عالٍ من خلال فتحة ضيقة أكبر قليلاً من حجم حبيبات الدهن، وتبلغ سرعة مرور الحليب من هذه الفتحة 100-250 م/ثانية، تحت تأثير ضغط مرتفع قد يصل إلى (١٠٠ كغ /سم^{٢})، حيث يصطدم بصمام التجنيس ويتابع سيره عبر الفراغ الصغير (أقل من ٢ ميكرون) المتشكل ما بين مخروط صمام التجنيس والجدار الداخلي لهيكل رأس المجنس، وهذا يؤدي إلى إحداث إجهاد قص عالٍ وتفريغ، مما يسبب تغيراً في شكل الحبيبة الدهنية وتحطمها لأجزاء أصغر حجماً، وبالتالي يعمل على منع

تجمع الحبيبات الدهنية من جهة ومنع صعودها للسطح من جهة أخرى. ونتيجة لانخفاض الضغط مباشرة ما بعد صمام التجنيس فان حبيبات الدهن هذه تتبعثر في الحليب.

هناك نوعان من المجنسات، الأول مجنسات تعمل تحت ضغط مرتفع والثاني مجنسات تعمل تحت ضغط منخفض. يوضح الشكل (١٤) مخططاً لعمل المضخة في المجنس الميكانيكي.



شكل (١٤) يوضح مخطط عمل المضخة ثلاثية الدفع

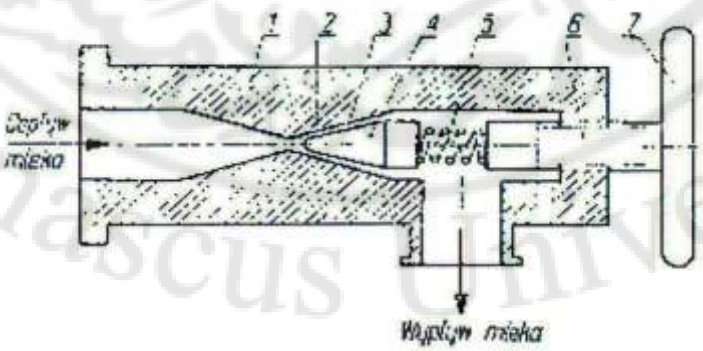
١- دخول الحليب ٢- خروج الحليب ٣- دفع ٤- صمامات ماصة ٥- صمامات دفع

تختلف المجنسات الميكانيكية في شكلها العام وفي شكل الصمامات وتصميمها إلا أنها تتفق جميعها من حيث مبدأ عملها وهو إمرار الحليب خلال فتحة ضيقة تحت ضغط عال مما يؤدي اصطدامها بصمام التجنيس وتفتيت حبيبات الدهن، وبشكل عام يتكون المجنس الميكانيكي من الأقسام التالية:

١- جسم المجنس ويشمل المحرك وجميع الأجهزة اللازمة لعمل المجنس.

٢- رأس المجنس وهو الجزء الأهم والذي تتم فيه عملية التجنيس.

يبين الشكل (١٥) مقطعاً في رأس المجنس نموذج Gaulin.



شكل (١٥) مقطع في رأس المجنس نموذج Gaulin

١- جدار خارجي ٢- جدار داخلي ٣- فراغ ٤- صمام تجنيس ٥- نابض ٦- برغي ٧- ذراع لشد النابض وبالتالي المخروط ٨- دخول الحليب ٩- خروج الحليب

بيَن العالم Wittig أنَ عملية التجنيس تتم نتيجة للانخفاض المفاجئ لسرعة الحليب من ٢٠٠م/ ثا إلى ٢٠ م/ ثا، وكذلك لانخفاض الضغط لحظة مرور الحليب خلال الفتحة الضيقة لرأس المجنس، حيث أن الاحتكاك والتصادم السريع للحبيبات الدهنية مع جدران الصمام يسبب انضغاط الحبيبات الدهنية أولاً بحيث يصبح بشكل خيوط، ثم تنفصل الى حلقات ثم تتجمع الحبيبات الصغيرة، ثم تتبعثر في الحليب. وتستغرق عملية التجنيس وقتاً قصيراً جداً ١/٢٠٠٠٠ ثانية وتتم هذه العملية على درجة حرارة (٦٠- ٦٥م°) وأثناء التجنيس ترتفع درجة حرارة الحليب حوالي ٨ درجات مئوية مما يؤدي إلى الوصول إلى درجة حرارة البسترة تقريباً.يستخدم عادة ضغط قدره (١٢٠-٢٠٠) ضغط جوي عند تجنيس الحليب. ويرتفع هذا الضغط إلى حوالي (٢٠٠- ٣٠٠) ضغط جوي عند تجنيس القشدة . ويوضح الشكل (١٦) تغير شكل الحبيبات الدهنية أثناء عملية التجنيس الميكانيكي.

الشكل (١٦) يوضح تغير شكل الحبيبات الدهنية أثناء عملية التجنيس الميكانيكي .

a- الشكل الأولي للحبيبة الدهنية b- طور الانضغاط

c- انفصال الحلقات d- حالة التجنيس الكامل

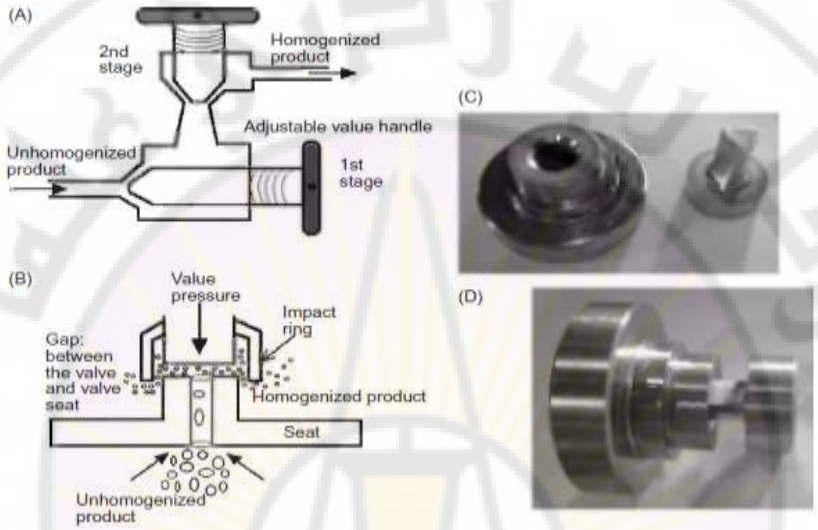
بيَن Douglas Goff في عام 2013م، أنَ التجنيس هو عملية ميكانيكية تتعرض لها حبيبات الدهن في الحليب، وتتم عملية التجنيس بتمرير الحليب الساخن تحت ضغط مرتفع من خلال فتحات صغيرة جداً، ويؤدي ذلك لانخفاض متوسط قطر الحبيبة الدهنية وزيادة عددها ومساحة سطحها وتوزيعها في الحليب بشكل متجانس وزيادة كثافة الحبيبات الدهنية بسبب امتزاز البروتينات على سطح الحبيبة الدهنية. تعمل البسترة على تثبيط إنزيم الغلوبيولين الذي يساعد في تجميع الحبيبات الدهنية. ومن الناحية العملية، التجنيس هو انخفاض ميل حبيبات الدهن إلى التجمع.

وفقاً لرأي Douglas Goff، تساهم ثلاثة عوامل في تعزيز استقرار الحليب المجانس وهي:

- انخفاض متوسط قطر حبيبات الدهن (عامل في قانون ستوكس، التنقية، الفصل، التوحيد).
- انخفاض حجم توزيع حبيبات الدهن (يساهم هذا في أن تكون سرعة الارتفاع مماثلة لغالبية الكريات بحيث لا تميل للتكتل وتشكل القشدة).
- زيادة كثافة حبيبات الدهن (تجعلها أقرب إلى كثافة المرحلة المستمرة).

إضافة إلى ذلك، تعمل البسترة الحرارية على تعطيل نشاط معقد الغلوبيولين المبرد Cryo-globulin complex، الذي يميل إلى تجميع الحبيبات الدهنية ويؤدي إلى ارتفاعها إلى السطح.

بين Douglas Goff أنَ المجانس يتكون بشكل أساسي من مضخة مزودة بثلاث أسطوانات ذات إزاحة موجبة وصمام التجنيس (الشكل ١٧). وتكون طاقة المجنسات الحديثة حوالي 20 ليتر / ساعة، ويبلغ ضغط التشغيل حوالي 12–16 ميغا باسكال. عادة تكون المضخة ذات الطاقة الكبيرة مطلوبة لدفع الحليب عبر الفتحة الصغيرة لصمام التجنيس، مما يؤدي إلى تقييد التدفق بشكل كبير جداً.



الشكل (١٧): صمام تجنيس منتجات الألبان. (A) تدفق المنتج من خلال مجموعة الصمام، يظهر دخول المنتج غير المتجانس الوارد من المضخة والذي يمر عبر المرحلتين الأولى والثانية قبل الخروج. (B) رسم تخطيطي لصمام التجنيس. (C و D) صور صمام التجنيس الموضحة في B.

تفسير وجهة نظر Douglas Goff:

يؤمن استخدام عدد فردي من المضخات (ثلاث مضخات تقريباً) معدل تدفق ثابت، وتزداد سرعة مرور الحليب عبر صمام التجنيس من 4–6 م/ثا إلى 120 م/ثا خلال 0.2 ميلي ثانية، يتحرك الحليب بعد ذلك عبر قاعدة الصمام، حيث يحدث تفتيت للحبيبات الدهنية خلال 50 ميكرو ثانية. من المرجح أن اضطراب حركة الحبيبات الدهنية وتشكل فراغات داخل جزيئاتها يفسر انخفاض حجم الحبيبات الدهنية أثناء عملية التجنيس. ويؤدي تبدد الطاقة في الحليب المار عبر صمام التجنيس إلى توليد دوامات مضطربة شديدة بنفس حجم متوسط قطر الحبيبات الدهنية، وبالتالي يتم تمزيق الحبيبات الدهنية بواسطة تشكل هذه الدوامات، مما يقلل من متوسط حجمها. يحدث أيضاً انخفاض كبير في الضغط مع تغير سرعة تدفق الحليب.

تتشكل الفراغات والتجاويف ضمن الحليب بسبب الوصول إلى ضغط البخار. تولد التجاويف مزيداً من الدوامات التي من شأنها أن تؤدي إلى انتشار وتوزع حبيبات الدهن. قد يمر المنتج بعد ذلك عبر صمام المرحلة الثانية على غرار المرحلة الأولى.

على الرغم من أن تخفيض حجم الكريات الدهنية يحدث بمعظمه في المرحلة الأولى، إلا أن هناك ميلاً لتكتل الكريات الدهنية مخفضة الحجم (بسبب التغطية السطحية غير الكاملة للبروتين). يسمح صمام المرحلة الثانية بفصل هذه التكتلات إلى كريات دهنية فردية. والضغوط النموذجية في المرحلة الثانية هي 3–4 ميغا باسكال.

تشمل المتغيرات التي تؤثر في نجاح عملية التجنيس: نوع الصمام، ضغط التشغيل، نوع المجنس (أحادي المرحلة أو ثنائي المرحلة)، محتوى الدهون، حجم حبيبات الدهن الأصلية للمنتج الذي سيتم تجينسه، وجود العوامل السطحية ، لزوجة المنتج ودرجة حرارة التجنيس.

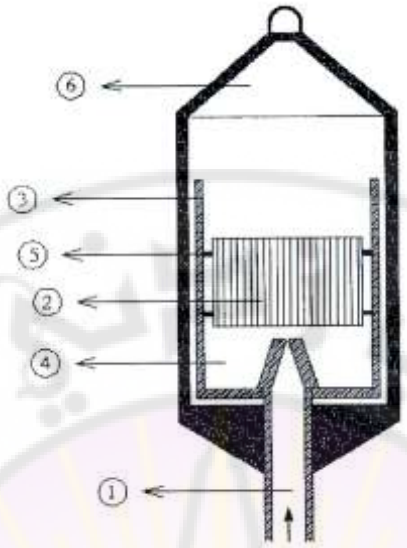
تحتوي حبيبات دهن الحليب على غشاء أصلي. أثناء التجنيس، تحدث زيادة هائلة في مساحة السطح، وعندها لا يكفي غشاء حبيبات دهن الحليب الأصلي لتغطيتها. ومع ذلك، هناك العديد من الجزيئات اللامائية الموجودة في بلازما الحليب سهلة الادمصاص: مذيلات الكازئين (منتشرة جزئياً) وبروتينات المصل.

التوتر السطحي للحليب الخام هو 1–2 ميلي نيوتن / م، ومباشرة بعد عملية التجنيس يكون غير مستقراً عند 15 ميلي نيوتن / م، وبعد فترة وجيزة يصبح مستقراً عند (3–4 ميلي نيوتن / م) نتيجة لادمصاص أو امتزاز البروتين. وعادةً يشكل البروتين الممتز ما نسبته 10 مغ/م^2 بسماكة حوالي 15 نانومتر.

هناك بعض العوامل التي تسبب تجمع الحبيبات الدهنية بعد التجنيس، نذكر منها: نوع المجنس (مرحلة واحدة)، انخفاض درجة حرارة التجنيس عن درجة الحرارة المثلى 50 درجة مئوية، استخدام ضغط مرتفع جداً، ارتفاع حموضة الحليب، ارتفاع نسبة الكالسيوم وانخفاض نسبة جوامد مصل الحليب عن 0.6%.

٢- المجنس الهيدروديناميكي:

يعد المجنس الهيدروديناميكي من الأجهزة التي تعمل بالأمواج فوق الصوتية. ويبين الشكل (١٨) مقطعاً تخطيطياً في رأس هذا المجنس. حيث يتم دفع الحليب الى المجنس بواسطة مضخة عادية بضغط قدره (١٣- ٢٠) ضغط جوي. ويمر الحليب من خلال الأنبوب رقم (١) بقوة كبيرة مما يؤدي إلى اصطدامه بالاسطوانة رقم (٢) المثبتة بشكل معلق على الحامل رقم (٣) مما يؤدي وبفعل القوة الكبيرة إلى اهتزاز الأسطوانة المعلقة. يبلغ تردد الاهتزاز في الاسطوانة ٢٢ ألف هزة في الثانية وينتقل هذا بدوره إلى الحليب ومن الحليب إلى جدار الكأس رقم (٤) مما يعرض الحليب في الكأس إلى تفتت حبيبات الدهن والحصول على حليب مجنس من الفتحة (٦).

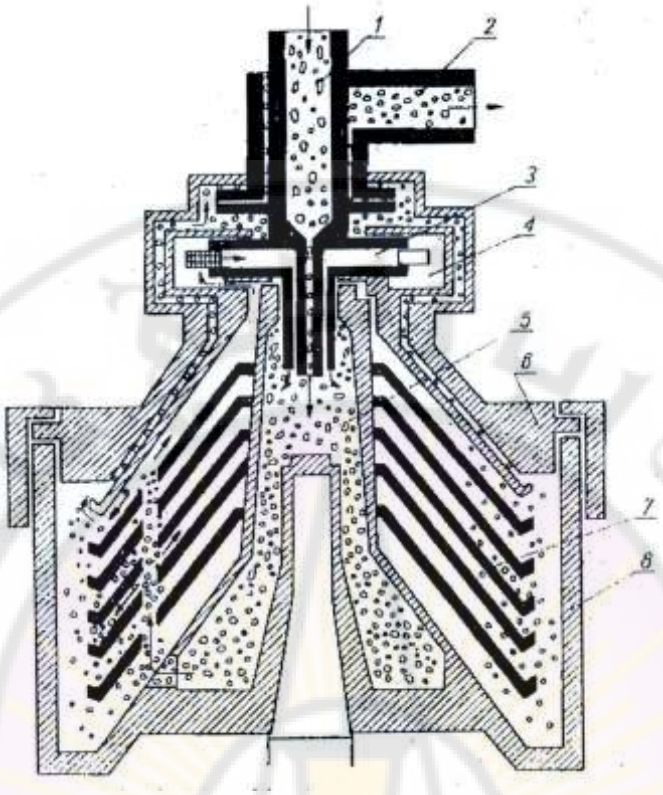


الشكل (١٨) رأس المجنس بالأمواج فوق الصوتية

١- أنبوب دخول الحليب ٢- أسطوانة معلقة ٣- حامل الأسطوانة ٤- حوض الكأس ٥- نقاط تثبيت الأسطوانة على الحامل ٦- خروج الحليب المجنس

٣- الفراز المنقي المجنس (Clarifixator):

هو فراز يعمل على تنقية وتجنيس الحليب بنفس الوقت يسمى بـ (Clarifixator)، وهو عبارة عن فراز من النموذج المغلق. يسمح التصميم الخاص لمخروط هذا النوع من الفرازات بالقيام بوظيفتين معاً، التجنيس وإزالة الشوائب الميكانيكية من الحليب. ويوضح الشكل (١٩) مقطعاً عرضياً في مخروط الفراز المجنس وآلية عمله.



شكل (١٩) مقطع في مخروط الفراز المنقي المجنس (Clarifixator)

١- أنبوبة دخول الحليب ٢- أنبوبة خروج الحليب المجنس ٣- قرص التجنيس ٤- خلية التجنيس ٥- الموزع ٦- غطاء المخروط ٧- مجموعة من الصحون ٨- قاعدة المخروط

أما مبدأ عمل الفراز المنقي المجنس فهو كالتالي: يمر الحليب من قناة الفراز الرئيسية من الأعلى ويصل إلى الموزع الذي يقوم بتوزيعه إلى الفراغات بين الصحون ونتيجة لدوران صحون الفراز يتعرض الحليب لقوة طرد مركزي مما يؤدي لفصله إلى قسمين هما القشدة وحليب الفرز. تمر القشدة بعد ذلك إلى قرص مسنن يؤدي إلى تحطيم وتفتيت الحبيبات الدهنية وتجنيس القشدة، ترجع بعد ذلك القشدة المجنسة إلى القناة التي توصل الحليب كامل الدسم إلى المخروط، وتختلط معه ونتيجة للتجنيس الشديد الذي خضعت له الحبيبات الدهنية فإنها لا تخضع مرة أخرى لعملية فصل جديدة إلى قشدة وحليب فرز (على الأقل تخضع لعملية فصل ضعيفة جداً). بعد ذلك الحليب كامل الدسم المجنس بشدة يسلك سلوك حليب الفرز ويمر خلال الأجزاء المحيطة إلى الفراغات العلوية حيث يلتقط من قبل صفيحة خاصة ويخرج مع حليب الفرز على شكل حليب مجنس كامل الدسم.

إضافة إلى تجنيس الحليب وبفضل تصغير أقطار الحبيبات الدهنية وتقليل التيارات الأولية لحبيبات الدهن فإن الشوائب الميكانيكية والأحياء الدقيقة لا تحتجز في القشدة وبطريقة أكثر دقة مما هي عليه في الفرازات المنقية العادية تطرح وتترسب على جدران مخروط الفراز.

يسمح هذا الجهاز بتجنيس الحليب وتنقيته بشكل فعال وبطاقة أقل بثلاث مرات مما هو عليه في المجنس العادي. درجة تجنيس حبيبات الدهن في الفراز مشابهة تماماً لما هي عليه في المجنس العادي وتتم بضغط قدره (٨٠) ضغط جوي.

العوامل المؤثرة في عملية التجنيس:

١- درجة حرارة الحليب: إن رفع درجة حرارة الحليب المعد للتجنيس تؤدي إلى خفض اللزوجة وبالتالي زيادة فعالية التجنيس وتتراوح درجة حرارة الحليب المعد للتجنيس عادة ما بين ٦٠-٨٠مْ.

٢- الضغط في جهاز التجنيس: إن زيادة الضغط في جهاز التجنيس تزيد من فعالية التجنيس وذلك لزيادة القوة المطبقة على الحليب، ويتراوح الضغط عادة ما بين (١٢٠ – ٢٠٠ كغ/سم^{٢}) في حال تجنيس الحليب و(٢٠٠-٣٠٠ كغ/سم^{٢}) في حال القشدة.

٣- قطر الحبيبات الدهنية: كلما كان قطر الحبيبة الدهنية أصغر كلما كانت فعالية التجنيس أكبر.

يؤثر التجنيس في صفات الحليب، وفيما يلي نبين ذلك:

- تأثير التجنيس في مظهر الحليب: تؤثر عملية التجنيس في قدرة الحليب على تكوين طبقة القشدة على السطح، ويصبح لون الحليب المجنس أبيض طباشيري قد يشوبه لون أصفر ذهبي خفيف، وذلك في حالة حليب الأبقار، وعادة لا يترك الحليب المجنس آثاراً ملتصقة منه على جوانب عبوات الحليب الزجاجية.
- تأثير التجنيس في حجم حبيبات الدهن: تؤدي عملية التجنيس إلى تجزئة حبيبات الدهن إلى حبيبات صغيرة، وكلما ازداد الضغط المستخدم خلال عملية التجنيس كلما انخفض حجم الحبيبات الدهنية. وتزداد مساحة سطح الحبيبات الدهنية بعد التجنيس وتصبح حوالي 6 أضعاف مساحتها قبل التجنيس. وتضعف قدرة الحليب المجنس على تجمع حبيبات الدهن وتكوين مجاميع من حبيبات الدهن الضرورية لتكوين طبقة القشدة على سطح الحليب.
- تأثير التجنيس في الطعم: عادة ما يكون طعم الحليب المجنس دهنياً أكثر من الحليب غير المجنس، ويعود ذلك إلى لزوجة الحليب نتيجة عملية التجنيس وتوزع الدسم فيه توزعاً منتظماً. وغالباً ما يكون طعم الحليب المجنس أكثر عرضة للفساد وظهور بعض الطعوم غير المرغوبة مثل الطعم المتزنخ والطعم المؤكسد (يعود إلى زيادة مساحة سطح الجبيبات الدهنية مما يزيد من إمكانية تعرضها لعوامل الأكسدة مثل إنزيم الليباز، ولكن يعتقد البعض أن الحليب المجنس أكثر مقاومة للأكسدة نتيجة لفقد الفوسفوليبيدات المغلفة لحبيبات الدسم وانتشارها في المحلول، وتعد هذه المواد من مضادات الأكسدة، ولكن هذا يتوقف على مدى تلوث الحليب بآثار من المعادن المساعدة على أكسدة الدهن، مثل النحاس والتعرض للضوء).

- تأثير التجنيس في قابلية الحليب للتجبن بالمنفحة: تزيد عملية التجنيس من سرعة تجبن الحليب بالمنفحة، ويعود ذلك إلى امتصاص السيترات والفوسفات على سطح الحبيبة الدهنية المتكونة نتيجة تجزئة حبيبات الدهن في عملية التجنيس تاركة أيونات البوتاسيوم والمغنزيوم حرة في الحليب لتزيد من سرعة تجبنه.
- تأثير التجنيس في مصل الحليب: تفسر التغيرات التي تحدث في مصل الحليب الاختلافات الكبيرة في خواص الحليب المجنس، حيث تؤدي عملية التجنيس إلى زيادة حجم سطح التداخل بين المصل والدهن.

تضفي عملية التجنيس ميزات عديدة على الحليب، نذكر منها الآتي:

- يمنع التجنيس ظهور القشدة على سطح الحليب.
- يزيد التجنيس من لزوجة الحليب.
- لا يزداد حجم الحبيبات الدهنية في الحليب المجنس بسهولة ولا حاجة إلى تحريكه قبل استخدامه.
- يمنع التجنيس تجمع الدهن أثناء تحريكه عند تداوله أو عند تعرضه لرج شديد.
- يقلل التجنيس من شدة الخثرة، أي يشكل خثرة ناعمة عند تخثير الحليب المجنس، وبالتالي يصبح المنتج أكثر قبولاً بسبب مظهره ونكهته الأغنى.
- يقلل التجنيس من فرص انفصال الدهن أثناء تصنيع الحليب المكثف والأيس كريم، ليعطي هذه المنتجات قواماً أكثر نعومة.
- يكون الحليب المجنس أقل عرضة لتطور النكهة المؤكسدة.
- يكون الحليب المجنس أكثر قابلية للهضم بسبب غنتاج حبيبات دهن صغيرة وبسبب انخفاض توتر الخثرة، ولهذا يوصى بالحليب المجنس للأطفال الرضع.

الفصل الثالث

تجفيف المواد الغذائية Food drying

المقدمة:

تعد طريقة التجفيف من أقدم الطرائق التي استخدمها الإنسان في حفظ الأغذية وأكثرها انتشاراً. فقد لاحظ الإنسان القديم أن الثمار تبقى صالحة للأكل بعد جفافها سواء أكانت عملية التجفيف هذه تتم والثمار على أغصانها أم بعد تساقطها على الأرض. وكان الاعتماد أولاً على طاقة الشمس وحركة الهواء الطبيعية. وهو ما يعرف بالتجفيف الطبيعي أو الشمسي، فقد اعتمدت أساساً لظهور طرائق التجفيف الصناعي. كما أن العديد من هذه الطرائق لا يزال متداولاً حتى يومنا هذا. فقد اتبعت طرائق التجفيف الشمسي أصلاً في حوض البحر الأبيض المتوسط والشرق الأدنى منذ القدم لتجفيف العديد من ثمار الفاكهة كالتين والبلح والمشمش والعنب. ومن الملاحظ انتشار صناعة التجفيف الصناعي انتشاراً واسعاً، واستمر انتشار هذه الطريقة مع استنباط أساليب حديثة لها حتى أمكن تجفيف كثير من الأغذية والتي لم يكن معروفاً حفظها بالتجفيف، كالحليب والعصائر وأنواع الشوربات والبيض والبطاطا والجزر والثوم والبصل والفطر ومستخلص القهوة وغيرها. ويعد اكتشاف طريقة التجفيف بالتجميد والتي تعرف بطريقة التجفيد من أهم التطورات التي ظهرت في عالم التجفيف، وخاصة وأن المواد المجففة بهذه الطريقة لا تتأثر جودتها وتحتفظ بخواصها إلى حد كبير.

تعريف التجفيف Drying or dehydration:

تتلخص عملية التجفيف في خفض رطوبة المواد الغذائية ورفع تركيز المواد الصلبة الذائبة فيها إلى حد يوقف أو يثبط نمو الأحياء الدقيقة ونشاط الأنزيمات. وتتميز المواد المجففة باحتفاظها بقدر من الرطوبة يتراوح غالباً بين ١٦ – ٢٢ %، كما تحتفظ بمعظم خواص المواد الطازجة المحضرة منها.

تعريف التجفيف من ناحية الصناعات الغذائية:

يعرف التجفيف بأنه عبارة عن جملة من التغيرات تهدف إلى خفض ما تحتويه المادة الغذائية من رطوبة لرفع تركيز المواد الصلبة الذائبة بالقدر الكافي لتثبيط عوامل الفساد الحيوية والطبيعية والكيميائية بفعل الأنزيمات والأحياء الدقيقة والعوامل الأخرى مع المحافظة على أكبر قدر ممكن من خصائص المادة الطبيعية والكيميائية، وتتم إما طبيعياً أو صناعياً. أي أن عامل الحفظ في التجفيف عموماً هو خفض نسبة الرطوبة إلى الحد الذي يثبط نشاط الأحياء الدقيقة والأنزيمات ويقلل التفاعلات الكيميائية التي تؤدي للفساد. ويشترط في المادة الغذائية المجففة سرعة تشربها بالماء عند نقعها فيه لاسترجاع أكبر قدر ممكن عملياً من صفات المادة الغذائية الطازجة.

توجد الرطوبة في المواد الغذائية بثلاثة أشكال:

١. **الرطوبة المرتبطة:** يرتبط الماء مع بعض المكونات الأخرى التي تؤلف المادة الغذائية ويسبب هذا الماء المرتبط ضغط بخار أقل من الضغط الذي يولده الماء الحر وقد يوجد هذا الماء في الأنابيب الشعرية أو مرتبط مع بعض المواد الكيميائية التي تتكون منها المادة.

٢. **الرطوبة الحرة:** وتمثل الرطوبة الموجودة بشكل غير مرتبط وتشكل الجزء الكبير من نسبة الرطوبة التي تحتويها المادة.

٣. **الرطوبة المدمصة على الجزيئات:** وتطلق على محتوى الرطوبة المتوازن على مقدار الرطوبة الموجودة في المادة الغذائية عند تعريضها إلى هواء في درجة حرارة ثابتة ويمكن قياس هذا المقدار تحت ظروف مختلفة من الحرارة والرطوبة والتعبير عنه بخط بياني يعبر عن محتوى الرطوبة في المادة ورطوبة الجو التي يحصل عندها التوازن مع درجات الحرارة المختلفة ويطلق على هذا الخط البياني Sorption isotherm وتعتبر دراسة هذه المنحنيات مهمة لأنها تحدد أقل مقدار من الرطوبة الممكن وجودها في المادة الغذائية تحت تلك الظروف.

وظائف الهواء في عمليات التجفيف:

١. نقل الحرارة من فرن التسخين إلى المادة الغذائية التي يجري تجفيفها.

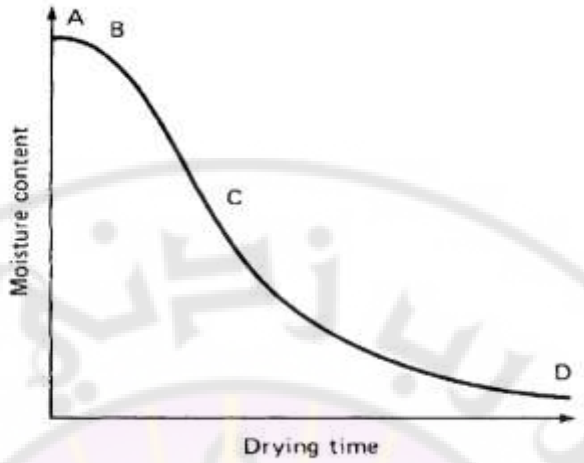
٢. حمل بخار الماء ونقله بعيداً عن الوسط المحيط بالمادة المجففة.

مراحل التجفيف:

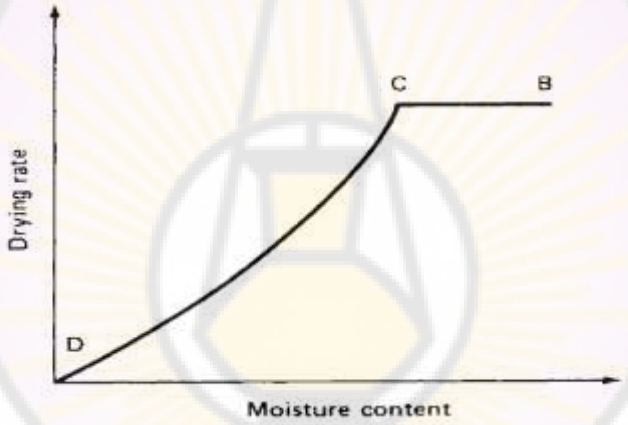
١. **مرحلة التوازن:** وفي هذه المرحلة يتبخر قسم من الرطوبة إلى أن تصل إلى حالة التوازن بين المادة الغذائية الصلبة والهواء ويكون مقدار الرطوبة المزال قليل جداً.

٢. **مرحلة التبخر الثابت:** وفي هذه المرحلة يبقى سطح المادة الغذائية مشبع بالرطوبة، حيث ينتقل الماء من الداخل إلى السطح، ويتم ذلك بإزالة بخار الماء المتكون عبر غشاء الهواء الملامس للسطح ومن ثم إلى تيار الهواء المستعمل للتبخير وفي هذه المرحلة يكون مقدار الرطوبة التي تزال من السطح مساوياً لمقدار الرطوبة التي ترتفع من المادة الغذائية إلى السطح وبنفس المعدل، ويتوقف معدل التبخر على معدل انتقال الحرارة للسطح الذي يتم تجفيفه، وأن معدل انتقال الكتلة يوازي معدل انتقال الحرارة، ولذا فإن درجة حرارة السطح تبقى ثابتة.

٣. **مرحلة التبخر المتنازل أو المتناقص:** وفي هذه المرحلة تنخفض سرعة انتقال الرطوبة إلى السطح، ولذا فإن السطح يبدأ بالجفاف ويطلق مقدار الرطوبة في هذه المرحلة محتوى الرطوبة الحرج وتستمر العملية وترتفع درجة حرارة السطح إلى درجة الحرارة الجافة للهواء. ويكون الوقت اللازم لإجراء هذه المرحلة أكبر جزء من الزمن الكلي لتجفيف المادة الغذائية. ويبين الشكل (١ و ٢) منحنيات التجفيف.



الشكل (١): العلاقة بين زمن التجفيف والمحتوى من الرطوبة



الشكل (٢): منحنى عملية التجفيف

بعض المصطلحات المستخدمة في عملية التجفيف:

١-**الحرارة النوعية:** هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ١ كغ من المادة درجة مئوية واحدة، وكلما ازدادت الرطوبة النسبية للمادة الغذائية ازدادت الحرارة النوعية لها. فالحرارة النوعية للماء تساوي ٤,١٨ كيلو جول/١ كغ ماء، والحرارة النوعية للهواء تساوي ٠,٢٥ من الحرارة النوعية للماء وللمعادن (تتراوح من ٢٠٠-١٠٠٣ جول/كغ).

٢- **ظاهرة الجفاف السطحي:** تلاحظ ظاهرة جفاف الطبقة السطحية للمادة الغذائية في أثناء تجفيفها أو تجلدها أو إحتراقها، حيث يؤدي ذلك إلى تكوين طبقة صلبة غير مسامية تمنع أو تقلل من تبخر الماء من سطح المادة الغذائية، ومن ثم تعيق استمرار عملية التجفيف. ويعود ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة سطح المادة بالنسبة إلى داخلها مما يزيد سرعة تبخر الماء من هذا السطح مقارنة مع سرعة انتقال الماء من الداخل إلى السطح، فتتراكم المواد الذائبة على السطح وتتصلب فتنشأ هذه الظاهرة.

٣- **الحرارة الكامنة للتبخير:** هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل ١ كغ من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة الحرارة نفسها. فمثلاً الحرارة الكامنة لتبخير ١ كغ من الماء على الدرجة ١٠٠ درجة مئوية تساوي ٢٢٥٦,٧ كيلو جول عند الضغط الجوي العادي.

٤- **الرطوبة النسبية:** وهي النسبة المئوية لوزن بخار الماء الموجود في حجم معين من الهواء على وزن بخار الماء المشبع (الذي يمكنه أن يشبع الحجم نفسه من الهواء) عند درجة الحرارة نفسها. أو هي نسبة ضغط البخار الحقيقي إلى ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة الهواء نفسها.

٥- **الرطوبة المطلقة:** هي وزن بخار الماء الموجود في وحدة وزن معروفة من الهواء الجاف. أو هي نسبة كتلة بخار الماء إلى كتلة الهواء وذلك في حجم معين من الهواء وعند درجة حرارة معينة.

٦- **نقطة الندى:** هي درجة الحرارة التي يتم عندها تشبع حجم معين من الهواء ببخار الماء بحيث إذا انخفضت درجة الحرارة أو ازدادت كمية بخار الماء بدأت جزيئات الماء بالتشكل.

٧- **التصعد (التسامي):** هو تحول الماء من الحالة الجامدة (الصلبة) إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة.

٨- **معدل الرطوبة:** هو كمية الماء الموجودة في ١ كيلو غرام من المادة.

٩- **نسبة التجفيف:** هي النسبة بين وزن المادة الغذائية قبل التجفيف ووزنها بعد التجفيف.

ميزات وفوائد الحفظ بالتجفيف:

للتجفيف فوائد عديدة نذكر منها ما يأتي:

١. يضع التجفيف بين يدي الإنسان وسيلة من أنجح وسائل حفظ الأغذية.
٢. تتميز المواد الغذائية المجففة بقدرتها الفائقة على احتمال التخزين لأوقات طويلة.
٣. المحافظة على مكونات المادة الغذائية المجففة.
٤. يساعد على توفير المادة الغذائية على مدار السنة.
٥. يمكن تشكيل المواد الغذائية المجففة بأشكال مختلفة الشكل والحجم بما يتلاءم مع متطلبات السوق والمستهلك.
٦. سهولة استخدام المواد المجففة كالقهوة والحليب سريعي الذوبان وغيرها.
٧. زيادة تركيز نسبة المواد الصلبة الذائبة في المواد الغذائية إلى حد كبير يفوق جميع الطرائق الأخرى.
٨. انخفاض تكاليف الإنتاج عند مقارنتها بطرائق الحفظ الأخرى، إذ أنها لا تحتاج إلا لعدد قليل من العمال والأجهزة والأدوات اللازمة لصناعة التجفيف.
٩. سهولة التعبئة وإمكانية استخدام عبوات رخيصة الثمن كالكرتون والورق المقوى وأكياس المواد البلاستيكية.

١٠. انخفاض حجم المواد المجففة وبالتالي انخفاض تكاليف النقل والتداول والتخزين والتوزيع بشكل كبير والاستغناء عن نفقات التبريد.

العوامل المؤثرة في عملية التجفيف:

تتأثر سرعة التجفيف بالعوامل التالية:

أولاً: سرعة الهواء: تزداد سرعة التجفيف بازدياد سرعة مرور الهواء داخل المجفف، وهذا يؤدي إلى سرعة إنتقال بخار الماء من المادة الغذائية إلى خارجها، مما يؤدي إلى سرعة تبخر الماء وخاصة في المراحل الأولى للتجفيف وينصح باستخدام سرعة هواء ما بين ٢٠٠-٣٠٠ م/ دقيقة.

ويلاحظ عند انخفاض سرعة الهواء انخفاضاً كبيراً ازدياد المدة اللازمة للتجفيف، أما عند زيادة سرعة الهواء عن ٣٥٠ م/ دقيقة فتصبح عملية التجفيف غير إقتصادية.

ثانياً: الرطوبة النسبية للهواء: وتتوقف على نوع الغذاء ورطوبته وعلى طريقة تجفيفه والمرحلة التي وصلت إليها في أثناء عملية التجفيف، فهي في العادة مرتفعة عند بدء عملية التجفيف أكثر منها عند انتهاء عملية التجفيف.

وقد أثبتت التجارب أن التجفيف يتم بصورة أسرع عند استخدام هواء رطوبته النسبية منخفضة إلا أنه قد لوحظ أن بعض الخامات الزراعية كالبطاطا والبازلاء قد تتعرض لظاهرة الجفاف السطحي عند استخدام هواء رطوبته النسبية منخفضة عن اللازم. ومن المفضل استخدام رطوبة نسبية منخفضة للهواء في المراحل الأخيرة للتجفيف عندما تكون درجات الحرارة أيضاً منخفضة (تجفيف الخضروات). وفي الفترة الأخيرة عند تجفيف الخضروات، يفضل دائماً استعمال هواء ذو رطوبة نسبية منخفضة.

ثالثاً: درجة حرارة الهواء المستخدم ومقدار الانخفاض فيها: كلما كان الفرق كبيراً ما بين درجة حرارة الهواء الداخل إلى المجفف ودرجة حرارة الهواء الخارج من المجفف كانت عملية التجفيف أسرع. وهي تختلف باختلاف الغذاء وطريقة تجفيفه، وتتراوح درجات الحرارة المستخدمة في التجفيف ما بين ٥٠-٨٠ درجة مئوية، وقد تكون أعلى في حالة الأغذية ذات الرطوبة المرتفعة.

رابعاً: نوع المادة المراد تجفيفها: حيث أن لكل مادة ظروفها الخاصة في التجفيف. وتختلف سرعة التجفيف بإختلاف نوع المادة المراد تجفيفها. فمثلاً تحتاج البازلاء لتجفيفها عند درجة حرارة ٦٥°م إلى زمن تجفيف يصل إلى خمس ساعات، في حين تحتاج الفاصولياء الخضراء إلى سبع ساعات عند الدرجة نفسها. كما يلاحظ أن شرائح البطاطا والتفاح تميل للإلتصاق ببعضها في أثناء التجفيف على عكس شرائح الجزر التي تميل للإنفصال. كما وجد أن شرائح الملفوف تجف بسرعة أكبر من شرائح البطاطا.

خامساً: شكل القطع المجهزة وحجمها وسمكها: يحدد شكل وحجم وسماكة القطع مساحة سطح المادة الغذائية المعرضة للهواء، فكلما ازدادت مساحة السطح المعرض من المادة الغذائية المراد تجفيفها للهواء الساخن ازدادت سرعة التجفيف.

سادساً: حمولة الصواني: تتناسب حمولة الصواني عكسياً مع سرعة التجفيف، فكلما ازدادت حمولة الصواني انخفضت سرعة التجفيف والعكس صحيح. وتتراوح الحمولة المثالية ما بين ٥-٧,٥ كغ خضار و ١٣-١٤ كغ فاكهة لكل ١ متر مربع من سطح التجفيف. كما أن انخفاض حمولة الصواني عن اللازم يقلل من الكمية المجففة يومياً، لذا ينصح باستخدام حمولة متوسطة للصواني.

سابعاً: الضغط: إذا تمت عملية التجفيف تحت تفريغ (ضغط منخفض) تنخفض درجة حرارة تبخر الماء وتزداد سرعة التبخير وتزداد سرعة التجفيف ويقل تأثير الأوكسجين في المادة أي تقل عملية أكسدة المادة الغذائية.

تؤدي عدم السيطرة على هذه العوامل إلى نشوء **ظاهرة قساوة الغلاف**. تفسر هذه الظاهرة بتبخر الرطوبة من السطح بسرعة تفوق التبخر من الأجزاء الداخلية مما يتسبب بقساوة الغلاف وتباطؤ استمرار عملية التجفيف أو توقفها.

طرائق التجفيف:

تلعب طرائق التجفيف دوراً أساسياً في تأمين السرعة اللازمة والمناسبة لعملية تجفيف المادة الغذائية، فبينما نختار طرائق التجفيف تحت التفريغ للمواد ذات المحتوى العالي من الفيتامينات بهدف الحفاظ عليها من التلف، فإننا نستخدم طرائق تجفيف أخرى عند درجات حرارة أعلى لتجفيف الخضار والفواكه بهدف الوصول إلى الرطوبة النهائية المطلوبة. وبشكل عام فإن طريقة التجفيف المناسبة تحدد على أساس المادة الغذائية المراد تجفيفها وحالتها الفيزيائية، وتحدد أيضا العوامل الأخرى المرافقة في عملية التجفيف للحصول على المنتج النهائي المجفف بالمواصفات المطلوبة. وهناك طرائق عدة لتجفيف الأغذية ولكل طريقة ميزاتها الخاصة كما أن الفقد الذي يحدث في المكونات الغذائية تحدده مجموعة من العوامل أهمها طريقة التجفيف المستخدمة.

وتتميز طرائق التجفيف المختلفة بشروط التسخين ونزع بخار الماء، وتبعاً لذلك يمكن تمييز ثلاث طرائق هي:

١. **طريقة التجفيف التقليدية:** يتم التجفيف باستخدام الهواء وفي الضغط الجوي العادي ويتم الحصول على الحرارة اللازمة لعملية تبخير الماء من الغذاء إما بفعل الهواء الساخن أي الحمل الحراري أو بفعل سطح ساخن أي التوصيل أو النقل الحراري وفي جميع الحالات يختلط بخار الماء المتشكل بالهواء الذي يمثل الوسط المستخدم في نزع هذا البخار ونقله.
٢. **طريقة التجفيف تحت التفريغ:** ويتم فيها تسريع عملية تبخير الماء عن طريق خفض الضغط. وهذه الطريقة مفيدة وملائمة وذلك لسهولة تبخر الماء تحت ضغط منخفض. ويتم انتقال الحرارة بصورة غير مباشرة بفعل التوصيل الحراري بطريقة الملامسة مع جدار معدني ساخن أو بفعل التشعيع بدءاً من سطح ساخن ويتم نزع

بخار الماء بشكل عام عن طريق التكاثف والوصول للحالة السائلة أو بفعل الامتصاص أو الشفط وتستخدم هذه الطريقة بشكل خاص من أجل المواد الحساسة للحرارة لأنها تسمح بالعمل على درجات حرارة منخفضة نسبياً.

٣. **طريقة التجفيف بالتجميد (التجفيد):** يتم تجميد الغذاء في البداية ومن ثمَ يصعد الثلج المتشكل أي تحويله مباشرة إلى بخار ماء وذلك ضمن ظروف مناسبة من درجة حرارة وضغط وينزع بخار الماء غالباً بالتصعيد أو التسامي، وتحفظ هذه الطريقة بنية المادة الغذائية بشكل جيد.

الأجهزة والطرائق المستخدمة في عمليات التجفيف الاصطناعي:

هناك نوعان من آلات التجفيف حسب الوسط الحار المستخدم:

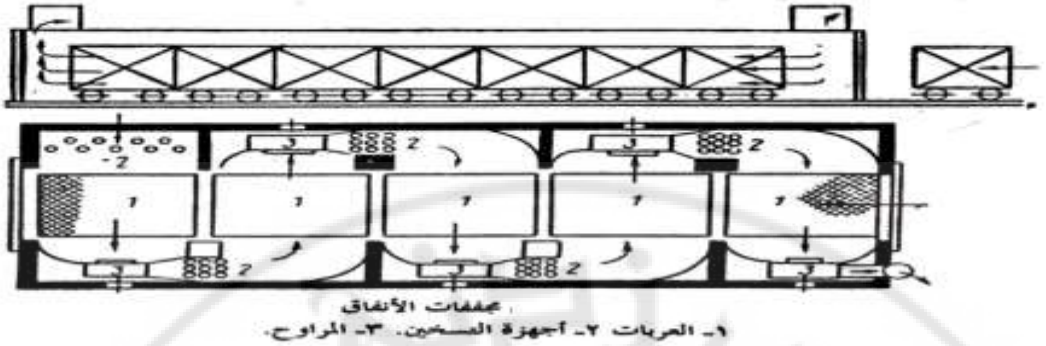
١- الآلات التي تنتقل فيها الحرارة إلى المادة الغذائية عن طريق الغازات الساخنة التي تعمل على توصيل الحرارة إلى أجزاء المادة الغذائية التي تجفف فيتحول ماؤها من الحالة السائلة إلى بخار يحمله الهواء من جديد إلى خارج الغرفة، وتشمل الغازات المستعملة الهواء الساخن والغازات الناتجة عن الاحتراق.

٢- الآلات التي تنتقل فيها الحرارة إلى المادة الغذائية عن طريق سطوح مسخنة تعمل في الوقت نفسه على نقل الأغذية أو تسييرها داخل غرف التجفيف، وفي هذه الحالة يتم التجفيف عادة في جو مفرغ من الهواء إذ يتم استخدام مضخة تفريغ للتخلص من بخار الماء المتشكل.

أولاً- طرائق التجفيف المعتمدة على الغازات الساخنة:

١-حجرات التجفيف أو المجففة Dryer rooms: تتألف حجرة التجفيف أو المجففة من غرفة توضع في داخلها أطباق تحتوي على المادة الغذائية التي يجرى تجفيفها. ففي المجففات الكبيرة توضع هذه الأطباق على عربات تدخل إلى الحجرة، أما في المجففات الصغيرة فتنشأ حوامل خاصة توضع عليها الأطباق. ويمرر على الأطباق تيار هوائي ساخن حتى جفاف المادة الغذائية. وتعد حجرات التجفيف من الطرائق منخفضة التكلفة إذ يمكن إنشاؤها وصيانتها بتكاليف قليلة. وغالباً ما تستعمل في الدراسات المخبرية لتجفيف ثمار الفاكهة والخضروات. كما تستعمل على نطاق صغير في مجال الإنتاج التجاري.

٢-المجففات النفقية أو مجففات الأنفاق Tunnel driers: وهي من أكثر أنواع المجففات شيوعاً وتستعمل بشكل عام لتجفيف الخضروات والفاكهة. ترص المواد الغذائية في هذه المجففات على صواني أبعادها ١×١,٥ م، ثم ترص هذه الصواني على عربات بارتفاع ١,٥-٢ م. تتحرك العربات بعد ذلك في نفق تجفيف يتراوح طوله ما بين ١٠- ١٢ م، يتسع هذا النفق لـ ٤- ٥ عربات. وفي تصميمات أخرى يتسع لـ ٢٠ عربة. ويبين الشكل (٣) مجففات الأنفاق.



الشكل (٣): مجففات الأنفاق

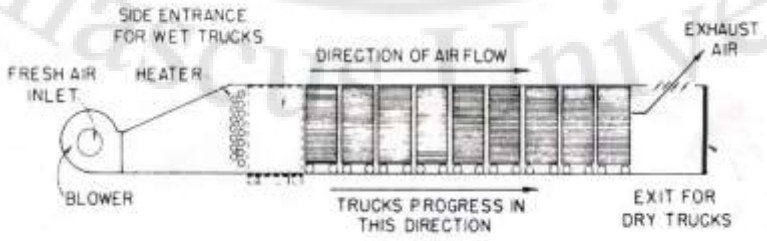
يتوقف طول النفق على زمن التجفيف. وعادة تترك مسافات كافية بين الصواني مع تضييق المسافة بين الجوانب الأربعة بين العربات والنفق وذلك لإجبار الهواء على المرور بين الصواني. وتتحرك العربات على قضبان موضوعة في أرضية النفق ويتم السحب بجنازير أو حبال.

تدخل العربات من إحدى أطراف المجفف والذي يسمى بالطرف الرطب وتخرج من الطرف الآخر الذي يسمى بالطرف الجاف، وفي بعض الأحيان تغلق أبواب طرفي المجفف لإحكام سريان الهواء وعدم تسربه. وقد تستخدم مراوح محورية أو طاردة مركزية لسحب الهواء الجوي ودفعه إلى السخانات ثم إلى الصواني. يدخل هواء التجفيف الساخن من أحد أطراف النفق ويتحرك بسرعة محددة خلال صواني المنتج المحمولة على العربات المتحركة، وتتحرك العربات خلال النفق بسرعة مناسبة لتثبيت الزمن اللازم لعملية التجفيف. وتتميز هذه المجففات بتجفيف كميات كبيرة من المواد الغذائية في وقت قصير نسبياً. ويوجد ثلاث نسق في مجففات الأنفاق وهي: النسق المتوازي والنسق العكوس والنسق المختلط.

١- النسق المتوازي (Concurrent arrangements):

حيث يمر الهواء في هذا النسق في الاتجاه الذي تتحرك فيه العربات المحملة بالمواد المراد تجفيفها. ويعطي هذا النسق معدل تجفيف سريع عند النهاية الرطبة وهو موضح في الشكل (٤).

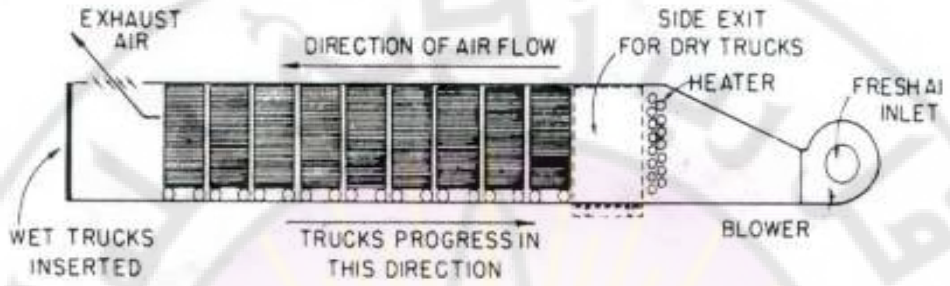
يقل معدل التجفيف كلما تحركت العربة إلى الداخل وعندها لا تصل المادة الغذائية بدرجة كافية إلى محتوى منخفض من الرطوبة. لذا يفضل استخدام هذا النسق كمرحلة أولية لتجفيف ثمار الخضروات والفاكهة.



الشكل (٤): مجففات الأنفاق ذات النسق المتوازي

٢- النسق العكوس (Counter-current arrangement):

يمر الهواء في هذا النسق في عكس الاتجاه الذي تتحرك فيه العربات داخل النفق. وتجفف المادة في هذا النسق إلى محتوى من الرطوبة أقل بكثير من النسق المتوازي حيث يقابل الهواء الساخن مواد قاربت على الجفاف. ويعطي هذا النسق معدل تجفيف سريع عند النهاية الجافة. كما يحذر من حدوث تسخين زائد للمنتج الجاف (Over heating) عند النهاية الجافة. وهو موضح في الشكل (٥).



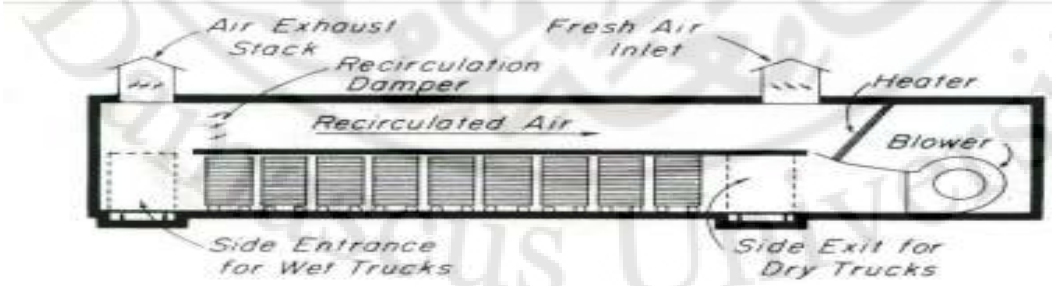
الشكل (٥): مجففات الأنفاق ذات النسق العكوس

٣- النسق المختلط (Mixed arrangement):

يستخدم هذا النسق لتفادي العيوب المصاحبة للنسق المتوازي والعكوس لذا فهو يجمع بين مميزات النسق المتوازي والنسق العكوس. وتتم عملية التجفيف في هذا النوع على مرحلتين:

- **المرحلة الأولى:** يكون جريان الهواء بشكل متوازي مع حركة العربات لإزالة الرطوبة بشكل سريع.
- **المرحلة الثانية:** يكون جريان الهواء فيها عكوساً وذلك للحصول على محتوى نهائي منخفض من الرطوبة.

يدخل الهواء النفق من المنتصف ويمر على وحدتي تسخين (واحدة لكل مرحلة) ويجري بعد تسخينه في نفس اتجاه حركة العربات في المرحلة الأولى وعكس اتجاه حركة العربات في المرحلة الثانية ويخرج الهواء من المنتصف. وهو موضح في الشكل (٦). ومن الواضح أن هذا النسق يحتاج إلى إنشاءات أكثر تعقيداً مما يزيد من التكلفة ويتطلب إلى عمالة أكثر للتعامل مع العربات.

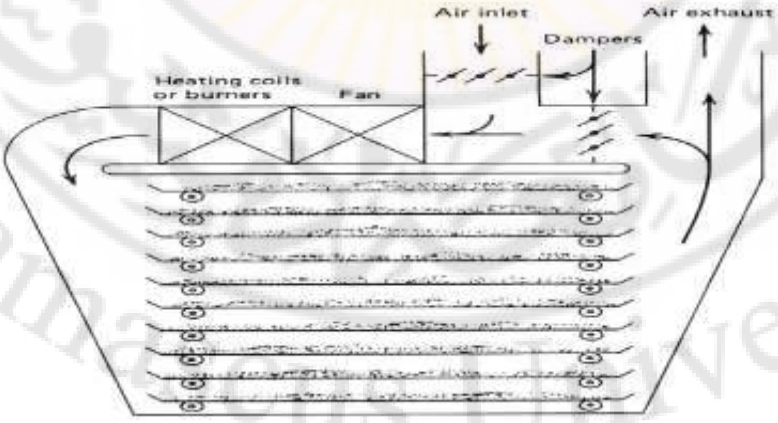


الشكل (٦): مجففات الأنفاق ذات النسق المختلط

٣-مجففات كيلن Kiln: تتكون هذه المجففات من أبنية تحتوي على طابقين مع غرفة تجفيف ذات أرضية مضلعة (الطابق العلوي) متوضعة فوق الفرن (الطابق السفلي)، يفصل بينهما سقف يحتوي على شقوق كثيرة. وتنشر المادة الغذائية في الطابق العلوي بسماكة مناسبة، ويولد الهواء الساخن في الطابق السفلي وينفذ بصورة

طبيعية من خلال الشقوق إلى الطابق العلوي. يمر الهواء الساخن عبر المواد الغذائية إلى عمق يصل إلى ٢٠ سم، وقد توضع مروحة لتحريك الهواء ودفعه، وتحرك المواد الغذائية في أثناء تجفيفها، ثمَ يخرج محملاً ببخار الماء من فتحة في أعلى الغرفة، مجهزة بمروحة خاصة لسحب الهواء. وتستعمل هذه الطريقة لتجفيف شرائح التفاح وفي بعض الأحيان البطاطا. وتحتاج الأغذية التي تجفف بهذه الطريقة إلى فترة زمنية طويلة نسبياً. إلا أنَ التحكم بظروف التجفيف محدود وتكاليف اليد العاملة مرتفعة جداً بسبب الحاجة لتقليب المنتج بشكل منتظم وعمليات التحميل والتفريغ تتم بشكل يدوي أيضاً. وتعد هذه المجففات ذات سعة كبيرة إضافة لسهولة عملية البناء وتعتبر تكاليف الصيانة منخفضة.

٤-مجففات المقصورات (Cabinet Driers): يتكون هذا النوع من المجففات من غرفة تعمل بطريقة الوجبات وعلى درجة حرارة ثابتة طيلة فترة التجفيف. توضع المادة المراد تجفيفها بعد التجهيز على صواني مناسبة بشكل طبقة رقيقة بسماكة بضعة سينتمترات وتحمل بدورها على عربات تدفع داخل المجفف، أما مصدر الهواء الحار فهو مسخنات بخارية أو كهربائية بدرجة حرارة ٩٣°م وبسرعة تتراوح بين ١٥٠-٣٠٠ م/دقيقة. يدفع الهواء الساخن بطريقة عمودية باتجاه دخول وخروج الصواني. وعند اتمام عملية التجفيف تسحب العربة إلى خارج المجفف، حيث تزال حمولة الصواني ويلقم المجفف بعربة جديدة وهكذا. ويمتاز هذا النوع من المجففات بأن تكلفته قليلة وحجمه صغير، إلا أن هذه المجففات تحتاج إلى أيدي عاملة كثيرة، كما أنها منخفضة القدرة الإنتاجية، بالإضافة إلى أن فقد الحرارة فيها كبير، لذلك فهي نادرة الاستعمال حالياً وإن كان تصميمها بسيط وتكاليف إنشائها وصيانتها منخفضة. ويستعمل هذا النوع من المجففات لتجفيف الخضروات والفاكهة وقد تستغرق عملية التجفيف باستخدام هذا النوع من المجففات من ١٠-١٢ ساعة. الشكل (٧)

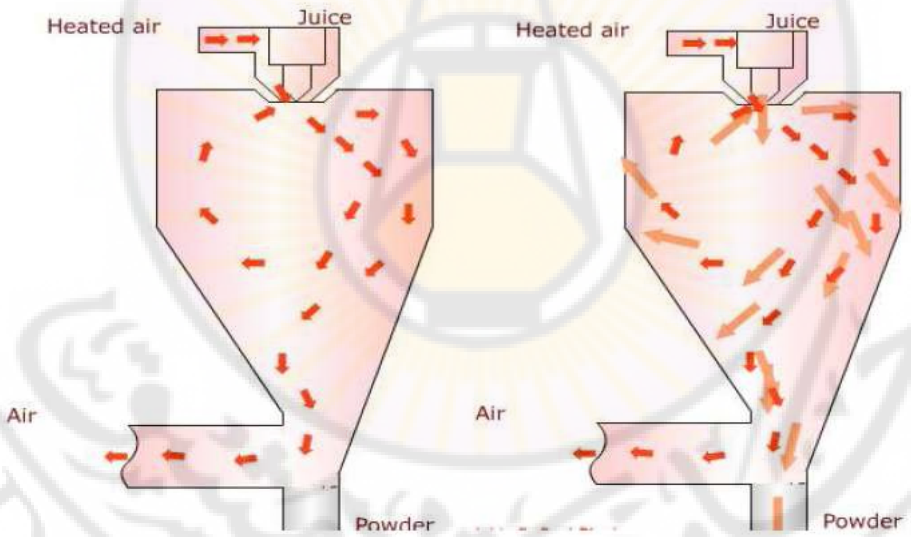


الشكل (٧): مجففات المقصورات

١. 5-المجففات الرشاشة أو مجففات الرذاذ Spray driers: تجفف في هذه المجففات الأغذية السائلة والمواد اللزجة، كالحليب المكثف أو الأغذية الأخرى كعصير الفاكهة والبيض والقهوة بعد تحويلها إلى قوام سائل أو عجيني، ومن ثم إلى قطيرات صغيرة (رذاذ دقيق). ويتم تكوين الرذاذ عادة في هذه المجففات باستعمال

بخاخات تحت الضغط، وفيها يتم ضخ المادة الغذائية تحت ضغط عالي يتراوح بين ٢٤,٤-٣٤,١٦ كغ/سم٢ خلال فتحة صغيرة ويوجد تعرج قبل الفتحة بسبب الحركة الدورانية للسائل فيتكون الرذاذ، ويقابلها تيار من الهواء الساخن مما يؤدي إلى تبخير الماء منه مباشرة فتجف قطرات السائل مباشرة وتتحول إلى حبيبات المادة المجففة وتتساقط في مجمع المادة المجففة في القاع أو تبقى عائمة في الهواء بينما يحمل الهواء معه بخار الماء إلى خارج جهاز التجفيف. تعتمد هذه المجففات على ضخ الهواء الساخن مع المادة الغذائية السائلة فتتساقط المادة الغذائية على شكل مسحوق ليتم جمعها من أسفل جهاز التجفيف. وتمتاز هذه الأجهزة بأن وقت التجفيف فيها قصير جداً، إذ يتراوح من ٣-١٠ ثانية، وينتج عن هذا النوع من التجفيف جزيئات غذائية صغيرة جداً. كما تمتاز باحتفاظ الأغذية بكميات كبيرة من عناصرها الغذائية ومقومات الطعوم والروائح.

وتكون مجففات الرذاذ إما من النوع المتوازي والذي تسير فيه المادة الغذائية بشكل متوازي مع الغذاء الساخن، أو قد تكون مجففات الرذاذ من النوع الذي يسير فيه الهواء من الأسفل وعكس سير المنتج المتجه من الأعلى إلى الأسفل. الشكل (٨)

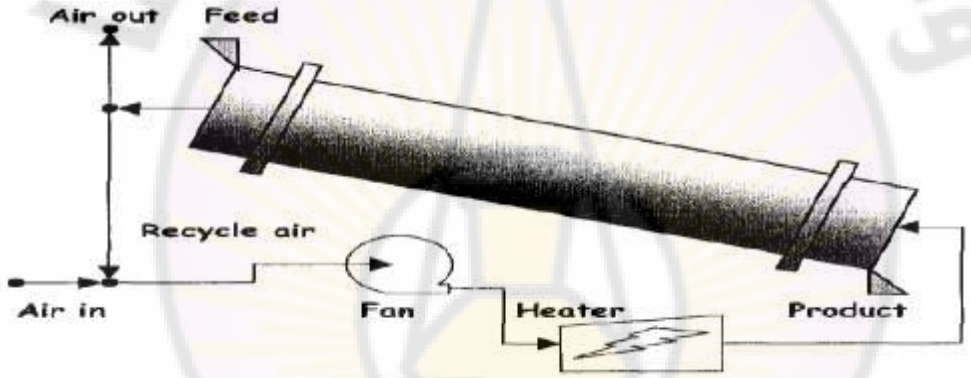


الشكل (٨): مجففات الرذاذ

وتمتاز هذه الأجهزة بأن وقت التجفيف فيها قصير جداً، إذ يتراوح من ٣-١٠ ثانية، وينتج عن هذا النوع من التجفيف جزيئات غذائية صغيرة جداً. كما تمتاز باحتفاظ الأغذية بكميات كبيرة من عناصرها الغذائية ومقومات الطعوم والروائح.

6-المجففات الدورانية (Rotary driers): يتكون المجفف الدوراني أو الأسطواني من أسطوانة معدنية مثقبة تدور ببطؤ مثبتة على ميل بسيط (٥°). تدخل المواد الرطبة عند النهاية العليا بينما يجري الهواء إما موازياً للمادة أو في عكس اتجاه جريانها. السطح الداخلي للأسطوانة ذو درجات أو سلالم وهي على هيئة ريشة طويلة ممتدة إلى الداخل باتجاه المركز، تحمل المادة باستمرار بدوران الريش وتسقط وتتفرق في تيار الهواء الساخن

مما يسبب تلامس ممتاز بين الهواء والمادة الصلبة كما تعمل الريش كنوع من الحلزون الذي يحمل المواد إلى أسفل في اتجاه الميل كما أن الجريان المتوازي قد يساعد في الحركة الأمامية. وتستخدم المجففات الدورانية مع المواد التي لا يسهل حركتها بالجاذبية الأرضية ذات المحتوى العالي من الرطوبة كالكسب ومخلفات العلف والحشائش والبرسيم. ولا يمكن استخدام هذا المجفف لكميات كبيرة من الأغذية لأنه يسبب تلفاً ميكانيكياً لها بسبب الاحتكاك الميكانيكي خلال الحركة في الأنبوب. وهذا النوع من المجففات يكون سعره أقل من مجففات الحزام الناقل. تتعرض مساحة كبيرة من الغذاء للهواء الساخن مما يعطي معدل تجفيف عالٍ ومنتج مجفف متماثل. ويلائم هذا النوع الأغذية التي تميل للتجمع في مجففات الصواني أو مجففات الحزام. كما أنَ الأضرار الناجمة عن تأثير الاحتكاك في المجفف يقيد من استخدام هذا المجفف في تجفيف عدد قليل نسبياً من الأغذية مثل حبوب الكاكاو والمكسرات. ويبين الشكل (٩) المجففات الدورانية.



الشكل (٩): المجففات الدورانية

تستعمل الطرائق السابقة لتجفيف المواد الغذائية ذات القطع الكبيرة في الحجم نسبياً. وتتوقف سرعة التجفيف على عوامل يتعلق بعضها بمواصفات هواء التجفيف كالحرارة والرطوبة والسرعة، ويتعلق بعضها الآخر بخصائص المادة الغذائية الصلبة المراد تجفيفها كنوع الخضار أو صنفها أو ثمار الفاكهة ونسبة الرطوبة فيها وطريقة التحضير التي تسبق عملية التجفيف وحجم قطعها وشكلها. ومن عيوب هذه المجففات أنها طريقة بطيئة وغير مستمرة التجفيف، إضافة إلى انخفاض انتاجيتها وعدم انتظام جفاف المادة الغذائية لذا يجب تحريكها بطريقة مناسبة بين حين وآخر.

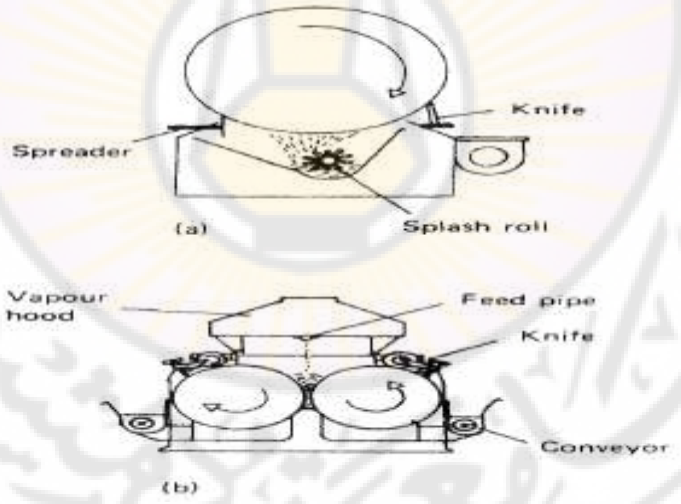
ثانياً- طرائق التجفيف المعتمدة على السطوح الصلبة الساخنة:

١-**المجففات الأسطوانية Drum driers**: تستخدم هذه المجففات لتجفيف المواد ذات الطبيعة السائلة (الحليب المكثف، الخميرة...). وتستخدم في هذه المجففات أسطوانات معدنية دوارة أفقية بقطر يتراوح بين ٠,٦-١,٨م، وتتكون من أسطوانة أو أكثر من الصلب. وتسخن داخلياً بوساطة بخار الماء إلى درجة حرارة ١٢٠-١٧٠°م. توضع المادة المراد تجفيفها (وهي السوائل المركزة جزئياً أو تحول المادة الغذائية الموجودة عليها إلى قوام عجيني يميل إلى السيولة) على شكل طبقة رقيقة ذات سماكة مناسبة على السطوح الخارجية

الملساء للأسطوانات الدوارة الساخنة بالغمر، الرش، النشر أو باستخدام أسطوانات تغذية إضافية. تدور الأسطوانات باتجاهات متعاكسة فيتبخر ماء المادة الغذائية وتجف الطبقة الملامسة لها، إذ تجف المادة الغذائية قبل أن تكمل الأسطوانة دورة واحدة (في غضون ٣-٢٠ دقيقة) وعندئذ تكشط بوساطة سكاكين خاصة ثم تسحق.

قد تكون هذه الأجهزة مجهزة بأسطوانة مفردة أو أسطوانتين اثنتين. كما قد تكون الأسطوانات عرضة للضغط الجوي العادي وإما أن تكون مفرغة (تكون الأسطوانات محاطة بغرفة تحت التفريغ) حيث يمكن إجراء عملية التجفيف في درجة حرارة منخفضة نسبياً، ولكن ارتفاع التكلفة لهذا النظام يحدَ من استخدامها لتجفيف الأغذية الحساسة للحرارة ذات القيمة الغذائية المرتفعة. ويوضح الشكل (١٠) المجففات الأسطوانية المعدنية.

وتستخدم عادة الأسطوانة المفردة لأن تمتاز بقدر أكبر من المرونة، وهناك مساحة أكبر من سطح الأسطوانة متاحة للتجفيف، إمكانية الصيانة بشكل أسهل، إضافة إلى عدم حدوث أي أضرار ناجمة عن سقوط الأجسام المعدنية بين الأسطوانات. ورغم ذلك، تسبب ارتفاع التكلفة والضرر الحراري الذي يلحق بالأغذية الحساسة نتيجة ارتفاع درجة حرارة الأسطوانة- بالانتقال لاستخدام التجفيف بالرذاذ لتجفيف العديد من الأغذية.



الشكل (١٠): المجففات الأسطوانية (a) مجففات ذات أسطوانة مفردة، (b) مجففات ذات أسطوانتين

كما يستخدم التجفيف بالأسطوانات لتجفيف رقائق البطاطا، الحبوب المطبوخة مسبقاً، المولاس، وبعض أنواع الحساء المجفف وهريس الفاكهة، ومصل اللبن أو المواد الصلبة القابلة للذوبان التي تستخدم في تصنيع علف للحيوانات.

٢-المجففات المفرغة ذات الرفوف Vacuum driers: تتكون من حجرة تحتوي في داخلها على رفوف مجوفة توضع في داخلها أطباق خاصة بالمواد الغذائية سائلة القوام. أما إذا كانت المادة صلبة القوام فيمكن أن توضع مباشرة على الرفوف. تغلق الحجرة وتفرغ من الهواء ثم يمرر وسط التسخين عبر الرفوف المجوفة لتسخين المادة الغذائية. ومن المواد المستعملة كوسط تسخين الزيت السائل أو البخار أو الماء الساخن. وتعد

تكاليف هذه الطريقة مرتفعة لذا فهي محصورة الاستعمال في بعض المواد كمساحيق عصير الحمضيات ومساحيق عصير البندورة.

وبخلاف الطرائق السابقة للتجفيف الصناعي، فقد تمَ ابتكار طريقتان جديدتان للتجفيف، الأولى تعرف باسم تجفيف السوائل الغذائية السابقة التجهيز على شكل رغوة، والطريقة الثانية وتعرف باسم تجفيف الأغذية بالتجفيد.

- **التجفيف بالرغاوى (Foam mat driers)**: من الطرائق الحديثة المستخدمة لتجفيف عصائر الفاكهة والخضار المركزة، وتنحصر هذه الطريقة في تحويل السوائل إلى رغوة تنشر في سير متحرك ويقابلها في اتجاه معاكس لاتجاه حركتها تيار من الهواء الدافئ. ويلاحظ في هذه الطريقة ضرورة ثبات الرغوة أثناء التجفيف لذا يتم إضافة مادة مثبتة للرغاوى للمادة المراد تجفيفها مثل صمغ الغواياك أو ميتيل سيليلوز أو مونوستيارات الغليسيرول، ثم يخلط بها مقدار من الهواء أو الغاز الخامل مع التقليب المستمر وبذلك يزداد حجم المادة المراد تجفيفها إلى الضعف أو ثلاث أضعاف. وعادة ما تستعمل درجة حرارة لا تتجاوز ٦٥°م، إذ يتم تجفيف المادة الغذائية السائلة في وقت يصل إلى ثلث الوقت اللازم للتجفيف بهذه الطريقة. ومن المواد المستخدمة أيضاً لتثبيت الرغوة الألبومين أو الغليسيرول وتضاف هذه المواد بنسبة ١% من الوزن الجاف. حيث تفرد المادة المراد تجفيفها على شكل طبقة رقيقة منتظمة بسماكة ٠,٣ سم فوق السيور المتحركة والتي تمر فوق تيار قوي من الهواء ليخترق الرغاوى ثم يمر السير بعد ذلك داخل مجموعة من مناطق التجفيف يمر بداخلها الهواء الساخن، ويبلغ الزمن اللازم للتجفيف بهذه الطريقة حوالي ٦٠ دقيقة.

وعادة ما يجري تركيز المادة الغذائية السائلة قبل تجفيفها بهذه الطريقة وذلك لتقليل الحمل على المجفف. وفي هذه الحالة يتم تركيز عصير الحمضيات حتى يصل تركيز المواد الصلبة إلى ٥٥%، وفي حالة عصير البندورة إلى نحو ٣٠%. ويمكن تجفيف الأغذية السائلة بهذه الطريقة حتى تصل رطوبتها إلى ١-٢% حتى في حالة الأغذية المحتوية على نسبة من السكريات.

- **التجفيف بالتجميد (التجفيد) Freeze drying**: تتم عملية التجفيف في هذا النوع من المجففات باستعمال جو مفرغ يمكن التحكم بظروف الحرارة والضغط وتجفيف المادة الغذائية بتحويل مائها من الحالة الجامدة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة وذلك تحت ضغط منخفض. وتسمى هذه الطريقة بالتجفيد Freeze dehydration، وهي مبنية على أساس الاستفادة من ظاهرة النقطة الثلاثية للماء. إذ يكون الماء عند درجة حرارة الصفر المئوي وضغط جوي يساوي ٤,٥٨ ملم زئبقي بحالاته الثلاث: الحالة الجامدة (الصلبة) والسائلة والغازية. وهذه الحالات الثلاث تعطي ما يعرف بالنقطة الثلاثية للماء. لذا لا بدَ من خفض الضغط إلى أقل من ٤,٥٨ مم زئبقي كي يتحول الماء من الحالة الجامدة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة وذلك عند رفع درجة الحرارة إلى أعلى من درجة الصفر المئوي.

يحدث التسامي للثلج على سطح الغذاء أولاً ثم يستمر إلى مركز المادة الغذائية، فالغذاء المجفد يبقى محتفظاً بقوامه المسامي لأن البلورات الثلجية عند تساميها تترك خلفها في الغذاء تجاويف فارغة مما يجعله سريع التشرب للماء ثانية ومن الضروري أن يبقى معلق بصورة جيدة لمنع امتصاص الرطوبة من الجو. وتعتبر هذه العملية مكلفة.

من التطورات الأخيرة والجديدة المستعملة مع هذه العملية هي استعمال **التسخين بالموجات الميكروية**، ومن مزاياها أنها تسخن فقط البلورات الثلجية وتختزل الوقت من ٠,٥ إلى ٠,١ مقارنة مع وقت التجفيد الاعتيادي.

وتعد طريقة التجفيف بالتجميد المتبعة في خزن الكثير من المواد الغذائية من أحدث التقانات التي ظهرت مؤخراً على هذا المستوى منذ عام ١٩٤٠، مثال صناعة تجفيف القهوة بتجميدها وتجفيف عصير الفواكه المختلفة وغيرها.

كما أن هناك طريقة أخرى تمزج بين التجفيف بالهواء وبين التجفيد وتسمى (**Air freeze drying**)، وفي هذه الطريقة تؤخذ قطع الخضروات وتجفف باستخدام الهواء إلى حوالي ٥٠% من رطوبتها ثم تجفد بعد ذلك إلى رطوبة ٢-٣%. واستخدمت هذه الطريقة في تجفيف الفاصوليا الخضراء والكرفس والذرة والفلفل. وترفع هذه الطريقة من كفاءة التجفيد ما بين ٥٠-٧٠% مقارنة مع استخدام طريقة التجفيف بالتجفيد لوحدها.

ومن مزايا طريقة التجفيف بالتجفيد:

١. انخفاض نسبة الفقد في العناصر الغذائية إلى أقل درجة مقارنة مع طرائق التجفيف الأخرى، حيث أنها تتعرض للأكسدة بسبب ارتفاع التفريغ. حيث يحافظ على البروتينات والفيتامينات والكربوهيدرات واللون والرائحة والطعم.
٢. يحافظ على البنية النسيجية للمادة الغذائية.
٣. يحافظ على الشكل والحجم الطبيعيين للمادة الغذائية إلى حد كبير.
٤. يحافظ على المواد الدسمة في المادة العذائية من الأكسدة.
٥. يحافظ على المادة الغذائية من الفساد بسبب خفض محتواها الرطوبة إلى الحد الذي يمنع نمو ونشاط الأحياء الدقيقة عليها.
٦. انخفاض نسبة الفقد في المواد الطيارة المسببة للنكهة إلى أقل حد ممكن بسبب انخفاض درجة حرارة التجفيف.
٧. لا تتعرض العصائر أثناء التجفيف لتكوين الرغاوي والفقاعات.
٨. انخفاض نسبة الرطوبة في العصير المجفف إلى حد كبير مقارنة مع طرائق التجفيف بالحرارة، فتكون بذلك العصائر المجففة بالتجفيد أكثر ثباتاً.

٩. يحتفظ الغذاء المجفد بقوامه المسامي لأن البلورات الثلجية عند تساميها تترك خلفها في الغذاء تجاويف فارغة مما يجعله سريع التشرب للماء ثانية، ومن الضروري أن يبقى معلق بصورة جيدة لمنع امتصاص الرطوبة من الجو.

ومن عيوب هذه الطريقة:

- أجهزة التجفيد مكلفة مقارنة مع أجهزة التجفيف الأخرى.
- الطاقة الإنتاجية لأجهزة التجفيد مازالت محدودة.

الفصل الرابع

خلط المواد الغذائية Food Mixing

الخلط: هو عملية مزج المواد الغذائية ذات الطبيعة السائلة أو الصلبة أو العجائن وجعلها مادة متجانسة، جزيئاتها متلاصقة بعضها مع بعض وتستخدم هذه العملية لإعطاء تجانس بين مادة سائلة ومادة صلبة أو بين مادة سائلة ومادة غازية أو بين مادتين ذات طبيعة صلبة أو بين مادتين ذات طبيعة سائلة.

أو **يعرف الخلط بأنه:** هو العملية التي يتم من خلالها تكوين مزيج يتألف من مكونين أو أكثر من خلال نشر أحدهما في الآخر، حيث يسمى المكون الأكبر بالطور المستمر والمكون الأصغر بالطور المنتشر، مع تشابه جزئي مع المستحلبات. ولكن هذه الشروط لا تعني حدوث عملية استحلاب عند استخدامها في هذا السياق.

لا تمتلك عملية الخلط تأثيراً حافظاً، وتعتبر فقط كعملية مساعدة في التصنيع أو لتحسين جودة الغذاء.

ولعملية المزج **تطبيقات كثيرة** في العديد من الصناعات الغذائية، حيث تستخدم هذه العملية لمزج المكونات للحصول على خواص وظيفية أو خواص حسية مختلفة، بحيث تتداخل أجزاء هذه المواد بعضها مع بعض وبالتالي يمكن الحصول على مادة جديدة لا تشابه في صفاتها الفيزيائية المادة الأولية المستخدمة. كمثال: تحسين القوام في المعجنات والآيس كريم، ضبط بلورة السكر وتهوية المواد المخفوقة وبعض منتجات الشوكولا، مصانع الكونسرة والألبان والسكر والزيوت والمخابز والمياه الغازية وغيرها.

وتستخدم أنواع وأنماط مختلفة من أجهزة الخلط في صناعة الأغذية، ويتحدد استخدامها وتطبيقها لتلائم أنواعاً معينة من عمليات الخلط دون غيرها، **ولتلائم نوع المادة** التي تقوم بخلطها (مادة سائلة ومادة صلبة أو بين مادة سائلة ومادة غازية أو بين مادتين ذات طبيعة صلبة أو بين مادتين ذات طبيعة سائلة أو العجائن)، فضلاً عن **الخصائص الفيزيائية للمنتج النهائي** (مثل اللزوجة والكثافة). **وتستخدم عملية الخلط للأسباب التالية:**

١. تحقيق الاتصال الوثيق بين المكونات المختلفة من أجل السماح بحدوث تفاعل كيميائي بينها.
٢. تشكيل مزيج ذو خواص جديدة مختلفة بشكل تام عن خصائص المكونات الأساسية المكونة للمزيج.

هناك ثلاثة معايير لتقييم أداء أجهزة الخلط وهي:

١. درجة الخلط المنجزة.

٢. الوقت المطلوب لتحضير الخليط.

٣. كمية الطاقة المستهلكة.

المعدات:

يعتمد الاختيار الصحيح لنوع وحجم الخلاط على نوع وكمية الغذاء المراد خلطه وسرعة العملية اللازمة للوصول إلى درجة الخلط المطلوبة مع تخفيض الطاقة المستهلكة. وتتوفر أنواع مختلفة من الخلاطات، تبعاً للتطبيقات الكثيرة لعملية الخلط والطبيعة التجريبية لتصميم الخلاطات وتطويرها. وقد تم تصنيف الخلاطات إلى أنواع وذلك حسب نوع المادة التي تقوم بخلطها:

أولاً: أجهزة خلط المواد الصلبة.

ثانياً: أجهزة خلط السوائل.

ثالثاً: أجهزة خلط العجائن.

أجهزة خلط المواد الصلبة:

في هذا النوع من الأجهزة يتم خلط أجزاء المادة الغذائية الأولية بحالتها الصلبة مع مادة غذائية أخرى قبل إجراء بعض العمليات التكنولوجية التصنيعية. وبالمقارنة مع السوائل والعجائن اللزجة فإنه من غير الممكن الحصول على مزيج متماثل بشكل كامل من المساحيق الجافة أو جزيئات المواد الصلبة، وتتوقف درجة الخلط على:

١. حجم وشكل وكثافة كل مكون من المكونات، وتسهل هذه العملية إذا كانت المواد الغذائية ذات حجم متقارب.

٢. محتوى الرطوبة، الخصائص السطحية والفيزيائية وخصائص التدفق لكافة المكونات.

٣. ميل المواد إلى التجمع.

٤. كفاءة الخلاط المستعمل لمزج هذه المكونات.

بشكل عام يمكن القول بأن المواد المتشابهة بالحجم والشكل والكثافة ذات قدرة على تشكيل مزيج متماثل بشكل أكبر من المواد المختلفة بالمواصفات. ويسبب الاختلاف بهذه الخواص خلال عملية الخلط انفصال (أو عدم المزج) أجزاء المكونات. في بعض أنواع الخلائط يتم الحصول على مزيج متماثل بعد فترة زمنية معينة، ثم يبدأ بعد ذلك الانفصال، ولذلك فإنه من المهم في هذه الحالات أن يتم ضبط زمن عملية الخلط بدقة وإحكام. ويعتمد تماثل وتجانس المنتج النهائي على التوازن بين آليات الخلط والانفصال، والذي يرتبط بدوره بنوع جهاز الخلط وظروف عملية الخلط ومكونات الغذاء.

عند أخذ عينات من مزيج مؤلف من مكونين، في بداية عملية الخلط (في حالة عدم المزج أو الانفصال) فإن أغلب المكونات سوف تتألف بشكل كلي من مكون واحد فقط، وباستمرار عملية المزج، يصبح تركيب كل عينة من العينات أكثر تجانساً وصولاً إلى تعديل تركيب المزيج.

إحدى طرائق تقدير التغيرات في تركيب المزيج هي حساب الانحراف المعياري لكل جزء من العينات المتتالية:

$$\boldsymbol{\sigma_m = \sqrt{\left[\frac{1}{n-1}\sum(c-\bar{c})^2\right]}} \qquad (1)$$

حيث أن: σ_m الانحراف المعياري، n: عدد العينات، (c): تركيز المكون في كل عينة، $(\bar{c})$: المتوسط الحسابي لتركيز العينات، حيث لوحظ أن الانحراف المعياري يتناقص بازدياد تجانس المزيج.

وتتوفر عدد من المؤشرات لمراقبة مدى الخلط والمقارنة مع البدائل المتاحة من المعدات:

$$\boldsymbol{M_1 = \frac{\sigma_m - \sigma_\infty}{\sigma_o - \sigma_\infty}} \qquad (2)$$

$$\mathbf{M_2 = \frac{\log \sigma_m - \log \sigma_\infty}{\log \sigma_0 - \log \sigma_\infty}} \qquad (3)$$

$$\mathbf{M_3 = \frac{\sigma_m^2 - \sigma_\infty^2}{\sigma_0^2 - \sigma_\infty^2}} \qquad (4)$$

حيث أن:

σ_∞: الانحراف المعياري لعينة ممزوجة بشكل مثالي، σ_0: الانحراف المعياري للعينات عند بدء عملية المزج، σ_m: الانحراف المعياري للعينات خلال عملية الخلط. ويتم حساب σ_0 من العلاقة التالية:

$$\boldsymbol{\sigma_0 = \sqrt{[V1(1-V1)]}} \qquad (5)$$

حيث أن V: متوسط حجم الأجزاء أو كتلة المكوّن في المزيج.

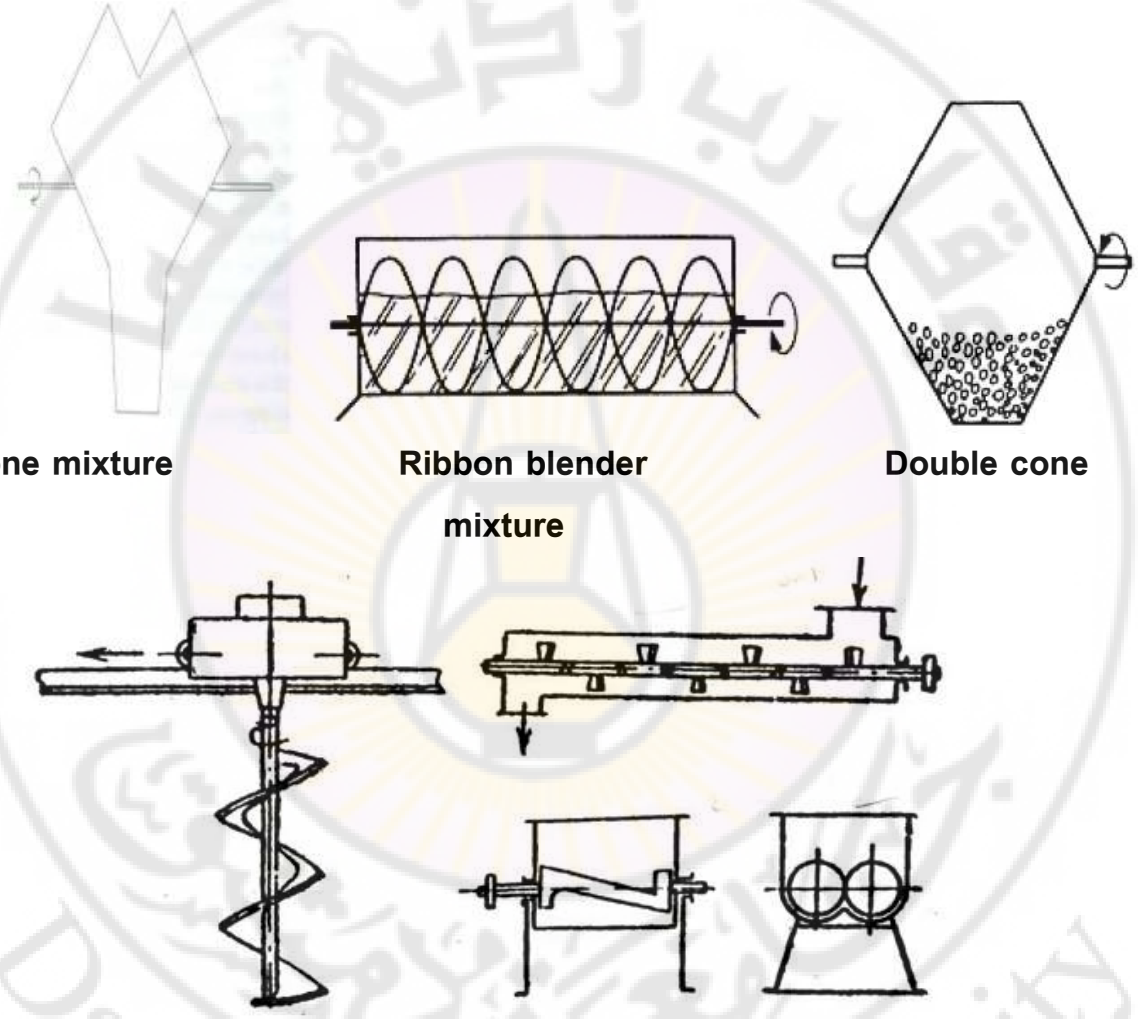
عملياً لا يمكن الوصول إلى خلط مثالي حيث تكون $(\sigma_\infty = 0)$، ولكن في أجهزة الخلط ذات الكفاءة العالية يمكن الوصول إلى قيمة منخفضة جداً خلال فترة معقولة.

يستخدم مؤشر المزج M_1 عندما يتم خلط كتل متساوية تقريباً أو عندما يكون معدل الخلط منخفضاً نسبياً، ويستخدم M_2 عند خلط كمية صغيرة من مكون ما ضمن كتلة كبيرة من المكونات الأخرى أو عندما يكون معدل المزج مرتفعاً، ويستخدم M_3 عند خلط السوائل والمواد الصلبة بطريقة مماثلة للمؤشر M_1. وبشكل عملي يتم فحص المؤشرات الثلاثة ويتم اختيار المؤشر المناسب للمكونات وعليه يتم اختيار نوع جهاز الخلط. ويرتبط زمن الخلط مع مؤشر الخلط المستخدم:

$$\boldsymbol{\ln M = -Kt_m} \qquad (6)$$

حيث أن K: معدل ثابت لخلط المكونات، والذي يختلف تبعاً لـ نوع جهاز الخلط وطبيعة المكونات، t_m(s): زمن الخلط.

تقسم أجهزة خلط المواد الصلبة **حسب نظام عملها إلى** أجهزة ذات نظام دوري تعمل خلال فترات زمنية متقطعة، وأجهزة ذات نظام متواصل ومستمر، بينما تقسم حسب **سرعة دورانها إلى** أجهزة بطيئة الحركة (مثل الأجهزة ذات المجاذيف والأجهزة الحلزونية)، وأجهزة سريعة الحركة (مثل الأجهزة التي تعمل على مبدأ القوة النابذة). وتستخدم في مصانع الأغذية الأشكال التالية من الخلاطات. الشكل (١).



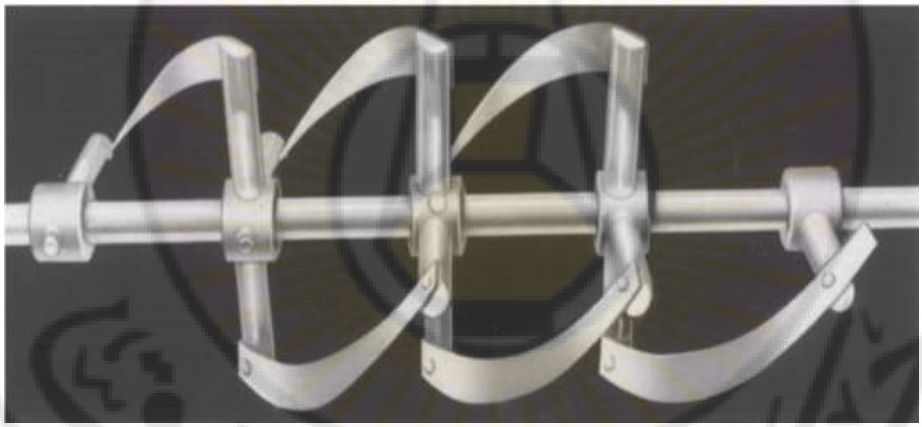
الشكل (١): نماذج من أجهزة خلط المواد الصلبة

لهذه الخلاطات تصميمين رئيسين: الفعل العكسي لتدوير الأوعية، والحركة التوافقية للمادة الغذائية في الأنواع اللولبية. وتستخدم هذه الخلاطات لمزج الدقيق والحبوب وتحضير خلائط المساحيق (على سبيل المثال: خلائط الكيك والشوربات المجففة). ونذكر من هذه الأجهزة:

- **أجهزة خلط دوارة (Tumbling mixers/Cone mixers)**: تتألف هذه الأجهزة من وعاء خلط مغلق يدور حول محور أفقي، يحتوي على أسطوانة أفقية، أو مخروط مزدوج، أو مخروط بشكل حرف Y أو V. وتعمل هذه الخلاطات على دفعات، ويتم ملء هذه الأجهزة بشكل جزئي بالمواد الصلبة بمقدار نصف حجمها (تصل إلى حوالي ٦٠% من الحجم) وتدور بسرعة تتراوح بين 20-100 دورة/ دقيقة. وتعتمد عملية الخلط

المثالية لمزيج معين من المكونات على شكل وسرعة دوران حوض الخلط، ولكن يجب ألا تتجاوز سرعة الدوران السرعة الحرجة (عندها يتم قذف جميع المواد الصلبة إلى الخارج باتجاه جدران الخلاط)، أي عندما تتجاوز القوة الطاردة المركزية قوة الجاذبية الأرضية. وتتحسن كفاءة الخلط باستخدام المصدات الداخلية أو الأذرع الدوارة المتعاكسة. وتستخدم هذه الأجهزة لخلط المواد الصلبة ذات التدفق الحر، ولكن يمكن إضافة كميات صغيرة من السائل خلال عملية الخلط، وتعد هذه الأجهزة الأنسب لخلط جزيئات لها نفس الحجم والكثافة. وتستخدم هذه الخلاطات في تطبيقات الكبسلة والتغطية.

- **أجهزة الخلط الشريطية (Ribbon mixers)**: تتألف من إثنين أو أكثر من الشفرات المعدنية الضيقة (الشكل ٢) تدور بشكل متعاكس داخل حوض نصف كروي مغلق. حيث تكون الشفرات الشريطية ذات ميل مختلف، ونتيجة لذلك فإن إحداها تدفع المواد بسرعة إلى مقدمة الحوض والثانية تدفع المواد ببطء باتجاه الخلف، لتشكل شبكة تدفع المواد باتجاه الأمام. وهذا النوع من الخلاطات يستخدم لمزج المكونات الجافة والمواد الغذائية ذات الجزيئات الصغيرة.



الشكل (2): أجهزة الخلط الشريطية

- **أجهزة الخلط اللولبية العمودية Vertical-screw mixers**: تحتوي على لولب عمودي دوار، موجود ضمن وعاء مخروطي يدور حول محور مركزي لخلط المحتويات. ويستخدم هذا النوع بشكل خاص لمزج كميات صغيرة من المكونات ضمن كتلة كبيرة من المواد.

خلط المواد السائلة:

أولاً- أجهزة خلط السوائل ذات اللزوجة المنخفضة والمعتدلة:

يتم تحريك ومزج المواد الغذائية ذات الطبيعة السائلة، وذلك باستخدام خلاطات ذات أجزاء متحركة داخل هذه المواد، ونتيجة لهذه الحركة تتم عملية الخلط بشكل جيد، وتزداد فعالية عملية الخلط بزيادة سرعة هذه المحركات ولكن هذه السرعة تتوقف على نوعية المادة الغذائية (فمثلا إذا تعرض الحليب إلى عمليات تحريك شديدة فإن ذلك يؤدي إلى تشكيل رغوة وهذه صفة غير مرغوبة أثناء عملية الخلط).

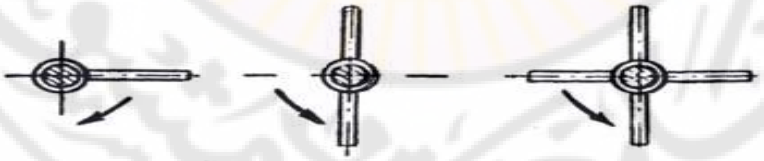
لذا تستخدم هذه الخلاطات في مزج المواد الغذائية معتدلة اللزوجة كعصير الفاكهة والمشروبات الغازية وغيرها. وتمتاز هذه المواد باعتدال لزوجتها، لذا فإن مقاومة المادة الغذائية لهذا الدوران تكون قليلة، ولهذا يمكن أن تدار هذه الخلاطات بسرعة عالية.

أ- **خلاطات (بشكل مجاذيف) ذات الأذرع:** يعد هذا النوع من الخلاطات من حيث تصميمها من أبسط الأنواع مقارنة مع أنواع أجهزة الخلط الأخرى. وهي عبارة عن أذرع مسطحة عريضة ذات سطح مستو (الشكل 3) تشكل 50-75% من قطر الوعاء تدور بسرعة 20-150 دورة/ دقيقة، يتم تثبيتها على محور الدوران بشكل عمودي أو بشكل مائل وذلك حسب حوض جهاز الخلط لتشكل تيارات عمودية في الأحواض عديمة المصدات. عدد المجاذيف المثبتة على محور الدوران ٢ أو أكثر، كما يتراوح عدد صفوف المجاذيف على محور الدوران من ١ إلى ٥ صفوف، الشكل (٤). وتأخذ المجاذيف أشكالاً مختلفة فيمكن أن تكون مسطحة أو منحنية أو مائلة وقد تكون مربعة الشكل، كما يمكن أن تكون بشكل مرساة السفينة ويمكن أن تكون بشكل تشابكي الشكل (٥).

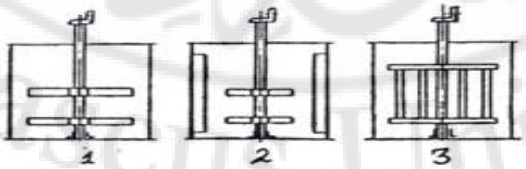
أثناء حركة الخلاطات فإن المادة السائلة تدور مع جهاز الدوران وتأخذ شكل شبه مكافئ والذي يزداد عمقه كلما زادت سرعة الدوران، فمن أجل منع تشكيل هذه الظاهرة ولمنع دوران السوائل أثناء عملية خلطها، يثبت داخل جهاز الخلط وعلى جدرانه الداخلية عوارض معدنية تمنع دوران السوائل داخل الجهاز.

إن اختيار النوع المناسب يحدد حسب نوع المادة المراد خلطها فمثلاً تستخدم الخلاطات بشكل مرساة لخلط ومزج المواد التي تحوي مادة غذائية قابلة للترسيب. الشكل (٦).

يجب أن لا تزيد سرعة دوران هذه الأجهزة عن ٤٠٠ دورة / دقيقة وتتراوح السرعة المثلى بين ٢٠-٨٠ دورة / دقيقة وهي تستخدم لخلط السوائل قليلة اللزوجة حتى ٠,١ باسكال. ثانية.

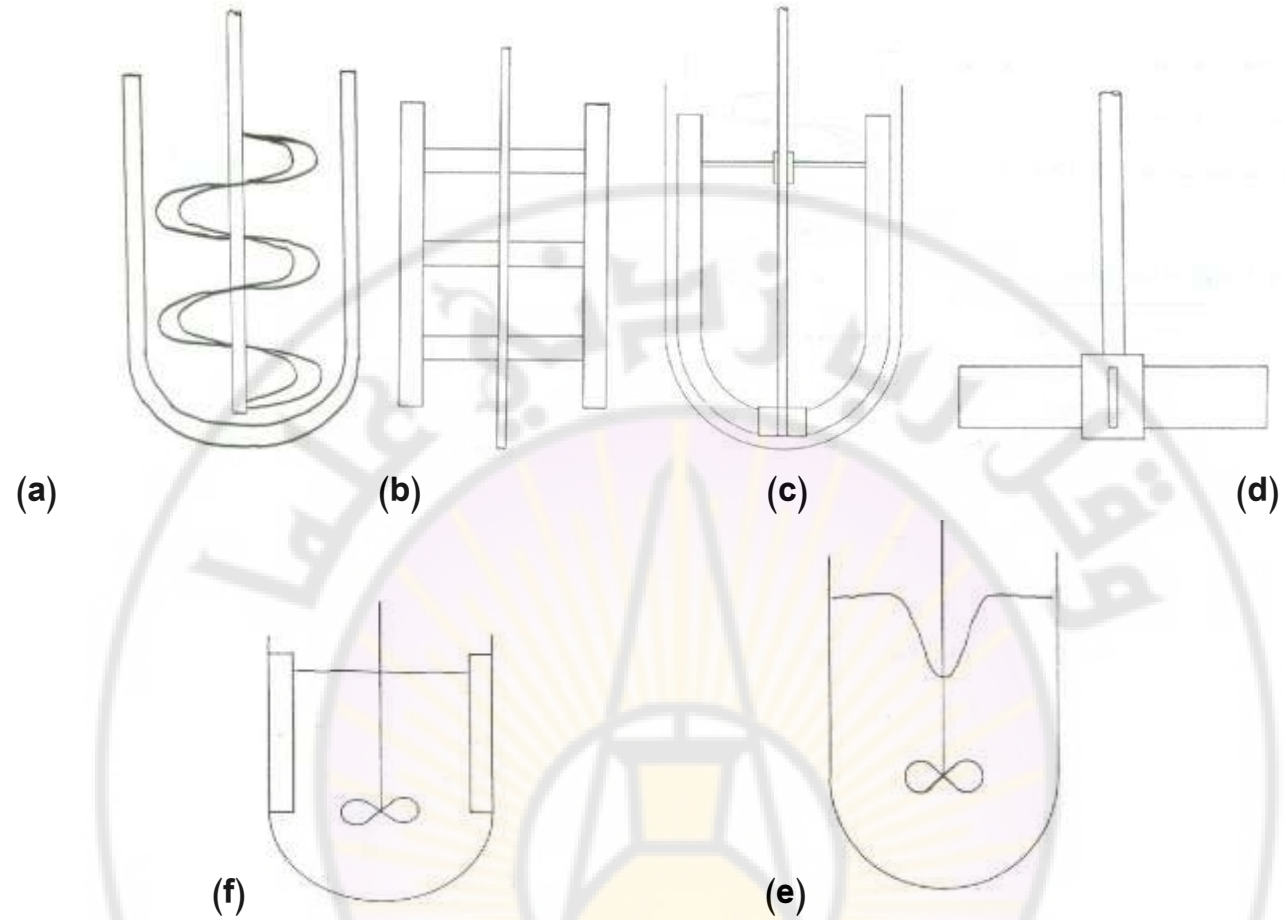


الشكل (4) محور دوران يبين عدد الأذرع



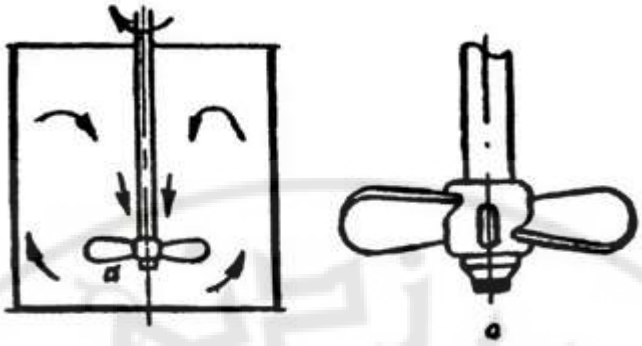
الشكل (5)

١- جهاز خلط: مؤلف من زوجين من المجاذيف.
٢- جهاز خلط السوائل مع جهاز عاكس لحركة دوران السوائل
٣- جهاز خلط تشابكي



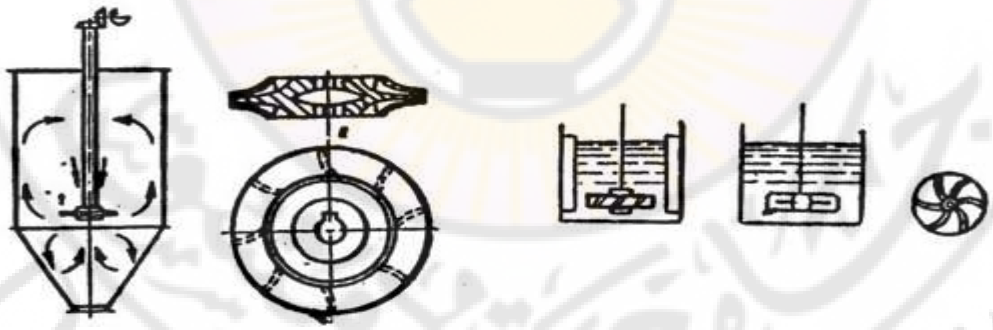
الشكل (٦): (d) خلاط ذو مجاذيف، (c) خلاط على شكل مرساة، (b) خلاط على شكل بوابة (تشابكي)، (a) خلاط حلزوني، (e) جهاز خلط السوائل دون مصدات (f) مع مصدات

ب- **خلاطات مروحية الشكل:** تتألف الخلاطات المروحية من محور دوران مثبت عليه شفرات مروحية الشكل قصيرة (أقل من ٤/١ قطر الحوض المثبتة بداخله)، ويتراوح عدد الشفرات على المحور الواحد من ٢-٣ شفرات. الشكل (٧). وذلك من أجل للسماح بتدفق السوائل طولياً وشعاعياً ومنع تشكل الدوامات. وبدلاً من ذلك يتم تثبيت المصدات على جدران الحوض لزيادة قوة خلط السوائل ومنع التدفق الدائري، وبفضل درجة ميلان الشفرات يتم دفع جزيئات السائل في جميع الجهات ونتيجة ذلك ينتج تيارات متلاقية مما يؤدي إلى خلط السائل بشكل جيد وكامل. وفي بعض الأجهزة يتم وضع صفين من الخلاطات المروحية ويتعلق ذلك بحجم الحوض المستخدم في عملية الخلط. ويجب مراعاة الحذر في هذه التصميمات لضمان النظافة الكافية للحوض. ويتراوح عدد دورات الخلاطات المروحية من 400-1500 دورة/دقيقة، ويستخدم لخلط السوائل القابلة للامتزاج، المحاليل منخفضة التركيز، تحضير محاليل الشرابات أو المحاليل الملحية. كما يستخدم هذا النوع من الخلاطات في خلط السوائل قليلة اللزوجة حتى ٦ باسكال.ثانية. ويعد هذا النوع من الخلاطات من أفضل الخلاطات ذات المجاذيف ولكنها تستهلك كمية أكبر من الطاقة الكهربائية.



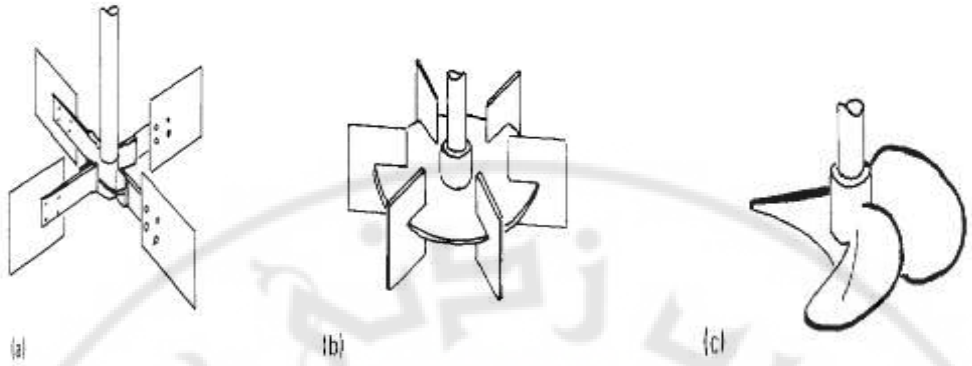
الشكل (٧): الخلاطات المروحية

ت- **أجهزة الخلط التوربينية:** هي عبارة عن أجهزة خلط من النوع أجهزة الخلط على شكل عنفات، تتألف من أربع شفرات أو أكثر مرتبطة معاً. ويشكل حجمها حوالي 30-50% من قطر حوض الخلاط وتدور بسرعة 500-30 دورة/ دقيقة. وقد تكون الشفرات مسطحة مائلة أو منحنية وذلك لزيادة التدفق الشعاعي والطولي. وقد يتم جمع الشفرات على قرص مسطح دوار، مثبت عمودياً. وتتزايد قوة الخلط عند نهاية الشفرات، ولذلك تستخدم هذه الأنواع من الأجهزة في الخلط الأولي للمستحلبات. وقد تتألف الخلاطات التوربينية من محور عمودي مثبت عليه قرص متحرك، تتراوح عدد دوراته بين ٢٠٠-٢٠٠٠ دورة / دقيقة. تدخل المادة السائلة إلى القرص حسب المحور من فتحة في منتصفه وتكتسب التسارع من خلال مجاذيف هذا القرص التي تعمل على قذف المادة في اتجاه نصف دائري. الشكل (٨).



الشكل (٨): أشكال مختلفة للخلاطات التوربينية

يستخدم هذا النوع من الخلاطات لخلط المادة الغذائية ذات الشكل السائل والتي تمتاز بكثافتها القليلة، كما تستخدم لخلط المواد الغذائية التي تمتاز بلزوجتها العالية والتي تصل حتى ٥٠٠ باسكال.ثانية. ويمكن استخدامها لخلط المادة الغذائية والتي تحوي حوالي ٦٠% من المادة الصلبة، وتستخدم لخلط المواد التي تحوي ذرات صغيرة ذات قياسات حتى ٢٥مم في المادة السائلة. الشكل (٩)



الشكل (٩): أجهزة الخلط: (a) جهاز خلط ذو الشفرة المسطحة flat blade agitator، (b) عنفة قرصية مروحية vaned disc impellor، (c) جهاز الخلط مروحي الشكل propeller agitator

ثانياً: أجهزة خلط السوائل عالية اللزوجة والعجائن:

يتم مزج السوائل ذات اللزوجة العالية باستخدام أجهزة خلط ذات محور عمودي بسرعات منخفضة مثل أجهزة الخلط متعددة المجاذيف ذات الشكل التشابكي، وبشكل أكثر شيوعاً، أجهزة الخلط الدورانية المتعاكسة التي تعطي قوة تقطيع ومزج أكبر. وتعد أجهزة الخلط التشابكية والمرساة التصميم الأساسي في هذه المجموعة (الشكل 10). وغالباً ما تستخدم أجهزة الخلط هذه أوعية خلط ذات جدران مسخنة حيث يتم تزويد المرساة بشفرات كاشطة، وذلك لحماية المواد الغذائية من الاحتراق نتيجة التلامس مع السطح الساخن للوعاء.

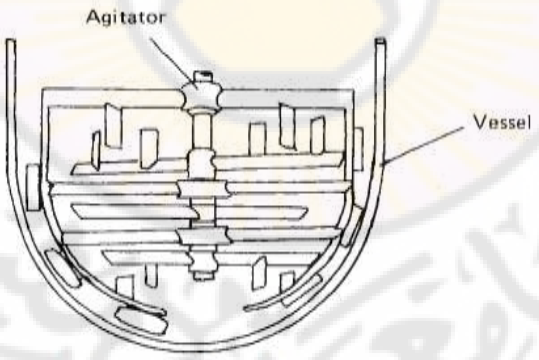


Fig. 5.8 Anchor-and-gate agitator.

الشكل (١٠): جهاز الخلط التشابكي والمرساة

بعض التصاميم المعقدة يمكن أن تحتوي على أذرع على جهاز الخلط التشابكي وهذه الأذرع تكوّن شبكة (تتشابك) مع أذرع ثابتة على المرساة وذلك بهدف زيادة قوة التقطيع والخلط، بينما قد تحتوي التصاميم الأخرى على شفرات منحنية لمنع تكوّن الحركات الشعاعية في الغذاء.

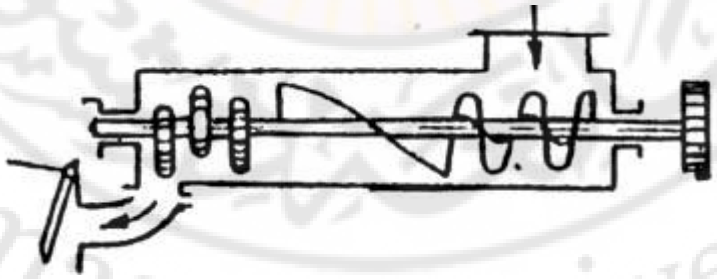
-**الخلاطات المدارية:** تعد هذه الخلاطات ذات استخدام شائع في التطبيقات الصناعية والمنزلية، وقد أتت تسميتها من تشكيل مدارات أو (مسارات) تظهر نتيجة دوران الشفرات (بسرعة 40-370 دورة/ دقيقة)، والتي تشمل كل جوانب الوعاء أثناء عملية الخلط. وتستخدم التصاميم المعدلة شفرات دوارة ملتوية مثبتة في منتصف

الأوعية الدوارة متعاكسة الحركة أو متوازية الحركة. ويوجد في كلا النوعين فراغ صغير بين الشفرات وجدار الوعاء. وتستخدم الشفرات التشابكية لخلط العجائن وخلط المكونات وتجهيزها لعملية المد والنشر؛ وتستخدم أجهزة الخفق لتحضير المواد المخفوقة.

– **الخلاطات اللولبية:** تعد النموذج الأساسي لما يعرف بأجهزة الخلط المستمرة ذات الدوران الثابت. يتم وضع اللولب الأفقي الدوار بإحكام داخل صندوق ثابت أو داخل أسطوانة. يتم استخدام لولب واحد أو لولبين لنقل المواد الغذائية اللزجة أو العجائن داخل الأسطوانة لإجبارها على المرور خلال شبك مثقب. وتسبب المسافة الفاصلة الصغيرة بين اللولب وجدار الأسطوانة عملية التقطيع والعجن. ويضاف إلى ذلك عمليات التقطيع والعجن أثناء عبور المواد الغذائية لنهاية الشبك. ويستخدم هذا النوع من المعدات أيضاً في المستحلبات وصناعة الزبدة والسمن. تستخدم الخلاطات المستمرة لإنتاج عجائن (البسكويت، الخبز، التوست، الكعك، ومنتجات الحلوى).

ثالثاً: أجهزة خلط العجائن (المعجنات):

يستخدم هذا النوع من الأجهزة في مصانع المعكرونة والسكاكر، كما يستخدم في المخابز. تعمل هذه الأجهزة على خلط المواد الداخلة في التصنيع (ماء، طحيناً، خميرة، سكراً، ملحاً، سمنة.....الخ). كما أنها بالإضافة إلى خلط هذه المواد مع بعضها بعضاَ فإنها تقوم بعجن المادة وإشباعها بالهواء وإعطائها شكلاً مرناً. وتقسم هذه الأجهزة حسب مبدأ عملها إلى: دورية تعمل خلال فترات زمنية متقطعة، ومستمرة تعمل بدون انقطاع. ومن الأجهزة التي تعمل بشكل دوري جهاز الخلط ذو المجاذيف. ويتألف هذا الجهاز من وعاء وجهاز خلط. أما الأجهزة التي تعمل بشكل متواصل فهي جهاز عجن حلزوني الشكل وتعمل هذه الأجهزة على عجن المادة ونقلها حسب الشكل (١١).



الشكل (١١): جهاز خلط العجائن

أجهزة هرس المواد الغذائية وفصلها:

تستخدم هذه الأجهزة بشكل واسع في معامل الكونسروة وذلك لهرس المادة الغذائية بعد سلقها إذ تعمل هذه الأجهزة على فصل المادة إلى جزئين: عصير المادة أو لب المادة الغذائية وهو ما يعرف بـ هريس المادة الغذائية، والمادة الصلبة المتبقية بعد الهرس (البذور، القشور.....الخ).

يتعلق مبدأ عمل هذه الأجهزة بأنها تؤثر بقوة في المادة الغذائية، وذلك بدفعها تحت تأثير قوة الطرد المركزية إلى محيط الجهاز الأسطواني المصنع على شكل منخل من معدن الستانلس ستيل، وعندها تفقد المادة الغذائية العصير من داخلها الذي يخرج عبر فتحات هذه المصفاة فتبقى المادة الصلبة داخل الجهاز الأسطواني بحيث تخرج من فتحة جانبية حيث يتم طرحها خارج المصنع.

يتألف جهاز الهرس من محور متحرك حركة دورانية يثبت عليه عوارض معدنية يتراوح عددها من ٢ إلى ٤، والتي تعمل على دفع المادة الغذائية للدوران. وبهذه الطريقة يتم التأثير على المادة بوساطة قوة الطرد المركزي والتي تساوي قيمتها أكثر بـ ١٠٠ مرة من وزن المادة المعالجة.

الهدف من هذه العملية تحقيق عدة عمليات في آن واحد:

١. الحصول على العصير من المادة الغذائية.

٢. التخلص من المادة الصلبة.

٣. تحطيم المادة الغذائية إلى جزيئات صغيرة وناعمة جداً وإعطاء تجانس لهذه المادة.

تستهلك هذه الأجهزة كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية تصل إلى ١٣ ك وات، وتصل عدد دورات محورها إلى ٨٠٠ دورة / دقيقة.

تثبت هذه العوارض المعدنية على محور الدوران بزاوية انحراف تتراوح بين ١,٥–٤,٥ درجة. إن أبسط هذه الأجهزة مؤلف من أسطوانة واحدة بالإضافة إلى أنه في مصانع الكونسروة تستخدم أجهزة هرس مؤلفة من ثلاث أسطوانات مثبتة فوق بعضها البعض.

جهاز هرس ثمار البندورة:

يستخدم في مصانع الكونسروة لهرس ثمار البندورة جهاز مؤلف من ثلاث أسطوانات.

قطر فتحات المنخل في الأسطوانة الأولى ٥ مم، المساحة الخالية من الثقوب تشكل نحو ٣٣% من مساحة سطح الأسطوانة.

قطر فتحات المنخل في الأسطوانة الثانية ١,٥ مم بمساحة ٢٣% خالية من الثقوب.

قطر فتحات المنخل في الأسطوانة الثالثة ٠,٨ مم بمساحة ١٧% خالية من الثقوب.

الطاقة الإنتاجية لهذا الجهاز نحو ١٠ طن/ساعة، والطاقة الكهربائية المستهلكة ١٠ ك. وات، والطاقة الكهربائية لمحرك المضخة ٢,٨ ك. وات.

تأثير عملية الخلط في المادة الغذائية:

عملية الخلط ليس لها تأثير مباشر في القيمة الغذائية أو فترة صلاحية الغذاء ولكنها قد تسبب تأثيراً غير مباشر وذلك من خلال السماح لمكونات المزيج بالتفاعل مع بعضها البعض. تتوقف طبيعة ومدى التفاعل على طبيعة

المكونات المتفاعلة، وقد تؤدي زيادة الحرارة المتولدة عن الخلاط إلى تسريع هذه التفاعلات. وعموماً، للخلط تأثير كبير على الصفات الحسية والخصائص الوظيفية للغذاء. على سبيل المثال، يحدث تطور للغلوتين أثناء صنع العجينة بوساطة أفعال المد والطي التي تسبب تجمع وتحلل وإطالة جزيئات البروتين وتطور بنية الغلوتين لإنتاج القوام المرغوب به في الخبز. والتأثير الرئيسي لعملية الخلط هو زيادة تجانس وتماثل المنتجات من خلال التوزيع المنتظم للمكونات في كافة أنحاء الكتلة.

الفصل الخامس

معمل الألبان

يشكل الحليب الخام الذي يرد من مزارع إنتاج الحليب إلى معامل الألبان المادة الأولية لتصنيع عدد كبير من المنتجات اللبنية المختلفة كحليب الشرب المبستر والمعقم واللبن الرائب والجبن والزبدة والحليب المجفف وغيره من منتجات الألبان وبصرف النظر عن المنتج النهائي الذي سيحول إليه الحليب الخام ،فإنه من الضروري معاملة هذا الحليب بالحرارة الكافية لقتل الأحياء الدقيقة الممرضة للإنسان والمحتمل وجودها في الحليب الخام وتنص قوانين معظم الدول على ضرورة إجراء عملية البسترة أو التعقيم للحليب قبل استهلاكه، كما أنه من الضروري تنقية الحليب وتخليصه من الشوائب الميكانيكية وبقايا كريات الدم البيضاء وخلايا الضرع المتهتكة وذلك بغية تحسين صفاته .

ان تطبيق هذه المعاملات على الحليب الخام وكذلك عمليات تحويله إلى منتجات لبنية جيدة النوعية ،لا يمكن أن تتم وبشكل صحيح الا من خلال وجود معامل متخصصة في صناعة الألبان .

معمل الألبان

يمكن تعريف معمل الألبان بأنه المكان المجهز بكافة الوسائل والمعدات اللازمة لتقييم واستلام الحليب الخام وتخزينه بشكل مبرد ثم تصنيعه الى منتجات لبنية متنوعة، خالية من المكروبات المرضية وذات نوعية جيدة متوافقة مع اشتراطات المواصفة القياسية الخاصة بكل منتج من هذه المنتجات ، وكذلك يجب ان تتمتع هذه الاماكن بالقدرة على تخزين المنتجات الجاهزة بشكل مبرد وصحيح حتى موعد تسويقها.

تصميم معمل الألبان وشروط إقامته

إن إقامة معمل الألبان في مكان ما يهدف بشكل أساسي إلى أمرين اثنين هما :

١- تزويد السوق المحلية بمنتجات الألبان الضرورية .
٢- تحقيق ربح تجاري مقبول للمستثمر .
عند انشاء وتصميم معمل الألبان لابد من توفر الشروط العامة التالية في مكان اقامة المعمل :

١- **توفر المادة الاولية** (الحليب الخام) بكميات تكفي لسد الحد الأدنى من طاقة المعمل الانتاجية .
٢- **توفر رأس المال الكافي الثابت والمتحرك،** ويقصد برأس المال الثابت قيمة كل من المباني والمنشآت ووسائل الإنتاج والمعدات وخطوط الإنتاج الرئيسة والثانوية .
٣- **تحديد نوع وحجم معمل الألبان**
من أهم العوامل التي تحدد حجم معمل الألبان وعدد الخطوط الإنتاجية فيه هي :

أ- توفر الحليب الخام وكميته

ب- كمية رأس المال الموظف في المصنع

ت- توفر الإدارة الواعية والأيدي العاملة المدربة

٤-اختيار موقع معمل الألبان

يعد اختيار الموقع الجيد والمناسب لإقامة معمل الالبان من أهم الأوليات التي توفر شروط نجاح المشروع ويجب ان تتوفر في الموقع المختار لإقامة المعمل المزايا والشروط التالية :

أ- توفر وسائل النقل من المصنع واليه بشكل جيد وسهل .
ب- أن يكون المعمل قريبا من مصادر انتاج الحليب الخام ومن الأسواق الاستهلاكية بآن واحد
ت- توفر الأيدي العاملة في المنطقة
ث- امكانية تصريف المخلفات الصناعية
ج- أن يكون بعيدا عن أي مصدر للتلوث بالميكروبات أو السموم أو الروائح الكريهة كأن يكون بعيدا عن سوق الماشية أو مصافي البترول أو المجاري المكشوفة
ح- توفر المياه بكميات مناسبة ذات النوعية الجيدة وتعدد مصادرها إن أمكن.
٥-**اختيار نوعية البناء**: بناء المصنع هو المكان الذي سيضم أجهزة التصنيع وخطوط الإنتاج و المواد الأولية إضافة إلى الورش

<u>لذلك عند تخطيط وتصميم مباني معمل الألبان يجب مراعاة الأمور التالية:</u>

أ- الأخذ بعين الاعتبار احتمالات التوسع المستقبلية .
ب- توفر القوة والمتانة في البناء بحيث يتحمل الظروف الجوية من رياح وأمطار وثلوج

ت- توفر الارتفاع الكافي في الأبنية وخاصة صالة إنتاج الحليب لكي تستوعب المعدات التي تمتاز بارتفاعها الكبير كأجهزة تكثيف الحليب وأبراج التعقيم
ث- عزل الأقسام عن بعضها كالإدارة والمخابر التي تحتاج الي جو هادئ بعكس الأقسام المنتجة .
ج- فصل الأبنية مختلفة الوظائف والخطوط الإنتاجية عن بعضها بشوارع عريضة تسهل عملية التنقل بين أقسام المعمل والورش الفنية المختلفة.
ح- اختيار النظام الطابقي في البناء نظرا للناحية الاقتصادية
خ- وضع خزانات تجميع الحليب في مكان مرتفع لتجنب الضخ المتكرر للحليب الخام
د- بناء المستودعات والمخازن على نفس مستوى خطوط الانتاج لسهولة إدخال وإخراج المواد والمنتجات الجاهزة
ذ- أن تكون ظروف العمل داخل المعل جيدة من اضاءة وتهوية وتدفئة
ر- أن تصميم الأبنية بشكل يسهل عمليات الإنتاج والتنظيف والتخلص من النفايات وتضمن سلامة في العمل .

أما فيما يخص بناء معمل الألبان من الناحية الإنشائية فيجب مراعاة الشروط التالية عند إقامته :

١- دراسة الموقع ومدى تحمل التربة للبناء وثقل الآلات الموجودة فيه

٢- أرضية المعمل: يجب أن تكون سميكة وقوية ومنشأة من الخرسانة المقاومة للحموض أو من السراميك المقاوم مع تنفيذ مجاري تصريف للمياه المغطاة بشبك حديدي

٣- الجدران: يجب ان تكون متينة ومصقولة وأقسامها السفلية مدعمة بالرخام أو السراميك لمنع تسرب الرطوبة

٤- السقوف: يجب أن تكون متينة غير قابلة للرشح مغطاة بطبقة من الإسفلت المدعم بالفيبر غلاس مع وجود ميل لصرف مياه الأمطار

٥- الإضاءة: تعد الإضاءة الجيدة من العوامل المهمة المساعدة على راحة العمال والعمل الجيد ، لذى لا بد من تصميم النوافذ بحيث تسمح بإعطاء إضاءة كافية طوال النهار وقد يستعان بالمصابيح الكهربائية للحصول على الإضاءة الجيدة

٦- التهوية: وهي أيضاً من العوامل المهمة داخل مصنع الألبان حيث توضع أجهزة التهوية بهدف التخلص من البخار واستبعاد الغبار والحشرات

حيث يجب المحافظة على رطوبة نسبية ما بين ٤٠-٦٠ % . ودرجة حرارة ما بين ٢٠-٢١ مْ ويلجأ أحياناً إلى التكيف للوصول إلى هذه المتطلبات

٧- الضجيج في معمل الألبان : تصدر آلات ا التصنيع في المعمل أصواتاً مختلفة يحدث لها انعكاسا في المبنى تسمى بالضجيج ويقاس بوحدة الاحساس او السمع ال (Decibel) والديسي بل هو عبارة عن وحدة لقياس التفاوت في منسوب طاقتين او قدرتين او لقياس التفاوت بين شدتي صوتين تساوي ٠,١بل .

يضعف الضجيج تركيز العامل ويزيد من احتمال حدوث اصابات العمل وينقص مردود الانتاج ويسيء لجودته ،كما يؤدي الى فقدان السمع مؤقتا" والى الصداع والشعور بالتعب وارتفاع الضغط ،لذا تحدد الأنظمة مدة التعرض للضجيج المسموح بها للعامل وذلك تبعا" لمستوى الضجيج

شدة الضجيج /ديسي بل/	٨٥	٩٢	٩٥	٩٧	١٠٠	١٠٢	
مدة التعرض المسموح بها (ساعة)	٨	٦	٤	٣	٢	١	

ويمكن التحكم بالضجيج الناتج عن الألة في مكان العمل باتباع ما يلي :

١- إبعاد الآلة المصدرة للضجيج عن العمال ان أمكن ذلك اذ أن مضاعفة المسافة تضعف مستوى الصوت بمقدار ٦ ديسي بل .
٢- تخفيف الضجيج الصادر عن الألة بإبقاء فراغ بين القاعدة الاسمنتية للألة وأرض المعمل وتعبئة هذا الفراغ بمادة عازلة للصوت كاللباد أو نشارة الخشب .
٣ - إقامة حواجز تمتص الضجيج وتعيق طريق الصوت
٤ - حماية العامل باستعمال وسائل الوقاية الفردية كسددات الأذان والخوذ وغيرها .

٦- دراسة الجدوى الاقتصادية:

ان دراسة الجدوى الاقتصادية من اقامة معمل الألبان والتي تأخذ بعين الاعتبار توفر الحليب الخام وسعره ،رأس المال الثابت الموظف وتكاليف الإنتاج المتوقعة وتأثيرها على أسعار المنتجات وتسويقها والتأكد من القوة الشرائية للمستهلك ومدى حاجته لتلك السلعة كلها عوامل مقررة لإنشاء المعمل أو عدمه

٧- معالجة وتصريف الفضلات : ان اقامة وحدة معالجة الفضلات المتخلفة عن صناعة الألبان تعتبر من الشروط الاساسية عند دراسة موقع

المصنع وتنفيذه وذلك نظرا لما تمتلكه هذه المخلفات من تأثيرات ضارة على البيئة اذا ما طرحت دون معالجة وذلك لارتفاع محتواها من المواد العضوية كالبروتين والدهن و اللاكتوز وحمض اللبن ،اضافة الى بقايا مواد التنظيف السامة والبكتريا الممرضة أحيانا .

بعد التأكد من تحقيق جميع الشروط السابقة يحدد الهدف او الأهداف التي على المعمل تحقيقها أي ما يخص المنتجات التي يرغب المصنع بإنتاجها (جبنة، زبدة، حليب معقم، لبن رائب .....الخ) وبناء عليه نقوم بحساب كمية الحليب اليومية اللازمة للتصنيع بدقة ثم يبدا بالتفكير بمايلي :

١- كيفية نقل واستلام كميات الحليب الخام المطلوبة
٢- تصميم خطوط الإنتاج وتوضع الآلات
٣- إقامة المنشآت المطلوبة بما يتوافق مع الاهداف المعلنة

اقسام معمل الألبان

يتكون معمل الألبان عادة من عدة أقسام هي :

١- قسم استلام الحليب الخام وتخزينه بشكل مبرد:
يتم في هذا القسم فحص حموضة الحليب والتي تعتبر العامل المحدد لقبول استلام الحليب أو رفضه في المعمل، ثم استلام الحليب ووزنه ثم تبريده الى درجة حرارة (+٤ درجة مئوية) وتخزينه في خزانات كبيرة الحجم (خزانات التجميع) لحين التصنيع.

٢- قسم الإنتاج: وهو أكبر قسم في معمل الألبان حيث يتألف من عدة صالات للإنتاج تتمركز فيها خطوط الانتاج المختلفة
٣- قسم التخزين والذي يتكون عادة من قسمين رئيسيين هما :
أ- المخازن المبردة وهي عبارة عن صالات أو غرف كبيرة مبردة لتخزين المنتجات اللبنية الجاهزة بعد تصنيعها لحين تسويقها وتختلف درجة حرارتها باختلاف نوع المنتج ومتطلبات تخزينه
ب- المخازن غير المبردة وهي عبارة عن مستودعات او غرف كبيرة لتخزين المواد المساعدة في الانتاج كمواد التعبئة و التغليف من زجاجات وعبوات بلاستيكية او معدنية، صناديق وغيرها من مستلزمات الانتاج التي لا تتطلب تبريدا اثناء تخزينها
٤- القسم الخاص بالمخبر

ينشأ معمل الألبان مخبرا" خاصا" به يجهز هذا المخبر بكافة الأجهزة والأدوات اللازمة لفحص وتقييم الحليب الخام وكذلك المنتجات اللبنية الجاهزة وتحديد جودتها وفترة صلاحيتها ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية الخاصة بكل منتج

٥- قسم الادارة والتسويق والخدمات الأخرى :
ويضم مكاتب الادارة والمرافق العامة من مطاعم وحمامات وصالة للبيع

٦- قسم اعداد المياه المستخدمة في معمل الألبان والذي يقسم بدوره الى ثلاث اقسام هي:

أ- قسم معالجة المياه لكي تصبح صالحة للاستخدام في معمل الالبان وتشمل المعالجة اتباع سلسلة من العمليات الميكانيكية والكيميائية كالترسيب والترشيح وازالة عسر المياه وإبادة الميكروبات المرضية

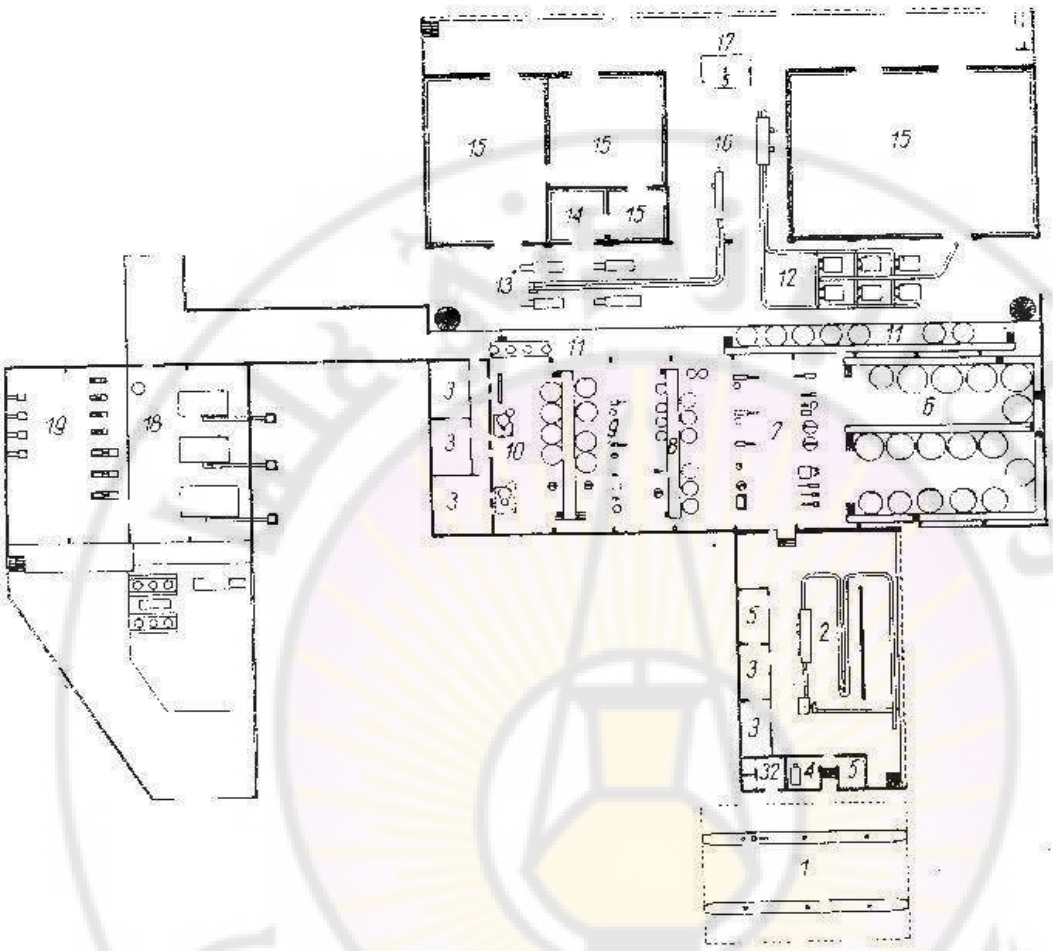
ب- قسم تأمين البخار والماء الساخن اللازمين لعمليات التصنيع والغسيل وذلك من خلال دارة كاملة تدعى دارة التسخين والتي تتضمن المرجل وملحقاته الضرورية

ت- قسم تأمين الماء البارد الضروري لتبريد منتجات الألبان بعد تصنيعها أو تبريد الحليب المعقم والمبستر ضمن المبادل الحراري بعد بسترته أو تعقيمه وذلك من خلال دارة تبريد متكاملة لإنتاج الماء البارد

٧- قسم معالجة مياه النفايات

وفيه يتم معالجة المياه الناتجة عن التصنيع بما تحتويه من فضلات ومواد عضوية ومواد الغسيل حيث يحتوي هذا القسم وحدة متكاملة لمعالجة مياه الفضلات والتي تعمل على خفض المتطلب الحيوي للأوكسجين إلى أدنى حد ممكن ومن ثم تعقيم المياه بالكلور قبيل صرفها الى مياه المجاري أو البحيرات أو الانهار.

والشكل رقم (١) يبين مخططاً توضيحياً لأقسام معمل الألبان وتوضع بعض خطوط الإنتاج فيها .



شكل (١) رسم تخطيطي يبين الأقسام الرئيسية لمعمل الألبان

١- استلام الحليب من الصهاريج ٢- استلام الحليب من القساطل ٣- المخبر ٤- أجهزة غسيل الصهاريج ٥- مكتب ٦- خزانات الحليب ٧- أجهزة بسترة وتبريد الحليب ٨- أجهزة تصنيع المنتجات المخمرة ٩- أجهزة تصنيع القشدة ١٠- أجهزة تصنيع الجبن ١١- خزانات التخزين ١٢- أجهزة تعبئة حليب الشرب ١٣- أجهزة تعبئة اللبن الرائب ١٤- مكان تحضين اللبن الرائب ١٥- مخازن مبردة ١٦- غسالة الزجاجات ١٧- مسطبة ١٨- وحدة تسخين المياه ١٩- لوحة أتمتة

خطوط الإنتاج

نظرا للتنوع الكبير في منتجات الألبان والتي تتطلب غالباً خطوط إنتاج مختلفة وكذلك الارتفاع الكبير في أسعار خطوط الإنتاج فإن المستثمر عادة يختار عدداً من هذه المنتجات وذلك بحسب رأس المال المتوفر

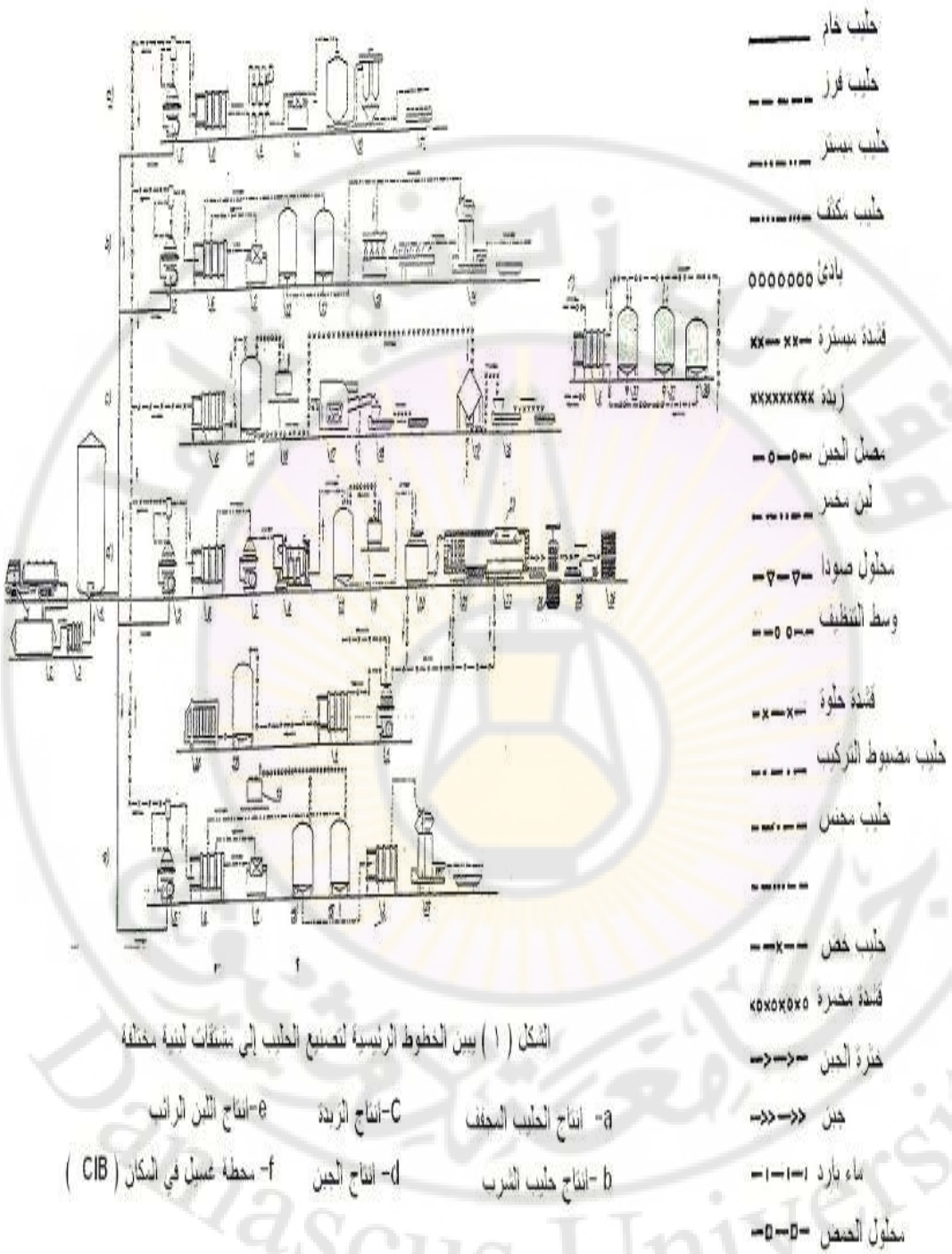
لديه وحسب نوع المنتجات المطلوبة في المنطقة ،ثم يقوم بتجهيز المعمل بخطوط الإنتاج اللازمة والتي تتضمن أجهزة ومعدات مختلفة الوظائف والتي يمكن تقسيمها إلى قسمين أساسيين :

١ - أجهزة ومعدات عامة يمكن استخدامها لتحقيق نفس الغرض في خطوط إنتاجية مختلفة وتشمل:

أ- أحوض تخزين الحليب الخام
ب- مبادلات حرارية وأنبوبية لتسخين وتبريد الحليب
ت- فرازات منقية وفرازات الدهن
ث- مجنسات
ج- أنابيب وزوايا معدنية لربط الأجهزة مع بعضها
ح- مضخات لنقل الحليب وصمامات لتنظيم مرور الحليب
خ- أحواض توازن
د- دارة التبريد والتسخين للماء

٢- أجهزة ومعدات خاصة ببعض المنتجات وهي متنوعة بحسب المنتج كالخضاض لصناعة الزبدة وأجهزة التعقيم الخاصة ،أجهزة تجميد المثلوجات اللبنية ، جهاز طبخ الجبن . كما يزود كل خط من خطوط الإنتاج بآلة التعبئة والتغليف الخاصة بالمنتج .

والشكل رقم (٢) يبين مخططاً توضيحياً لأغلب الخطوط التكنولوجية في معمل الألبان .



الشكل (١) يبين الخطوط الرئيسية لتصنيع الحليب إلى منتجات ثنية مختلفة

a- انتاج الحليب المجفف c-انتاج الزبدة e-انتاج اللبن الرائب

b -انتاج حليب الشرب d- انتاج الجبن f- محطة غسيل في المكان (CIB)

1-استلام الحليب-2- خزان الاستقبال -3- مبرد صفائحي -4- خزان الحليب الخام -5- قوز للدهن ومنفي -6- مبستر صفائحي-7- مجنس -8- قوز طارد للبكتريا -9- مكثف تحت تفريغ -10- مجفف بالرذاذ -11- تنظيف حليب البودرة -12- خزانات الحليب المبستر -13- تعبئة الزجاجات -14- تعبئة الحليب في العلوات الكرتونية -15- خزان التخمير -16-التنتج البادئ-17- جهاز صنع الزبدة بالطريقة المستمرة -18- آلة تشكيل الزبدة
19- حضانة تقليدي-20- خزان تجبن -21- تشكيل الجبن -22- كبس الجبن -23- غسيل الجبن -24- تمليح الجبن -25- تعبئة الجبن -26- انضاج الجبن -27- خزان للمصل -28- جهاز الترشيح فوق العالي -29- تعبئة اللبن -30- خزان الماء -31- خزان الحمض -32- خزان للقلوي .

٣-التجهيزات الملحقة والضرورية لمعمل الألبان وتشمل

١- دارة إنتاج الطاقة (تسخين الماء وإنتاج البخار)

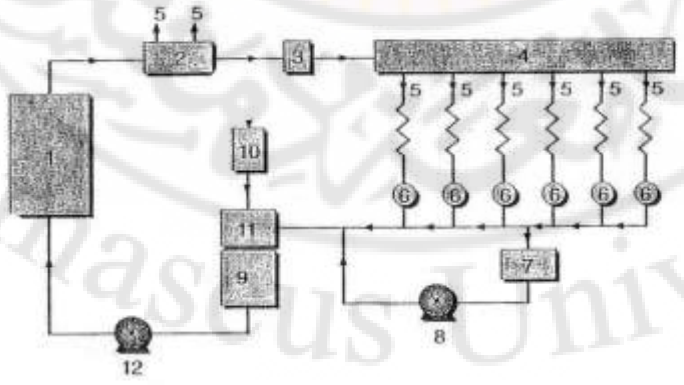
٢- دارة التبريد (لتبريد الماء أو المخازن)

٣- وحدة إعداد المياه ومعالجة الفضلات

١- دارة إنتاج الطاقة الحرارية في مصنع الألبان:

إن تشغيل معمل الألبان كما رأينا يتطلب طاقة حرارية كبيرة لتسخين الحليب ومشتقاته ولتسخين ماء ومحاليل التنظيف . يتم نقل الحرارة إلى الحليب في أجهزة التبادل الحراري عن طريق وسيط حراري (ماء ساخن أو بخار) هذا الوسيط الحراري يتم تسخينه في المرجل ويوزع بواسطة أنابيب توصيل مغلفة بمادة عازلة إلى مختلف الأجهزة في المعمل ثم يعود الماء بعد ذلك إلى المرجل بعد أن يكون قد فقد جزءا من حرارته حيث يعاد تسخينه وإعادته إلى المبادلات الحرارية من جديد . وهكذا تستمر دورة إنتاج الطاقة واستخدامها في معمل الألبان . يستخدم عادة بخار الماء على درجة حرارة ١٤٠-١٥٠مْ كوسيط حراري للتسخين وفي حالة ما إذا كان البخار مشبعاً فهذا يعادل بخاراً ضغطه ٣,٥-٤,٥كغ / سم^{٢} ولكن دائماً يفضل استخدام ضغط أعلى ٩-١١كغ/سم^{٢} للتعويض عن الضغط الذي يضيع في أنابيب التوصيل في الدارة قبل وصوله إلى أجهزة التبادل الحراري .

ويوضح الشكل (٣) مخططاً مبسطاً لنظام التسخين باستخدام بخار الماء.



شكل (٣) مخطط إنتاج البخار وتوزيعه في معمل الألبان وإعادته إلى المرجل ١- المرجل ٢- غرفة توزيع البخار عالي الضغط للتعقيم ٣- صمام خافض للضغط ٤- غرفة توزيع البخار منخفض الضغط ٥- نقاط استهلاك الطاقة (مبادلات حرارية ، مكثفات ، أحواض التسخين) ٦- مكثف أو

محبس البخار ٧- خزان تكثيف ٨- مضخة تكثيف ٩- خزان الماء الرئيسي ١٠- فلتر لتطرية الماء ١١- مضخة لإزالة الغازات ١٢- مضخة تغذية.

يجب أن يكون الماء المستخدم لتوليد البخار يسراً وخالياً من الرواسب والشوائب الميكانيكية إضافة إلى خلوه من الغازات . لذلك يعد الماء بشكل جيد وذلك بترشيحه عبر مصاف خاصة للتخلص من الرواسب والشوائب الميكانيكية ثم يمرر على فلتر من الزيوليت لإزالة القساوة وكذلك على جهاز خاص لإزالة الغازات وبعدها يدفع الماء بواسطة مضخة (١٢) إلى المرجل (١) ، يسخن الماء في المرجل ويتحول إلى بخار ماء ويستهلك ذلك كمية كبيرة من الطاقة الحرارية (٥٤٠كيلو كالورى) لتحويل كيلو غرام واحد من الماء إلى بخار . هذه الحرارة الممتصة والتي يطلق عليها حرارة التبخر تعود فتنطلق ثانية في أجهزة التبادل الحراري (٥) وتمتصها المادة المراد تسخينها ويتحول بخار الماء إلى ماء يتجمع في المكثف أو محبس البخار (٦) حيث تعود إلى المرجل ثانية بواسطة مضخة التكثيف(٨) .

يمر البخار من المرجل عن طريق فتحة خاصة في أعلاه إلى غرفة توزيع عالية الضغط (٢) ومنها إلى غرفة توزيع منخفضة الضغط (٤) من خلال صمام خافض للضغط يمكن بواسطته التحكم في مقدار ضغط البخار . ومن غرفة التوزيع منخفضة الضغط يوزع البخار إلى أجهزة التسخين الخاصة والتي لا تتطلب بخاراً تحت ضغط عالي (٦) .

٢- دارة التبريد في معمل الألبان :

يعتمد مبدأ التبريد على أن السائل عندما يتحول إلى غاز يمتص حرارة (وتسمى هذه الحرارة بحرارة التبخير) وذلك من الوسيط المحيط مما يساعد على خفض درجة حرارته .

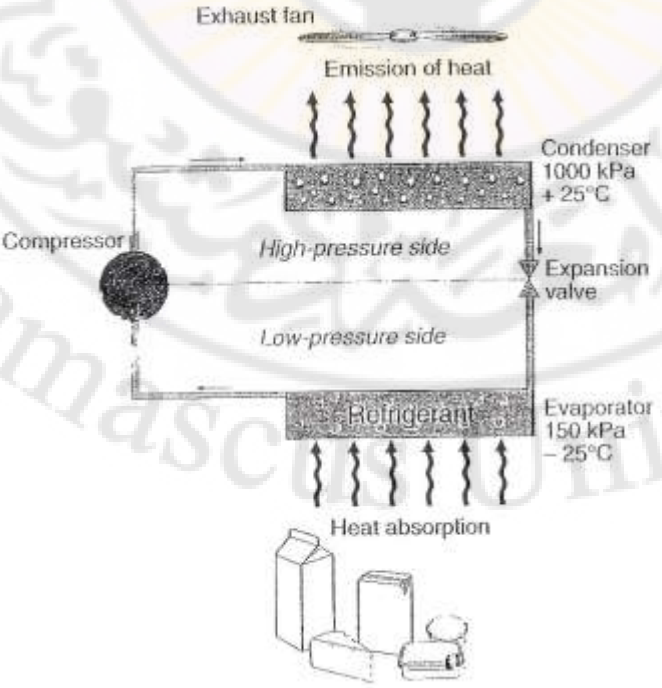
عملية التبريد :

تتم عملية التبريد في دارة مغلقة تتحول داخلها مادة التبريد عن طريق خفض الضغط عليها إلى غاز ممتصة حرارة من الوسط المحيط أو بزيادة الضغط عليها فتتحول إلى سائل ناشرة حرارة . تتكون دارة التبريد التي تعمل على نظام الضغط من أربعة أجزاء رئيسية هي :

١- المبخر Evaperator : ويتألف من مجموعة من الأنابيب الضيقة المتعرجة والتي تتوزع في غرفة التبريد ،ويتم فيه تبخير مادة التبريد ممتصة الحرارة من وسط التبريد الذي تنخفض درجة حرارته .

٢- الضاغط Comperessor :وهو عبارة عن مضخة ماصة كابسة تضخ مادة التبريد من المبخر الى المكثف .
٣- المكثف Codencer : وهو عبارة عن اسطوانة سميكة الجدران مصنوعة من الفولاذ المقاوم ،تتوزع فيها أنابيب التمدد والانتشار على شكل وشيعة لامتصاص الحرارة من مادة التبريد المضغوطة والتي تتحول من الصورة الغازية الى الصورة السائلة وعندها تصب قطراتها في الصمام الخانق .
٤- الصمام الخانق Throtting Valve: ويسمى أيضاً بصمام التمدد ، وينظم مرور الغاز السائل إلى المبخر وعندما يجتاز الغاز السائل هذا الصمام يواجه ضغطاً منخفضاً فتتحول ذراته إلى الحالة الغازية ممتصاً الحرارة اللازمة لهذا التحول من جو المبخر الذي تنخفض درجة حرارته .
٥- خزان الاستقبال : receiver :وهو خزان اسطواني الشكل مصنوع من الفولاذ المقاوم ويتجمع فيه الغاز السائل تحت ضغط شديد . شكل (٤)

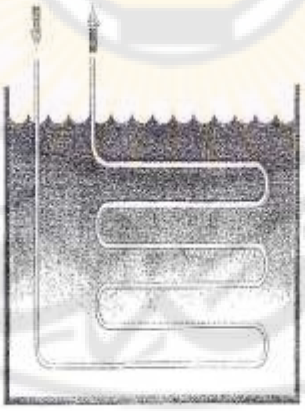
شكل (٤) مخطط يمثل دارة التبريد في معمل الألبان باستعمال الأمونيا



كما هو موضح في الشكل السابق يكون سطح مادة التبريد في المخبر واقعاً تحت ضغط منخفض ، فيمتص حرارة من الوسط المحيط ويتبخر جزء منها باستمرار نتيجة لذلك .

يشفط هذا البخار باستمرار من المخبر بواسطة الضاغط وبذلك يبقى الضغط منخفضاً على سطح مادة التبريد وبالتالي تبقى درجة حرارتها وتبخرها مستمرين على مستوى واحد . يتعرض بخار مادة التبريد إلى ضغط مرتفع في الضاغط حيث يجبر هذا البخار الساخن نسبياً على المرور من الضاغط إلى المكثف لتبريده وتحويله إلى سائل (بمساعدة الهواء أو الماء البارد) .

إن الحرارة الممتصة من الوسط منخفض الضغط سوف تعود وتنطلق في المكثف . وتعود مادة التبريد المكثفة على صورة سائلة (آمونيا سائلة في حالة استخدام الأمونيا كوسط للتبريد) من المكثف إلى المبخر . حيث تمر الأمونيا السائلة خلال الصمام الخانق وذلك لتخفيض الضغط عليها وبالتالي تخفض حرارة المادة المكثفة ، وينظم الصمام الخانق بحيث يمكن تخفيض الضغط بالقدر المناسب . والشكل (٥) يوضح خزاناً لإنتاج الماء المبرد بواسطة التبخير المباشر للأمونيا السائلة .



شكل (٥) خزان لإنتاج الماء المبرد بواسطة التبخير المباشر للأمونيا السائلة .

نوعيات معادن معامل الالبان

تطورت صناعة الألبان تطوراً هائلا في القرن العشرين شمل ذلك أيضا تصنيع المعدات والأجهزة المستخدمة في التصنيع حيث بدأ التفتيش عن الخواص الحرارية والكيميائية للمعادن واستخدام مجموعة من المعادن في صناعة الجهاز بدلا من المعدن الواحد، وذلك

بخلطها بنسب معينة وإيجاد خليطه معدنية مقاومة للحرارة والحموض والضغط والظروف الكيميائية المختلفة وذلك حسب عمل الجهاز .

يتوقف اختيار المعادن المشاركة في خلائط آليات وأجهزة معامل الألبان على مايلي :

١- وظيفة الجهاز ومدى تعامله مع المادة الغذائية
٢- صفات المعدن ومدى تأثيره في المادة الغذائية

فنرى أن المعادن التي تتأكل بسهولة تستعمل لبناء هيكل الأجهزة فقط بينما تستخدم الأجهزة التي لا تتآكل بسهولة ولا تصدأ بتماس مع المادة الغذائية

أما الصفات الميكانيكية التي يمتاز بها كل معدن من المعادن هي التي تحدد استعماله في تصنيع الجهاز المستخدم في معامل الأغذية أو عدمه

وأهم الصفات الميكانيكية المطلوبة في المعادن المستخدمة لتصنيع أجهزة الألبان هي :

١- المرونة : وهي قابلية المعدن للتجاوب مع القوى المؤثرة عليه بتغير شكله لفترة من الزمن . وتقدر مرونة معدن بالدرجة التي لا يمكن تغير شكله بعدها .
٢- قابلية السحب : وهي قابلية المعدن للتجاوب مع القوى المؤثرة عليه بتغير شكله حتى عندما تزال عنه هذه القوى المؤثرة .
٣- قابلية الشد : وهي قابلية المعدن لمقاومة القوى المؤثرة عليه من طرفيه متضادين قبل أن ينفلت إلى جزأين .ويعتبر المعدن الذي يتحمل قوة شد كبيرة قبل أن انكساره بأنه معدن ذو قوة شد جيدة .
٤- قابلية الكسر : وهي عدم قابلية المعدن للتجاوب مع القوى المؤثرة عليه بتغير شكله بل ينكسر فجأة وهي صفة تعاكس صفة السحب
٥- الصلابة : هي مقدار مقاومة المادة لتغلغل مادة أخرى بواسطة قوة مسلطة عليهما

أهم المعادن المستخدمة في صناعة أجهزة ومعامل الألبان

يعتبر الألمنيوم والحديد والنحاس من المعادن الأساسية في صناعة أجهزة معامل الألبان أما الكروم والقصدير و النيكل فيستخدم في معظم الحالات لتصنيع خلائط معدنية لتغير صفة أو عدة صفات في المعادن الأساسية المستخدمة في صناعة أجهزة الألبان .

١- الألمنيوم : وهو من المعادن الهامة في صناعة أجهزة معامل الألبان ويستخدم غالبا" في تصنيع معدات نقل الحليب ،قساطل الحلابة ، أحواض الجبن خزانات الحليب وذلك لخفة وزنه وسهولة تشكيله ويعاب على الألمنيوم سهولة تآكله بواسطة محاليل التنظيف و التعقيم القلوية ،لذلك لا يستخدم في تصنيع الغسالات الكيميائية وأجهزة البسترة والتعقيم .

٢- الحديد : يعتبر الحديد الخام طريا" وقابلا" للكسر وله قوة شد منخفضة ولكن خلائطه مع الفحم تعطي الحديد صلابة كبيرة ، وتسمى الخليطة التي تحتوي على ١,٧% فحم نقي بالفولاذ (Steel) بينما تسمى الخلائط الحديدية التي تحتوي على نسبة أعلى من الفحم بالحديد الخام Castiron .ومن مميزات الحديد انه رخيص الثمن وسهل التصنيع ، الا أنه سهل التآكل ولا يسمح باستعماله بتماس مباشر مع الحليب ومشتقاته ،يساعد الحديد ايضا" على أكسدة دهن الحليب .ويستخدم بشكل اوسع في بناء الهياكل الأساسية للأجهزة والمعدات المختلفة .

٣- النيكل :النيكل معدن جيد الناقلية للحرارة والكهرباء وقابليته للشد جيدة ،وهو غالي الثمن لندرته في الطبيعة .
يستعمل النيكل كطبقة حافظة لبعض المعادن ولا يستخدم إلا نادراً في تصنيع أجهزة الصناعات الغذائية لعدم تحمله الصدمات ولغلاء ثمنه وندرته في الطبيعة .

يستخدم النيكل في مصانع الألبان على شكل خلائط وبشكل خاص في تصنيع خزانات الحليب البارد و الأجهزة التي تكون فيها درجة حرارة الحليب منخفضة كمعامل المنتوجات البنية أما الحليب الحار فيهاجم النيكل مؤديا إلى تآكله بسرعة وتشكيل كبريتات النيكل التي تفقد النيكل لمعانه .

كما يدخل النيكل في تركيب خلائط مهمة تشترك في تكوين العديد من الأجهزة وخصوصاً معدن الحديد الغير قابل للصدأ وخلائط المونيل (Mond) والتي تستخدم في الأجهزة التي تتعامل مع المحاليل القلوية والملحية كصناعة الجبنة والزبدة المملحة.

٤- القصدير : القصدير معدن ذو لون أبيض لماع سهل الكسر والتصنيع ويستعمل لطلاء بعض المعادن كالصفيح والحديد لتشكيل طبقة عازلة من المعادن الأخرى والمواد الغذائية . ينحل في الحليب بتأثير الحمض ولا يسبب روائح غير مرغوب بها نتيجة لتفاعله الكيميائي مع الحليب
٥- الكروم : يستخدم في تركيب خلائط الحديد الغير قابل للصدأ لإكسابه صفة مقاومة التآكل ولا يستخدم أبداً بمفرده .
يعتبر استخدام خلائط الحديد وانتاج الحديد الغير قابل للصدأ في العشرينات من هذا القرن . العامل الأهم الذي ساعد في تطوير صناعة الألبان والمواد الغذائية ، وتعتبر خلائط الحديد مع الكروم والنيكل والمدعوة بالحديد الغير قابل للصدأ Steel Staninless من أهم الخلائط المعدنية المستعملة في تصنيع العديد من الأجهزة والمعدات المستخدمة في معامل الألبان والتي تأتي بتماس مباشر مع الحليب ومشتقاته

وحتى تلك الأجهزة التي لا تتلامس مع الأغذية بشكل مباشر وذلك لسهولة تنظيفها وعدم تشكل الصدأ عليها .

وأهم أنواع الحديد الغير قابل للصدأ :

١- الميرتنسيتيك Mertensitic : عبارة عن خلائط من الحديد والكروم وتحتوي على ١٢-١٧ % كروم وعلى ٠,١ – ٠,٥فحم

٢-الفيراتيك Ferritic :تحوي على نسبة من الكروم تصل الى حوالي ١٦-٣٠ %ونسبة أقل من الكربون .٠,٣٥%كحد أقصى .ونادراً ما يستعمل هذان النوعان في معامل الأغذية والألبان .

٣-الأوستنتيك : Austentic

وهي عبارة عن خلائط من الحديد والكروم والنيكل وتحتوي على ١٦%كروم و٨%نيكل . وأهم مميزات الأوستنتيك هي مقاومته للتآكل وخصوصاً النوع رقم ٣٠٤ فهو يكاد يكون كالزجاج في عدم تفاعله مع الحموض والقلويات . كما أن النوع ١٨-٨ والذي يعني احتوائه على ١٨%كروم و٨% نيكل ،ويستعمل هذا النوع في صناعة الأجهزة المختلفة في معامل الألبان كأجهزة البسترة وأحواض تجميع الحليب وأطباق الفراز ويدعى هذا النوع بحديد المرآة Mirror s.s نظراً لشدة لمعانه وهو سهل التنظيف ولا تعلق عليه الدهون .

ومن أهم مميزات الحديد الغير قابل للصدأ:

أ-سهل التصنيع والتنظيف .

ب-لا يتفاعل مع المواد الغذائية أي أنه خامل كيميائياً ولذلك يحافظ على مظهره الجيد ولمعانه الدائم .

ت-متين ويسهل لحامه وبدرجة جيدة .

ث-مقاومته الجيدة للحموض والقلويات .

رغم كل هذه الصفات التي يتمتع بها الستانلس ستيل الا أنه لا يستحسن استعماله بتماس مع المحاليل الملحية أي في أواني وأحواض صناعة الجبن لانه يتعرض للتآكل الشديد .

وهذه الصفات ليست مطلقة فعند اجراء اللحام الكهربائي أو تعرض الحديد الغير قابل للصدأ لدرجات حرارة عالية ومباشرة فان الجزأ المكون من الكروم يتحول بفعل الحرارة

الى كربونات الكروم في مناطق تعرضه للحرارة اي مناطق اللحام الكهربائي مما يؤدي الى فقدان صفة مقاومة التآكل في منطقة الحام بل ويتفاعل مع المادة الغذائية في هذه المنطقة بالذات مما يفقد الجهاز متانته ويصعب تنظيفه وقد يؤدي لاستبدال الجهاز بكامله لعدم تحمله للضغط في منطقة الحام .

وللتقليل من خطورة الكسر في منطقة اللحام يضاف في الوقت الحاضر الى خلائط الحديد الغير قابل للصدأ (الأوستنتيك) معدن التيتانيوم او النوبيوم لأن هذه المعادن تتحد أثناء اللحام مع الكربون مانعة بذلك تعرية الكروم وتعريضه للحرارة العالية .

الفصل السادس

المياه المستعملة في معمل الألبان (إعدادها للاستخدام – معالجة الفضلات)

أولاً :استعمالات المياه في معمل الألبان : إن توفير المصادر الملائمة والمتعددة للمياه من حيث الكمية والنوعية وكذلك المقدرة على التخلص من النفايات ، تعد من أهم العوامل التي تحدد اختيار موقع معمل الألبان ونجاح العمليات التصنيعية. حيث يجب تأمين كميات كبيرة من الماء في معمل الألبان وذلك لاستعمالها بشكل مباشر أو غير مباشر في العمليات التكنولوجية. ان تصنيع طن واحد من الحليب يتطلب كمية من الماء تتراوح بين (٢,٥-١٤)م٣من الماء وهي أكبر كمية مستهلكة من الماء في المصانع الغذائية ويمكن تقسيم استعمالات المياه في معامل الأغذية والألبان كما يلي :

١- ماء للاستعمالات العامة .
٢- ماء للتصنيع .
٣- ماء للتبريد .
٤- ماء لتوليد البخار في المراجل .

١- ماء للاستعمالات العامة: يستعمل هذا الماء لأغراض التنظيف الشخصية ، غسيل وتنظيف المصنع ومعداته المختلفة لذا يجب أن يكون نظيفاً وصحياً عديم اللون والطعم والرائحة خالياً من الشوارد السامة مقبولاً من الناحية الميكروبيولوجية.
٢- ماء التصنيع: يجب أن يتوفر في هذا النوع من الماء مواصفات ماء الشرب وخاصة إذا دخل في تكوين بعض المنتجات ، وقد يحتاج إلى تحليه وإزالة الأملاح المعدنية الذائبة خوفا"من ترسبها على السطوح الداخلية للزجاجات أثناء غسيلها أو تكون قشور كلسيه على السطوح الداخلية لأنابيب نقل الماء الساخن .

٣- ماء التبريد : ليس بالضرورة أن يكون هذا النوع من الماء عالي الجودة كالماء السابق ، ويمكن أن يكون غير صالح للشرب إذا لم يتلامس مع المادة الغذائية المبردة ، كما أنه لا يحتاج لإزالة اللون أو الرائحة أو الطعم . أما إذا كان عسراً فيحتاج إلى الغليان لإزالة الأملاح ومنع ترسبها وتشكيل القشور الكلسية

٤- ماء المرجل : (لتوليد البخار) : يجب إزالة عسر المياه المستخدمة في المراجل لتوليد البخار وذلك من أجل تجنب ترسب هذه الأملاح على هيئة قشور على السطوح الداخلية لأنابيب نقل البخار أو الماء الساخن .

ثانياً: مصادر المياه.

لضمان سير العمل في معامل الأغذية بشكل عام وفي معمل الألبان بشكل خاص تضطر معامل الألبان غالباً إلى تنوع مصادر المياه ،وقد تلجأ لاسترجاع قسم من المياه المستخدمة واستعمالها مرة ثانية كما يحصل في المياه المخصصة للتبريد وتوليد البخار.

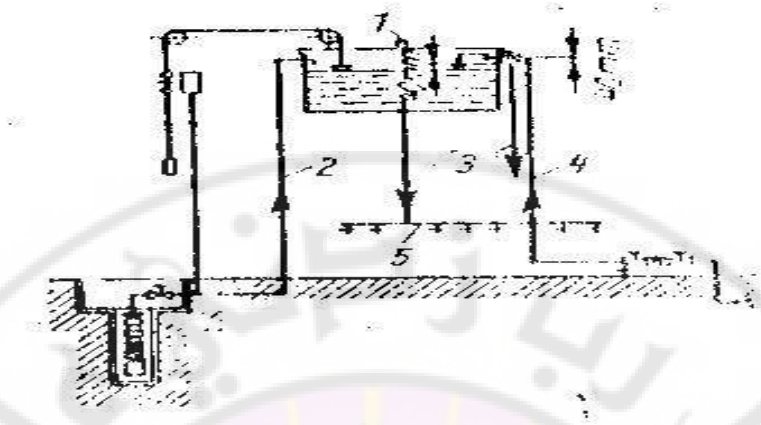
تعود مصادر المياه المستخدمة في معامل الأغذية إلى :

١- الينابيع: وتعد مصدراً اقتصادياً للماء ولكن أصبح وجودها نادراً بالقرب من المعمل .

٢- الآبار: تعتبر مياه الأبار من أهم مصادر المياه بالنسبة لمعامل الألبان وتعتبر هذه المياه نقية إذا مرت من طبقات أرضية قليلة الأملاح المعدنية بعيدة عن مصادر التلوث . لكنها يمكن أن تكون ملوثة بالأحياء الدقيقة و المواد العضوية نتيجة لتسرب بعض مياه المجاري إليها.

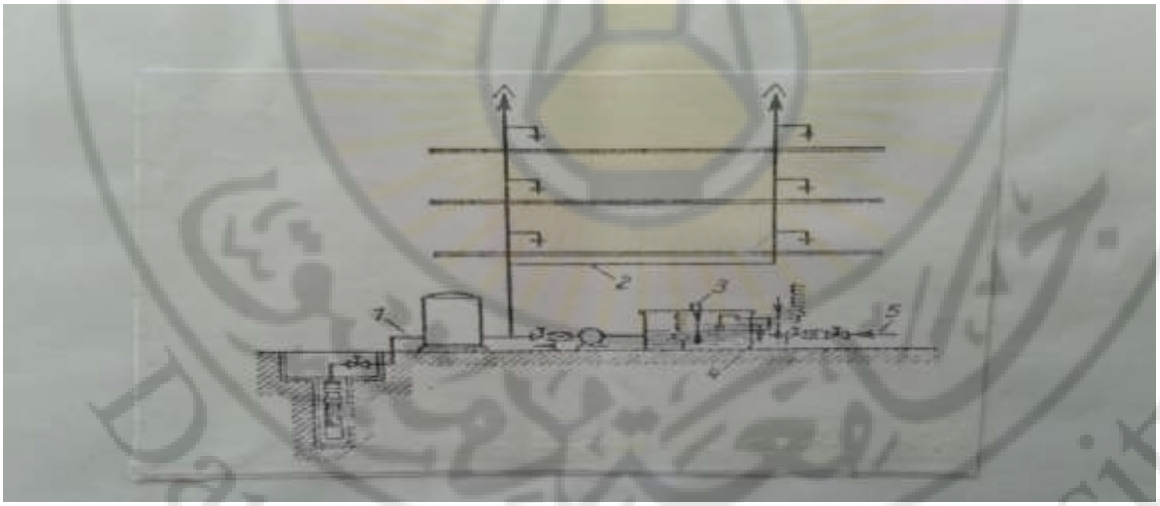
٣- شبكات المياه العامة: يتم توصيل شبكة مياه المصنع بشبكة المياه العامة خوفاً من انقطاع تزويد معمل الألبان بالمياه الداخلية بدون حدوث مشاكل تغذية المياه للطرفين . وهناك نوعان من التجهيزات المستخدمة لهذا الغرض

أ- النوع الأول : ويتم فيه وصل الشبكات عن طريق خزان علوي كما في الشكل (١)



شكل (١) ربط المياه العامة بشبكة المياه في المصنع عن طريق خزان علوي
٤- صمام التهوية -٢- اتجاه أنابيب الشبكة الداخلية -٣- اتجاه المياه الفائضة عن الخزان ٤-اتجاه أنابيب الشبكة العامة -٥- أنابيب تزويد المصنع بالمياه

ب-النوع الثاني: ويتم فيه وصل الشبكات العامة للمياه مع الشبكات الداخلية عن طريق خزان أرضي كما في الشكل ( )



شكل ( ) ربط شبكات المياه العامة بشبكة مياه المصنع عن طريق خزان سفلي
١- أنابيب شبكة المصنع الداخلية -٢- أنابيب تزويد المصنع بالمياه من الخزان
٣- صمام التهوية -٤- صرف المياه الفائضة عن الخزان -٥- أنابيب الشبكة العامة.

ثالثاً: - صفات المياه المستخدمة في معامل الألبان .

تتوقف صلاحية المياه المستخدمة في معامل الألبان على مواصفات وخصائص فيزيائية وكيميائية وميكروبيولوجية .

١ - *الصفات الفيزيائية للمياه المستخدمة في مصانع الألبان* .

تستعمل المياه في معامل الألبان في الخطوط التكنولوجية بشكل مباشر مثلا" لغسيل حبيبات الزبدة أو في إذابة الحليب المجفف وغيرها .إذا" تدخل المياه بتماس مباشر مع المدة الغذائية فإذا كان لون المياه قاتما"أو بنيا" أو أي لون آخر غير طبيعي فان ذلك سوف يؤثر على لون الناتج المصنع ويكسبه الألوان الغريبة مما يدفع المستهلك لرفض تلك المنتجات وكذلك الحال بالنسبة للروائح والنكهات الغريبة المكتسبة عن طريق استخدام مياه ملوثة .اذا" يجب أن تكون المياه نقية خالية من الروائح والألوان الغريبة .

٢ - *الصفات الكيميائية للمياه المستخدمة في معامل الألبان* .

تحتوي المياه عادة على العديد من المركبات الكيميائية التي يختلف تركيزها من منطقة إلى أخرى . وتبعا" للعوامل البيئية التي تؤثر على محتويات المياه ،لجأت كثير من الدول ومن بينها سوريا إلى تحديد المواصفات الكيميائية للمياه المستخدمة في مصانع الأغذية وخصوصا" ما يستعمل منها في معامل الألبان . وقد حددت معظم دوائر المواصفات والمقاييس في العالم المقادير والمقاييس للعديد من العناصر المعدنية التي تحويها مياه الشرب أو مياه التصنيع الغذائي كالباريوم الكلوريدات والكروم وغيرها .

بصورة عامة تحتوي المياه على كميات كبيرة من البيكربونات والكبريتات والنترات المتحدة مع عناصر الصوديوم و البوتاسيوم والكالسيوم .لكن التشريعات الغذائية لا تسمح باستخدام المياه الحاوية على كميات قليلة من المواد المشعة كالراديوم (٢٢٦) حيث أن كمية صغيرة منه لا تتجاوز (٣) ميكرو كيوري في اللتر الواحد من الماء تكفي لمنع استخدامه في المصانع الغذائية وخصوصا" الألبان .والجدول ( ) يبين الخصائص الكيميائية للماء المستخدم في مصانع الأغذية حسب المواصفة القياسية السورية رقم /٤٥/ .

جدول () المواصفة القياسية السورية رقم /٤٥/ الخصائص الكيميائية للمياه المستخدمة في مصانع الأغذية .

المادة	الرمز	المسموح به ملغ/ل	أقصى ما يمكن السماح به في حالة تعذر وجود مورد أفضل ملغ/ل

آ- المواد التي تؤثر على الصحة وعلى صلاحية الماء للشرب والاستعمالات المنزلية			
١- مجموع الخلاصة الجافة		٥٠٠	١٥٠٠
٢- القساوة الكلية مقدرة بكربونات الكالسيوم	$CaCO_3$	٣٠٠	٥٠٠
٣- الرقم الهدروجيني	PH	٨,٥-٧	٨,٢-٦,٥
٤- الحديد	Fe	٠,٣	١,٠
٥- والمنغنيز	Mn	٠,١	٠,٥
٦- النحاس	Cu	١	١,٠
٧- التوتياء	Zn	٥	٥
٨- المنغنزيوم	Mg	٥٠	١٥٠
٩- الكالسيوم	Ca	٧٥	٢٠٠
١٠- الكبريتات	So_4	٢٠٠	٤٠٠
١١- الكلور	Cl	٢٠٠	٢٥٠
١٢- الفلوريد	F	٠,٦	١,٥
١٣- النترات	No_3	١٥	٤٠
١٤- الكلور الحر للمياه المعالجة	Cl	٠,٥-٠,٣	في حالات الأوبئة
١٥- مواد أخرى يجب فحصها عند الضرورة			
ب- المواد التي تدل على التلوث			
١- الأمونياك	NH_3	عدم وجوده	آثار زهيدة (شرط صلاحية المياه للشرب جرثومياً)
٢- النتريت	No_2	عدم وجوده	عدم وجوده

٣- الصفات الميكروبيولوجية :

إن مرور المياه على سطح الأرض أو في باطنها سيعرضها للتلوث بكائنات حية تسبب العديد من الأمراض إذا لم يتم معاملتها بالطريقة الصحيحة التي تضمن القضاء على هذه الأحياء الدقيقة تعتبر المجاري العامة من أهم مصادر تلوث المياه حيث يدل وجود النترات بكمية أكبر من ٤٠-٨٠ جزء بالمليون على تلوث المياه العامة بمياه المجاري والصرف الصحي . للتأكد من احتمال التلوث ووجود الجراثيم الممرضة في الماء تجرى عملية الفحص الميكرو بيولوجي فإذا أثبت الفحص الميكروبي وجود مستعمرة واحدة في /٣٠٠/سم٣ منه تأكد تلوث المياه بالجراثيم الممرضة ومنع استخدامه في معامل الأغذية .

رابعاً: معالجة المياه وإعدادها للاستخدام في معامل الألبان .

لتأمين المياه النقية والصحية لجميع أقسام معمل الألبان تقوم هذه المعامل بمعالجة المياه المستخدمة من قبلها وخصوصاً مياه الآبار والينابيع . تتعلق معالجة المياه بالغرض الذي ستستخدم لأجله وكذلك درجة تلوثها .

وتتضمن عملية المعالجة المراحل التالية :

١- التخلص من المواد العالقة في الماء
٢- التخلص من المواد الذائبة في الماء
٣- التخلص من الأحياء الدقيقة

أولاً : التخلص من المواد العالقة

تشمل المواد العالقة في الماء الطين، الرمل، البقايا النباتية والبقايا الحيوانية والمواد التي تعطي الماء الطعم والرائحة . إن وجود هذه المواد في الماء سوف تؤدي إلى تردي نوعية الناتج النهائي وللتخلص من هذه المواد تتبع إحدى الطرق التالية :

آ- الترسيب الطبيعي : حيث تترك المياه راكدة في أحواض كبيرة لفترة من الزمن بحيث تترسب الجزيئات أو المواد العالقة في أسفل الحوض بفعل الثقالة بينما يتدفق الماء الصافي إلى الحوض الثاني ويتعلق زمن الترسيب بحجم ووزن الجزيئات العالقة بالماء .

ب- الترسيب الكيميائي أو التخثير : تضاف للمياه مواد كيميائية تدعى المخثرات مهمتها ربط الشوائب الصغيرة مع بعضها مما يسبب ترسيبها في قاع الأحواض يجب أن تكون المواد المضافة غير سامة ويمكن فصلها بعد عملية الترسيب الكيميائي ومن هذه المواد نذكر : كبريتات الألمنيوم ،كبريتات الحديد ،كلور الحديد ،سيليكات الصوديوم .

وتشمل عملية الترسيب الكيميائي المراحل التالية :

١- خلط المواد الكيميائية مع الماء خلطاً جيداً.

٢- انتظار مدة التخثير والترسيب .

٣- فصل الماء النقي عن الرواسب .

ج- الترشيح : تجرى عملية الترشيح لإزالة الشوائب صغيرة الحجم ويتم ذلك بتمرير المياه على مرشحات مكونة من الرمل الناعم مثبت على طبقة من الحصى ذات حجوم مختلفة ، يمر الماء من بين هذه الطبقات وبذلك تبقى الأجزاء الدقيقة عالقة على سطوح الرمل والحصى وقد تتجمع الطرق الثلاثة في أحواض الترسيب حيث يتم تجهيز **الأحواض بالمرشحات إضافة إلى استعمال المواد الكيميائية لتسهيل عملية التصفية .**

ثانياً التخلص من المواد الذائبة في الماء

أ- التخلص المواد المعدنية الذائبة في الماء

إن وجود الأملاح المعدنية في المياه المستعملة في معامل الألبان تؤثر في نوعية المنتج سواء كان ذلك بشكل مباشر أو شكل غير مباشر . لذا تخضع المياه المعاملة لإزالة هذه المواد أو خفض نسبتها إلى الحد الأدنى .

عسر المياه : يعبر عن عسر المياه بمقدار كربونات الكالسيوم الموجودة فيها (محتوى الماء من جميع العناصر الكيميائية أو ما يكافئها من كربونات الكالسيوم)

يمكن تقسيم المياه حسب احتوائها على كربونات الكالسيوم إلى :

١- ماء عذب ويحوي على أقل من (٥٠جزء بالمليون) من كربونات الكالسيوم
٢- ماء عسر قليلاً ويحوي على أقل من (١٠٠جزء بالمليون) من كربونات الكالسيوم
٣- ماء عسر ويحوي أقل على من (١٠٠-٢٠٠جزء بالمليون) من كربونات الكالسيوم
٤- ماء عسر جداً ويحوي على أكثر من (٢٠٠جزء بالمليون) من كربونات الكالسيوم

وحسب نوع الأملاح المسببة لعسر الماء يمكن تقسيم العسر إلى نوعين

١- عسر مؤقت: ويسببه وجود بيكربونات الكالسيوم و المنغنزيوم ويمكن ترسيب الأملاح بسهولة عن طريق غلي الماء
٢- عسر دائم: ويسببه وجود الكلوريدات والكبريتات لكل من الكالسيوم و المنغنزيوم ولا يمكن إزالته عن طريق غلي الماء ولكن يمكن تطريته بالتبادل الشاردي

ويسبب عسر الماء المشاكل التالية أثناء التصنيع :

١- زيادة صعوبة الغسيل باستعمال الصابون والمنظفات الأخرى . مما يؤدي إلى الاستهلاك كميات إضافية منها .

٢- ترسب قشور سميكة وقاسية من أملاح كبريتات و كربونات الكالسيوم على السطوح الداخلية للمبادلات الحرارية وأجهزة البسترة ومسخنات الماء والمراجل مما يؤدي إلى خفض قدرة هذه الأدوات على نقل الماء والبخار ونقل الحرارة وأحياناً تعطل المراجل.
٣- تعطل الصمامات وصنابير المياه .

إزالة العسر أو تطرية الماء:

١- الترسيب: ويتم بإضافة كميات محددة من ماءات الكلس $Ca(OH)_2$ إلى الماء المراد تطريته فيزيل الكلس العسر مرسبا الأملاح على هيئة كربونات غير منحلة :

$$Ca(Hco_3)_2 + Ca(oH)_2 \longrightarrow 2Caco_3 + 2H_2o$$

$$Mg(Hco_3)_2 + Ca(oH)_2 \longrightarrow Mgco_3 + Caco3 + 2H_2o$$

وبنفس الطريقة يزال العسر الدائم ثم تتبع العملية بإضافة مادة مخثرة لتجميع المواد الدقيقة المترسبة التي تفصل بواسطة التصفية .

٢- المبادلة القاعدية : وتتم باستخدام مصاف من الزيت Zeolite
الزوليت هو معقد سيليكات قادرة على مبادلة شوارد الصوديوم بشوارد الكالسيوم و المنغنزيوم والحديد والمنغنيز في المحلول

$$Ca(HCo_3) + Na_2Z \longrightarrow 2NaHCo_3 + CaZ$$

حيث يمرر الماء المراد تطريته إلى أسفل الزوليت ، تزيل خاصة التبادل الكاتيوني للزوليت القساوة ، ولتنشيط الزوليت على عمله مجدداً يغسل بالماء النظيف ثم بمحلول كلور الصوديوم لإزالة شوارد الكالسيوم والمغنزيوم على هيئة كلوريدات منحلة حسب المعادلة :

$$CaZ + 2NaCl \longrightarrow Na_2Z + CaCl_2$$
$$MgZ + 2NaCl \longrightarrow Na_2Z + MgCl_2$$

تمتاز الزوليت بمقدرتها الكبيرة على إزالة قساوة المياه حتى الصفر .
٣- محلي المياه : وهو عبارة عن جهاز متكامل يعمل على تحليه المياه وقد شاع استعماله مؤخراً في معامل الصناعات الغذائية
مبدأ عمل المحلي يقوم على أساس تبادل شوارد أملاح الكالسيوم والمغنزيوم الموجودة في الماء العسر مع شوارد الرزين (راتنج)الذي يمتص هذه الشاردات عندما تكونا محلولتين في الماء . ثم يغسل الريزين أوتوماتيكياً بملح كلور الصوديوم المذاب (ماء مملح) فيتجدد ويقوم بالتحلية من جديد .

يجب حماية الريزين من التجمد لأنه يفجر حبيبات الريزين وبالتالي يفقد الريزين قدرته على استبدال الشوارد ولا بد من تبديله

ب- التخلص من الغازات الذائبة أو المنحلة في الماء

تحتوي المياه الطبيعية على العديد من الغازات مثل غاز Co_2 الناتج عن تحلل المادة العضوية وغاز الأوكسجين والنتروجين الناجمان عن تهوية الماء ، وقد يحتوي الماء أيضاً على غاز كبريت الهيدروجين .

إن وجود هذه الغازات في الماء يؤدي إلى العديد من المشاكل أهمها :

١- تشكيل أغشية تقاوم نقل الحرارة أثناء تكاثف البخار

٢- يتفاعل غاز Co_2 المنحل في الماء مع الحديد الداخل في تركيب أنابيب ومعدات المعمل مؤدياً إلى صدئه.

٣- يهاجم الأكسجين المنحل في الماء الحديد والنحاس ويسرع فعل الأكسجين بالحرارة العالية بوجود CO_2 .

٤- يعطى كبريت الهدروجين الموجود في الماء الكبريتية محلولاً مصدئاً يسبب صدأ أنابيب الحديد بسرعة ،ويترسب كبريت الحديدي المتشكل على جدران الأنابيب أو يحمل مع تيار الماء على شكل حبيبات سوداء معلقة.

٥- يمكن أن تتولد البكتريا الكبريتية في الماء المحتوية على كبريت الهدروجين .

ويمكن التخلص من الغازات الذائبة في الماء ومنع المشاكل السابقة بإتباع مايلي

١- غلي الماء وصرف الغازات الناتجة يؤدي إلى التخلص من غاز CO_2 والهواء المنحل.

٢- استعمال جرعات من مواد كيميائية لإزالة الأكسجين ومنع الصدأ به .ويضاف في هذه الحالة محلول كبريتات الصوديوم أو الهدرازين لقنص الأكسجين، وكذلك يمكن استعمال خليط سيليكات الصوديوم والصودا لمنع الصدأ في أنظمة الماء

٣- معالجة المياه المحتوية على كبريت الهدروجين بإضافة الكلور وفي حال النسب المرتفعة من كبريت الهدروجين فيمكن تهوية الماء ومن ثم اضافة الكلور .

ثالثاً : التخلص من الأحياء الدقيقة (تعقيم المياه)

تخضع المياه قبل استعمالها للتعقيم وذلك للقضاء على حمولتها الميكروبيولوجية ومنع تسربها إلى المادة الغذائية . وبالرغم من تعدد وسائل

تعقيم المياه (التعقيم بالأوزون ، التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية ، التعقيم بالأغشية) تبقى طريقة تعقيم المياه بواسطة الكلور هي الطريقة الأكثر شيوعاً في معامل الأغذية والألبان.

الكلور كوسيلة للتعقيم

إن انحلال الكلور في الماء يؤدي الى ظهور حمض الهيبوكلوريت(Hocl) الذي يشكل الوسيلة الفعالة في التعقيم وذلك وفق المعادلة التالية :

$$Cl_2+H_2o \longrightarrow Hcl + Hocl$$

إن حمض الهيبوكلوريت (Hocl) المتشكل هو مؤكسد قوي وعندما تخترق جزيئاته البكتريا يحدث التفاعل التالي :

$$Hocl \longrightarrow Hcl + o$$

الأكسجين الوليد الناتج يخرب النظام الأوكسجيني للبكتريا ويسبب إبادتها .

وتتوقف فعالية التعقيم بالكلور على العوامل التالية:

١- كمية الكلور المضاف : إن كمية الكلور تؤدي لزيادة جزيئات حمض الهيبوكلوريت المتوفرة من أجل التعقيم . وتتوقف كمية الكلور المضاف على نوعية المياه المستخدمة ، فقد تحتوي هذه المياه على مواد معينة لها القدرة على التفاعل مع الكلور ، مما تفقده فعاليته في التعقيم قبل أن يبيد الميكروبات (مثل كبريت الهدروجين وبعض المواد العضوية). ولكي يتمكن الكلور من إعطاء الأثر الفعال في التعقيم لابد من زيادة كمية الكلور المضاف لسد احتياجات تلك المواد وهذا ما يعرف بنقطة انقطاع الكلور بعدها يتمكن الكلور المتبقي من إبادة الأحياء الدقيقة الموجودة في الماء . فالماء الذي لا يحتوي على مواد متفاعلة مع الكلور تكون العلاقة فيه طردية مابين الكلور المضاف و الكلور المتبقي في الماء . ويقال عن مثل هذا الماء بأن احتياجه للكلور هو الصفر شكل ( )

أما المياه المحتوية على كميات كبيرة من المواد العضوية وكبريت الهدروجين المتفاعلة مع الكلور فلا يظهر فيها الكلور المتبقي إلا بعد سد احتياجاتها من الكلور وتعرف النقطة التي تظهر فيها هذه الحالة بأنها نقطة انقطاع كلورة الماء ، وتكون كل كمية تضاف من الكلور بعد نقطة انقطاع الكلورة مكرسة لتحقيق مستوى معين من الكلور المتبقي ويجب إلا يزيد

مستوى الكلور في مياه الشرب عن (0.4) جزء بالمليون بينما قد يصل في المياه المستخدمة في تنظيف أدوات العمل الى (5)جزء بالمليون .

شكل (٩٩) يبين تغيرات تفاعل شوارد الكلور مع الماء .

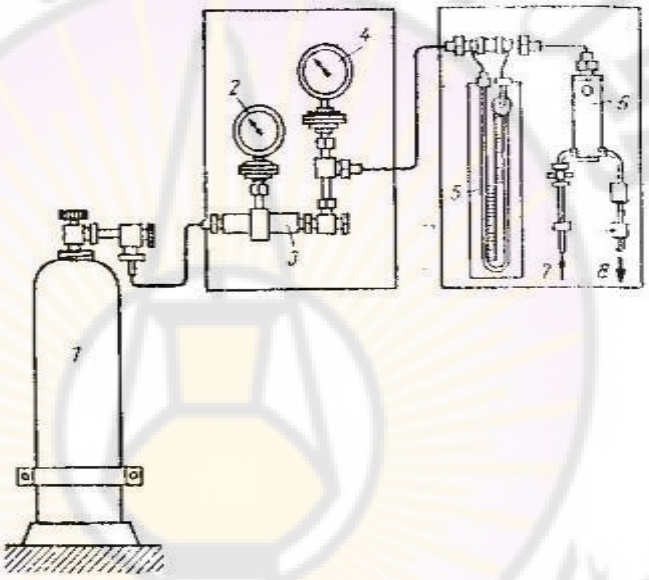
٢- زمن تلامس الكلور مع الماء : إذا طال زمن تلامس الكلور مع الماء المعالج فقد يسمح ذلك بتكاثر البكتريا في الماء لذا يجب أن تكون زمن المعاملة أو أقصر ما يمكن .

٣- درجة حرارة الماء : إن ارتفاع درجة حرارة الماء يؤدي لزيادة سرعة التعقيم وتكون العلاقة طردية ما بين درجة الحرارة وسرعة التعقيم .

٤- درجة PH الماء :

للبكتريا طبقة كهربائية مضاعفة من الشحنات السالبة ، فعند القيم المنخفضة الPH يكون الكلور موجود بشكل حمض هيبوكلوريد متعادل كهربائياً الذي يمكنه اختراق جدار البكتريا بسهولة وإبادتها .

وعند القيم المرتفعة قم الPH يكون الكلور موجوداً بشكل $Hocl^-$ السالبة وهي لا تستطيع اختراق جدار البكتريا المشحون سلباً ، لذلك يلزمنا كمية إضافية من الكلور للحصول على التعقيم المطلوب . والشكل ( ) يبين جهاز التعقيم بالكلور



شكل ( ) جهاز التعقيم بالكلور

١- أنبوبة غاز الكلور .
٢- مقياس الضغط العالي .
٣- جهاز تعديل الضغط .
٤- مقياس الضغط المنخفض .
٥- أنابيب قياسية .
٦- خلاط لخلط الكلور بالماء .
٧- أنبوب توريد الماء .
٨- أنبوب توريد مزيج الكلور والماء.

مخلفات معامل الألبان وأثرها على البيئة

إن التطور السريع في مجال الصناعة أصبح أحد أسباب التلوث الرئيسية في جميع أنحاء العالم وأصبحت السلامة البيئية أحد الشروط المهمة في دراسة موقع تنفيذ المشاريع الصناعية الجديدة . وفي القطر العربي السوري الذي يشهد تطوراً

كبيراً في مجال الصناعات الغذائية ومن بينها صناعة الألبان ، يرافق هذا التطور الكمي والنوعي زيادة في كمية المخلفات والنواتج العرضية التي تطرح الملوثات إلى الهواء أو التربة أو المياه .

وبالنسبة لمعامل الألبان بالذات فهي تلفظ يومياً كميات كبيرة من الملوثات السائلة المتخلفة من عمليات التصنيع المتعددة والتي غالباً ما تصرف بدون معالجة تذكر إلى أحد مصادر المياه القريبة من المعمل أو المزارع المحيطة بها .

إن صرف المخلفات بهذا الشكل يتسبب في كثير من الأضرار للبيئة المائية أبسطها فقدان الصفة الجمالية للأنهار والبحيرات التي ترمى فيها بالإضافة إلى الخسائر الاقتصادية الكبيرة بدءاً بنقص الثروة السمكية وانتهاءً برفع ومضاعفة الكلفة الاقتصادية لعملية تكرير وتنقية المياه لجعلها صالحة للشرب والاستعمالات اليومية الأخرى .فقد تبين أن المشكلة الأساسية في مخلفات الألبان إنما تكمن في كونها تحتوي على كميات كبيرة من المادة العضوية التي تسبب استنزاف الأوكسجين الذائب في الماء ، حيث تستخدم الميكروبات الموجودة في الماء أو التربة ، هذا الأوكسجين لأكسدة تلك المواد العضوية ، لإنتاج الطاقة اللازمة لنموها وبقاؤها . وقد وجد أن الحد الحرج للأوكسجين المذاب في الماء يتراوح بين ٣-٤ جزء بالمليون وأن زيادة استهلاك الأوكسجين يؤدي إلى موت مجموعة من الأسماك التي تترسب في قعر النهر وتتحلل عند وجود الظروف اللاهوائية وتتحرر بذلك بعض الغازات السامة التي تتسبب في القضاء على الأحياء المائية المتبقية إضافة إلى انتشار الرائحة الكريهة . وكذلك فإن صرف هذه المخلفات إلى المنخفضات والبرك المحيطة بالمعمل تسبب تكاثر الحشرات والجراثيم نتيجة للتحلل اللاهوائي .

طبيعة ومصدر مخلفات الألبان

يقوم معمل الألبان بتحويل المادة الأولية والتي هي الحليب إلى عدد من المنتجات اللبنية أهمها : الحليب المبستر والمعقم والمكثف والقشدة والزبدة واللبن الرائب والحليب المجفف بالإضافة إلى الأجبان .

ترافق عمليات التصنيع هذه كميات ونوعيات مختلفة من المخلفات السائلة يمكن رد مصدرها إلى :

١- الحليب الخام الذي يسكب على أرضية المعمل أثناء عملية استلام الحليب من الموردين

٢- تصل إلى المعمل أحياناً كميات من الحليب الخام يثبت عدم صلاحيتها للاستخدام في التصنيع أو يحصل في بعض الأحيان أن تتلف كميات من الحليب المعقم

والمواد المصنعة قبل تسويقها حيث في هذه الحالات تصرف هذه النوعيات في المجاري داخل المعمل .

٣- التخلص من النواتج العرضية وأهمها مادة المصل الناتج عن صناعة الألبان بسبكها في المجاري .

٤- الحليب الذي ينسكب على الأرضية المعمل أثناء عمليات التعبئة وكذلك التسرب من الأجهزة أثناء مراحل التصنيع .

٥- يحصل في بعض الأحيان أن بتخثر الحليب وهو جهاز نتيجة لعطل ما والانقطاع التيار الكهربائي وعندها يصرف الحليب المتخثر إلى المجاري .

٦- مياه الشطف وغسيل الأوعية المستعملة وزجاجات الحليب وخطوط النقل وغسيل أرضية المعمل ، حيث يرافق ذلك بالإضافة إلى مخلفات الحليب أنواع مواد الغسيل والمعقمات وجميعها مواد كيميائية .

٧- تصريف مياه المراجل البخارية والتي قد تحتوي على مواد كيميائية مثل الهدرازين المستعمل لإزالة الترسبات ومنع تكونها.

وقد وجد أنه بالإمكان تقليل الفاقد أثناء مراحل التصنيع عن طريق إجراء الصيانة الدائمة للأجهزة والمعدات المستخدمة حيث يمنع ذلك النضح والتسرب . فقد وجد أن النضح بمعدل قطرة واحدة في الثانية يمكن أن يسبب فقدان (٨-٩) ليتر من المادة خلال (١٠)ساعات.

كما أن الاهتمام والدقة في العمل والاستعمال الصحيح للأجهزة له تأثير واضح على تقليل الكميات المسفوحة من المنتجات على الأرض .

أيضاً يفضل كنس دقائق الجبن الموجودة على الأرضية وجمعه قبل غسل المعمل.

ويجب أيضاً استثمار المصل الناتج عن صناعة الجبن في صناعات أخرى بدلاً من صرفها في المجاري .

المخلفات السائلة لمعامل الألبان ومخاطر التلوث

تسبب المخلفات الصناعية التي تحتوي على المادة العضوية مشاكل كثيرة في تأثيرها على البيئة المحيطة بها . وتعتبر مصانع الأغذية من أهم المصانع التي تلفظ هذه المادة وخاصة معامل الألبان . حيث يكون المصل هو الجزء الأكبر من مخلفاتها

والمصل هو المنتج الثانوي المتخلف عن صناعة الأجبان ونسبة تتراوح بين (٨٥-٩٠)%من كمية الحليب الدخلة في التصنيع . ويحتوي هذا المصل على كمية كبيرة من المادة العضوية والتي تسبب مخاطر عديدة في الحياة المائية من حيث

استنزاف الأوكسجين الذائب في الماء. ويعبر عن متطلبات مخلفات معامل الأغذية و الألبان
بإحدى المعايير التالية :

١- المتطلب الحيوي للأوكسجين (B .O .D) Biochemical Oxygen Demand

وهو عبارة عن كمية الأوكسجين (جزء بالمليون أو مغ/ليتر) اللازمة لأكسدة المواد العضوية الموجودة في الفضلات بفعل الأحياء الدقيقة تحت ظروف قياسية (التحضين على درجة حرارة ٢٠مْ لمدة خمسة أيام).

٢- المتطلب الكيميائي للأوكسجين (C .O .D) Chemical Oxygen Demand
وهو عبارة عن كمية الأوكسجين (جزء بالمليون أو مغ/ليتر) اللازمة لأكسدة المواد العضوية الموجودة في الفضلات باستعمال المواد الكيميائية (ثاني كرومات البوتاسيوم) وتحت ظروف قياسية .
إن البحوث التي جرت في بريطانيا حول تلوث البيئة وخصوصا" تلوث المياه بينت أن معدل المتطلب الحيوي للأوكسجين لمصل الحليب كانت تتراوح بين ٣٨٠٠٠- ٤٦٠٠٠جزء بالمليون .
إن ارتفاع المتطلب الحيوي للأوكسجين لمادة المصل يعود إلى سكر اللاكتوز والمواد النتروجينية . فإذا نظرنا إلى تركيب المصل نجد أنه يحتوي على ٦-٧%مواد صلبة كلية ويشكل اللاكتوز القسم الأكبر منها (٤,٩%) و٠,٩%مواد نترو جينية ،٠,٣%دهن ، ٠,٢%حمض لبن و٠,٦%ماء .
إن ارتفاع المتطلب الحيوي للأوكسجين في المصدر المائي يشكل خطرا" كبيرا" على الحياة المائية نظرا" لتسببه في نقص الأوكسجين الذائب حتى اذا أصبح تركيزه أقل من أربعة جزاء بالمليون فان العديد من الأسماك لا تستطيع البقاء .
إن سكر اللاكتوز له القابلية السريعة في التحول إلى حمض لبن وذلك بفعل الأحياء الدقيقة الموجودة في الماء وهذا الحمض يمكن أن يكون أيضا" مادة سامة للأسماك عندما يصل تركيزه إلى ٦٥٤ملغ /ليتر ماء . وعندما تصرف هذه المياه إلى المجاري العامة فان حمض اللبن يعمل على تآكل تلك المجاري وخاصة إذا استمر تدفق تلك المخلفات لفترة طويلة . هذا بالإضافة إلى الطعوم والروائح التي تسببها تلك المخلفات والتي لا يمكن إزالتها بسهولة في عمليات تنقية المياه لإعادة استعمالها للأغراض الحياتية .

إن المخاوف من هذه المخلفات لا تتوقف عند احتوائها على المواد العضوية فحسب بل إنها تحتوي على مساحيق الغسيل وهذا يضيف تأثيرات سامة جديدة للمياه . فمثلا" عندما يكون تراكيز تلك المواد٦٠٠مغ /ليتر فان الماء يكون ساما" للأسماك وأحيانا" يكون لهذه المخلفات تأثيرات مرضية إذا ما وجدت البكتريا المرضية في الحليب المصنع . لذلك كله لا بد من إجراء بعض المعالجات على المخلفات قبل التخلص منها وصرفها خارج مجاري المعمل .

معالجة مياه النفايات الناتجة عن معامل الألبان

تهدف معاملة مياه النفايات إلى إزالة المواد الغروية المتخثرة واختزال مستلزمات الأوكسجين البيولوجية حتى يصبح الماء قابلا" للصرف في المجاري . ويختلف مستوى المعالجة المطبق على هذه المياه حسب عدة عوامل أهمها :

١- جهة صرف هذا الماء إلى وحدة المعالجة الرئيسية في المدينة أم إلى مجاري البلدية

٢- إمكانية صرف هذا الماء إلى الأنهار أو البحيرات والقوانين الناظمة لذلك

٣- تكاليف هذه المعالجة وهل يمكن إتمامها في المصنع نفسه أم لا .

وتتضمن معالجة مياه النفايات عدة مراحل اساسية :

١- المعالجة الأولية :

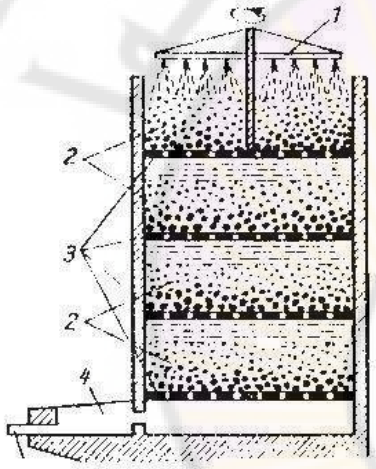
وفيه يتم إزالة جميع الأجزاء كبيرة الحجم وذلك بإمرار الماء على مصافي شبكية مهتزة . كما تزال الدقائق الأصغر حجماً بالترشيح أو بالطرد المركزي، أما الأجزاء الدقيقة جداً فتترك لتترسيب أو تطفو في خزانات كبيرة وفي هذه الحالة تطفو الدهون والزيوت على السطح مما يصار إلى كشطها . وتخثر المواد الغروية بإضافة الشب يمكن لهذه المعالجة الأولية أن تستبعد حوالي ٥٠% من الاحتياج الحيوي للأوكسجين للنفايات الموجودة في الماء . و٧٥% من إجمالي الجوامد الصلبة .

٢- المعالجة الثانوية :

تتم المعالجة الثانوية باستخدام وحدات المعالجة والتي تنطوي على استخدام مصافي تقطر السائل تقطيراً ، وعلى صهاريج للوحل المنشط وبرك من أنماط مختلفة .

أ- المصافي القاطرة : لهذه المصافي تصاميم مختلفة ، هدفها الرئيسي هو المقاربة بين مياه النفايات والبكتريا الهاضمة للنفايات في ظروف شديدة التهوية . تتألف المصفاة القاطرة من طبقة من الحجارة المهشمة أو من مادة

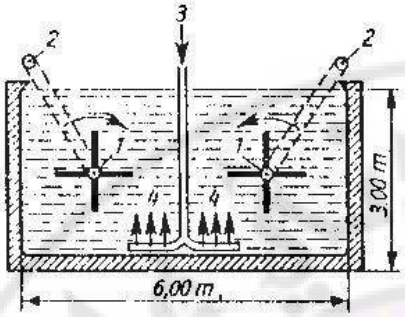
أخرى ذات سطح واسع يتصل مع الهواء . أو أن الهواء يضخ من خلالها ، وسرعان ما تشكل ماء النفايات الذي يقطر من خلال القطع الصخرية نموات بكتيرية هوائية تحيط بقطع الحجارة، وقد تلجأ إلى إقامة مثل هذه النموات عن طريق التلقيح بمزرعة بكتيرية ملائمة . ويمكن لأكسدة المواد العضوية التي تتم بتمرير مياه النفايا من خلال عدة مصاف قاطرة مربوطة مع بعضها على التسلسل أن تخفض الاحتياج الحيوي للأوكسجين للمياه الداخلة بمعدل ٩٠% وحتى ٩٥% . شكل ( ) .



شكل ( ) مصفاة قاطرة لمعالجة مياه النفايات

١- جهاز ترذيذ لمياه الفضلات٢- طبقات الترشيح٣- مصافي شبكية تستخدم كحوامل للمواد السامة٤- حوض المراقبة٥- فتحة خروج المياه المعاملة

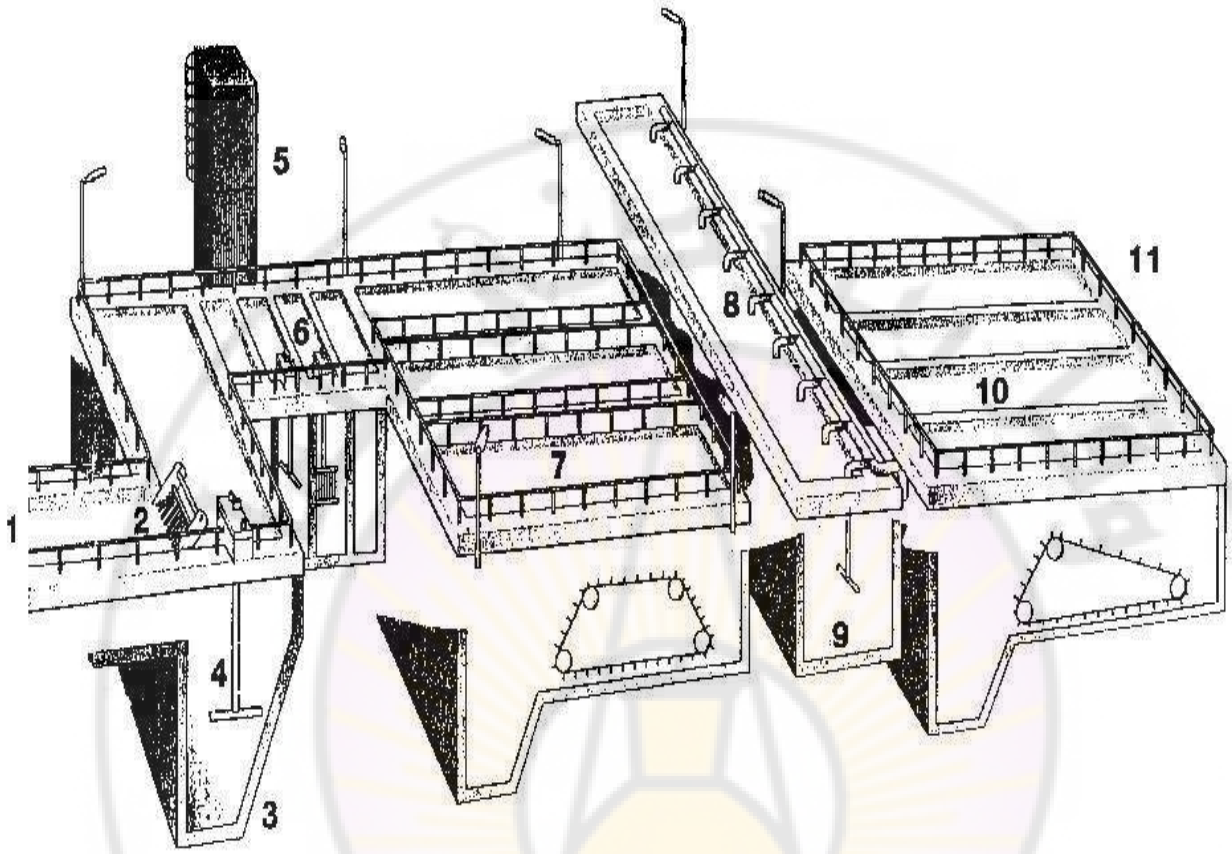
ب- خزانات الوحل المنشط : وهي عبارة عن خزانات كبيرة الحجم يضخ إليها الهواء على شكل فقاعات تمر عبر مياه النفايات مما يؤدي لتشكيل نموات بكترية هوائية . وحين لا تحتوي النفايات على الأزوت والفوسفور الضروريين لنمو البكتريا يعمد إلى إضافتهما على صورة مواد صرف صحي أو إضافات أخرى . تمكن هذه الصهاريج من إمدادها بمياه النفايات وسحبها بصورة مستمرة شكل ( ) .



شكل ( ) خزان الوحل المنشط

١- جهاز تحريك٢- محرك٣- دخول الهواء المنشط ٤- اختلاط الهواء بالفضلات

ج - البرك : غالباً ما تضخ المياه من المصافي القاطرة ومن صهاريج الوحل المنشط إلى خزانات إسمنتية أو إلى برك كبيرة الحجم بعمق ١-٢ م بغية تحقيق ظروف هوائية للميكروبات فتعمل على خفض الاحتياج الحيوي للأكسجين ولتوضع ما تبقى من جوامد وعادة ما يكون BOD لمياه البرك الناتج عن المعاملات السابقة منخفضاً بدرجة تسمح صرفها إلى البحيرات والأنهار وقد تشترط بعض البلديات كلورة هذه المياه قبل صرفها إلى البحيرات أو الأنهار لضمان خلوها من الأحياء الدقيقة الممرضة وكذلك لحفظ تعداد الكوليفورم فيها . والشكل ( ) يبين رسم تخطيطي للمراحل المختلفة في محطة المعالجة.



شكل ( ) المراحل المختلفة لمعاملة مياه النفايات في محطة` المعالجة .

١- قناة دخول مياه النفايات ٢- شبك تصفية ٣- معيدة للرمل ٤- تهوية ٥- خزان كبير لفصل الأجسام أو المواد الطافية٦- ترسيب أولي بالتثقيل ٧- ترسيب أولي ذاتي ٨ - معالجة بيولوجية ٩- تهوية ١٠- ترسيب نهائي ١١- مخرج الماء المعالج

الفصل السابع

المبادلات الحرارية واستخدامها في معمل الألبان

مفهوم التبادل الحراري

يتم تعريض الحليب خلال مراحل التصنيع المختلفة في معمل الألبان إلى الحرارة (بسترة أو تعقيم) وذلك بغية قتل الأحياء الدقيقة الممرضة التي يمكن إن تتواجد في الحليب إضافة إلى تحسين ظروف حفظه ، وبنفس الوقت يتطلب الأمر تبريد الحليب المعامل حرارياً وبسرعة لدرجة حرارة محددة حسب المنتج المراد تصنيعه من الحليب المسخن .

يسخن الحليب عادة باستخدام وسيط هو الماء الساخن أو بخار الماء ،حيث تنتقل كمية من الحرارة من وسط التسخين إلى الحليب فيسخن ، بالمقابل تنخفض درجة حرارة الوسيط بدرجة موازية . وبالمثل يبرد الحليب باستخدام وسيط تبريد والذي يكون ماءً بارداً أو مثلجاً أو محلول تبريد وذلك تبعاً لدرجة الحرارة المطلوب الوصول إليها . وفي هذه الحالة تنتشر الحرارة من الحليب إلى وسيط التبريد فتنخفض درجة حرارة الحليب وترتفع درجة حرارة الوسيط بالتناظر وهذا ما يسمى بالتبادل الحراري .

هناك عدة أمثلة في صناعة الألبان حيث تدعو الحاجة للتسخين والتبريد معاً . ففي عملية البسترة مثلاً يسخن الحليب الخام البارد من ٤مْ إلى درجة حرارة البسترة(٧٢ -٧٥مْ) ويحفظ على هذه الدرجة لمدة ١٥ثانية ثم يبرد ثانية إلى +٤ مْ . ولتوفير الطاقة اللازمة للتسخين والتبريد فإنه بالإمكان الاستفادة من حرارة الحليب المبستر لتسخين الحليب الخام البارد ، وكذلك يستفاد من حرارة الحليب الخام البارد لتبريد الحليب المبستر، وتسمى هذه العملية بالتبادل الحراري الاسترجاعي حيث يمكن في الحالات العملية الاستفادة من٨٥-٩٠% من الطاقة الحرارية للحليب المبستر في تسخين الحليب الخام البارد بهذه الطريقة .

تتم هذه العملية في جهاز خاص يسمى المبادل الحراري The heat exchanger والذي يوجد منه عدة أنواع أكثرها استخداماً هي :

- المبادلات الحرارية الأنبوبية والمبادلات الحرارية ذات الألواح والتي سنتعرض لها بالتفصيل في هذا البحث .

أجهزة التبادل الحراري المستخدمة في بسترة الحليب .

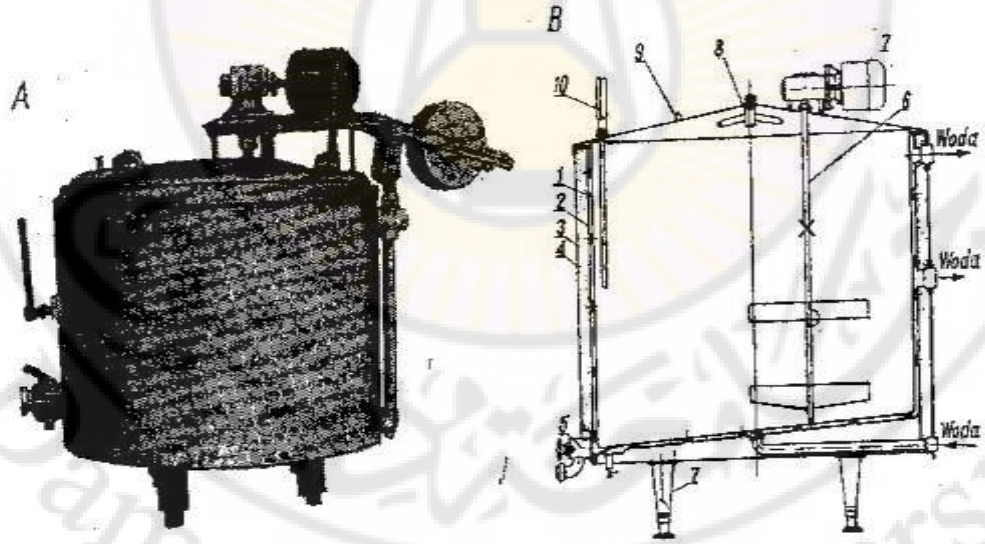
١- أجهزة البسترة البطيئة

وهي عبارة عن أحواض معدنية مصنوعة من الستانلس ستيل ، مزدوجة الجدران ، يمر وسط التسخين أو التبريد عبر الفراغ الموجود بين الجدارين، يزود الحوض بمحرك ميكانيكي لتحريك الحليب داخل الحوض ، كما يزود الحوض بموازين حرارة كل من وسط التسخين والحليب .

ويزود الحوض أيضاً بأنبوب لتغذية الحوض بالحليب الخام وآخر لصرف الحليب المبستر من الحوض وأنابيب أخرى لتوصيل وسط التسخين أو التبريد وصرفها .

بعد وصول درجة حرارة الحليب في الحوض إلى ٦٣مْ ، يبقى الحليب محفوظاً في حوض البسترة على هذه الدرجة مدة لا تقل عن (٣٠ دقيقة) ، ثم نستبدل الماء الساخن بالماء البارد ويحرك الحليب ليتم تبريده إلى درجة حرارة +٤مْ ويمكن إجراء عملية التبريد بسرعة عن طريق إمرار الحليب المبستر بهذه الطريقة على قسم التبريد في المبادل الحراري ذي الألواح .

والشكل ( ) يبن رسماً تخطيطياً لحوض البسترة بالطريقة البطيئة المتقطعة



شكل ( ) حوض لبسترة الحليب بالطريقة البطيئة

١- جدار داخلي ٢- جدار متوسط ٣- جدار خارجي ٤- عزل ٥- سكر للتفريغ ٦- خلاط ٧- محرك كهربائي ٨- مرذاذ للغسيل ٩- ضوء ١٠- ميزان حرارة ١١- دخول الماء ١٢- خروج الماء .

٢- أجهزة البسترة السريعة

المبادلات الحرارية الأنبوبية

يتكون المبادل الحراري الأنبوبي من عدة مجموعات أو وحدات من الأنابيب الموصولة مع بعضها بشكل مناسب ، كل وحدة من هذه الوحدات تتألف من أنبوب خارجي يشكل جسم الوحدة ويضم في داخله مجموعة من الأنابيب (من ١-١٦أنبوب) يمر الحليب بداخلها بينما يمر وسط التسخين في الفراغ المتشكل ما بين السطح الخارجي لهذه الأنابيب والسطح الداخلي للأنبوب الخارجي وذلك باتجاه معاكس لمرور الحليب .

والشكل ( ) يوضح النماذج المختلفة للمبادلات الحرارية في معامل الألبان والنموذج الأكثر انتشاراً هو النموذج (A) والذي هو عبارة عن أنبوب داخل أنبوب يليه النموذج (b) . ويختار المعمل النموذج المناسب حسب إنتاجيتة حيث تزداد عدد الأنابيب الداخلية بازدياد إنتاجية المعمل للوصول إلى السطح المطلوب للتسخين توصل الوحدات الأنبوبية مع بعضها البعض بحيث تشكل مساراً متعرجاً في الوحدة المتكاملة (المبادل الحراري الأنبوبي) وتستخدم هذه المبادلات لأغراض التسخين والتبريد والتبادل الحراري كما هو الحال في المبادل الحراري ذي الألواح

شكل ( ) I : الشكل العام للمبادل الحراري الأنبوبي

II : الهيكل العام للمبادل الحراري الأنبوبي والنماذج المختلفة لقنوات مرور الحليب

A- أنبوب داخل الأنبوب الخارجي
B- أربعة أنابيب داخل الأنبوب الخارجي
C- سبعة أنابيب داخل الأنبوب الخارجي
D- ستة عشر أنبوب داخل الأنبوب الخارجي
E- طريقة وصل الأنابيب في مسار رباعي المرحلة

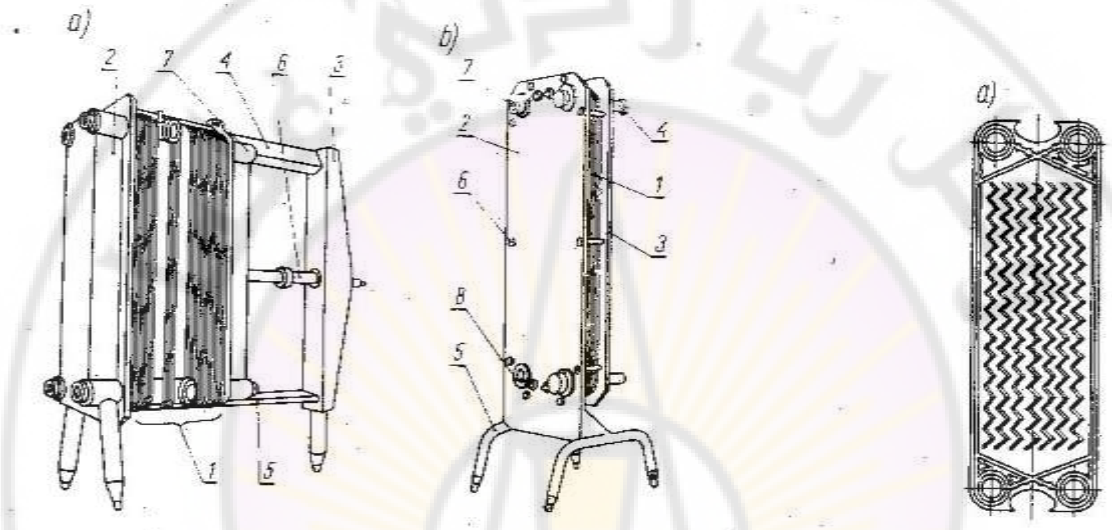
المبادلات الحرارية ذات الألواح

وهي الأكثر استخداماً في معامل الألبان، وقد تم وصف هذا النوع من المبادلات في فصل تبريد الحليب، وفي هذا الوضع سنتعرض للمبادل الحراري ذي الألواح المستخدم في عملية البسترة أو التعقيم، حيث يتطلب الأمر التسخين ثم التبريد مباشرة.

يتكون المبادل الحراري في هذه الحالة من خمسة أقسام رئيسية بالإضافة إلى صمام التحويل . يتكون كل قسم من رزمة من الألواح المعدنية المفصولة تماماً عن الأقسام الأخرى ويقوم بتحقيق هدف معين مثل التبادل الحراري أو التبريد. وهذه الأقسام هي :

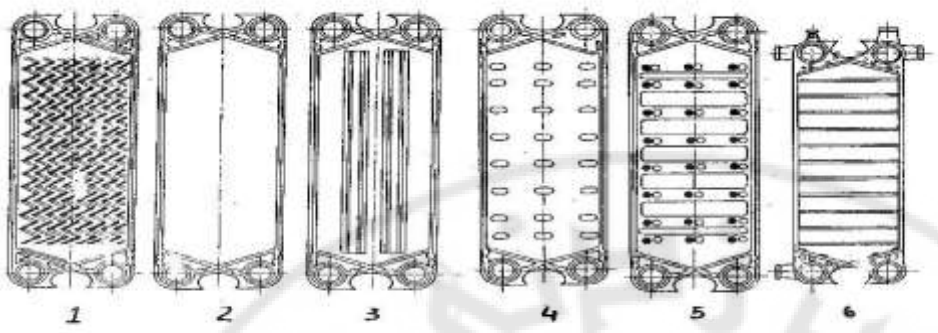
١- قسم التبادل الحراري : وفيه يتم تبادل الحرارة ما بين الحليب الخام البارد و الحليب الساخن العائد من قسم البسترة، يسمح هذا القسم باسترجاع وتوفير حوالي ٨٥% من الحرارة المصروفة لتسخين الحليب ورفع درجة حرارة الحليب الخام البارد من ٤مْ إلى ٦٠-٦٥مْ، وبنفس الوقت يتم تبريد الحليب المبستر لدرجة حرارة حوالي ١٠-٢٠مْ. ويمكن لهذا القسم أن يتكون من جزء واحد أو جزئيين وذلك حسب عمل المبادل الحراري المرتبط مع عمل الفراز والمجنس .
٢- قسم البسترة : يتم في هذا القسم تسخين الحليب الدافئ الوارد من قسم التبادل الحراري إلى درجة حرارة البسترة المطلوبة وذلك تتبادل الحرارة مع البخار أو الماء الساخن كوسيط للتسخين .
٣- قسم الحجز :يقوم هذا القسم بحجز الحليب الوارد من قسم البسترة لفترة زمنية محددة بطريقة البسترة . وهو عبارة عن مجموعة من الألواح المصممة بشكل خاص لتلبي الحجز أو عبارة عن مجموعة من الأنابيب الحلزونية المعزولة حرارياً ،ذات قطر وطول محددين بحيث يستغرق زمن مرور الحليب فيها الفترة المخصصة للحجز على درجة حرارة البسترة .
٤- قسم التبريد بالماء العادي : في هذا القسم يتم التبادل الحراري والماء العادي من الصنبور .

٥- قسم التبريد بالماء المثلج : يتم في هذا القسم خفض درجة حرارة الحليب المبستر الوارد من قسم التبريد بالماء العادي إلى درجة التبريد النهائية وهي ٣-٤مْ وذلك باستخدام الماء المثلج كوسيط للتبريد . كما يزود المبادل الحراري ذي الألواح بأجهزة أوتوماتيكية لتنظيم درجة حرارة البسترة ودرجة حرارة التبريد . والشكل ( ) يوضح بنية وأقسام المبادل الحراري ذي الألواح.



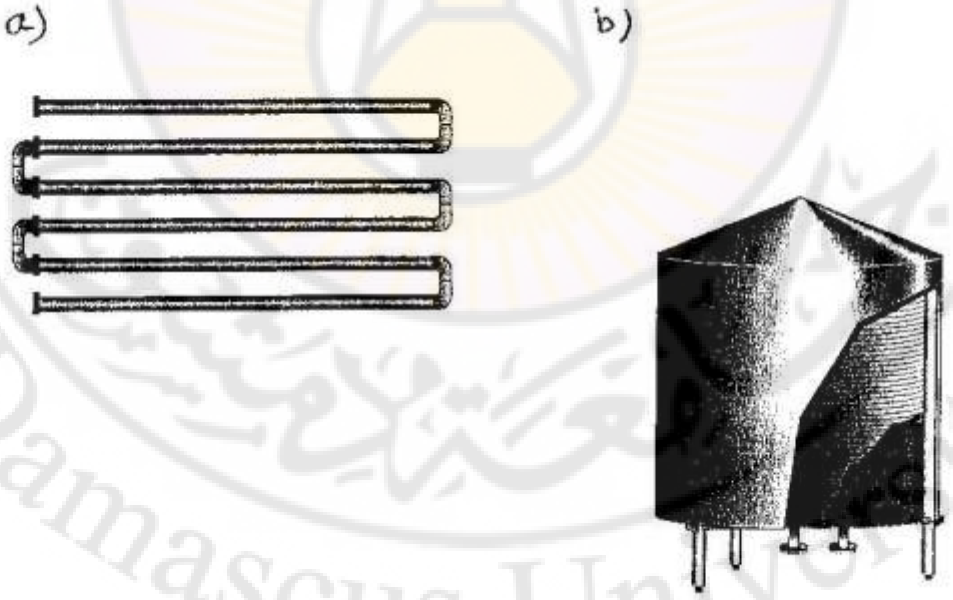
شكل ( ) بنية المبادل الحراري ذي الألواح

١- جانب أمامي ٢- مجموعة من الألواح(قسم)٣- مسند علوي ٤- مسند سفلي ٥- صفيحة شد ٦- جانب خلفي ٧-ذراع شد



شكل ( ) أنواع الألواح ضمن المبادل الحراري ذي الألواح

١- لوح تبادل حراري أو بسترة ٣،٢- لوح إغلاق القسم ٤- لوح حفظ ٥- لوح تقسيم (بين الأقسام) ٦- لوح تحويل الحليب بين الأقسام .



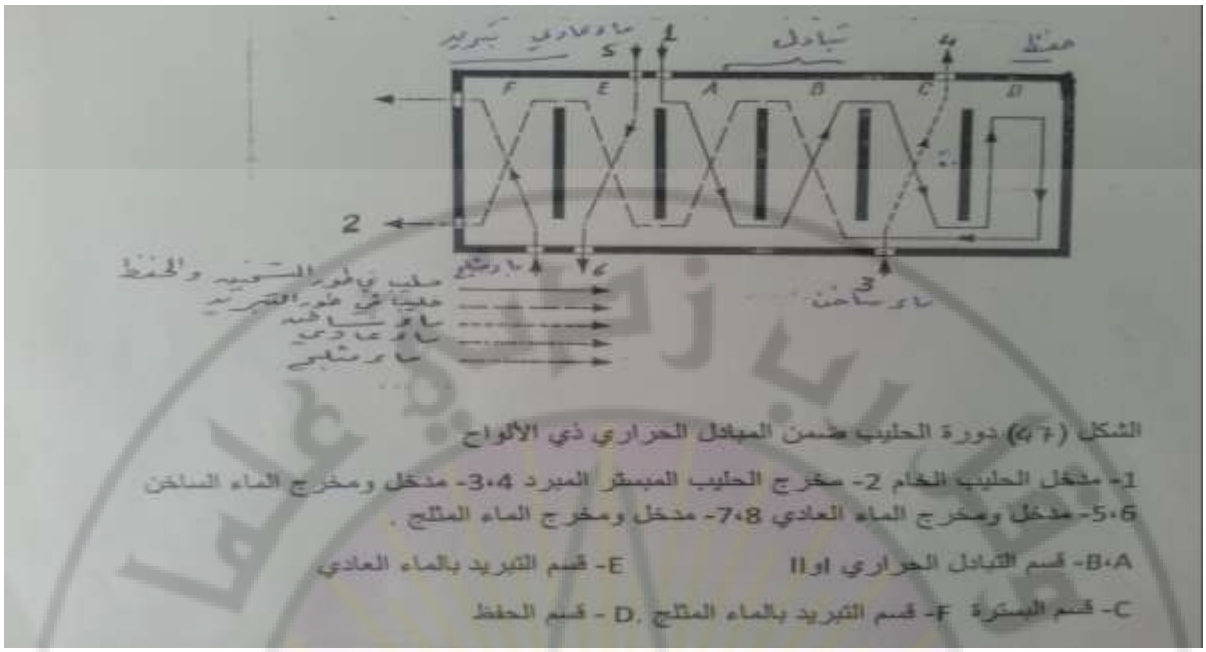
شكل ( ) أشكال أنابيب حجز الحليب على درجة حرارة البسترة .

١- حجز متعرجة ، ٢- أنبوب حجز على شكل لولب للحجز فترة طويلة .

دورة الحليب ضمن المبادل الحراري ذي الألواح أثناء البسترة السريعة : يتكون جهاز البسترة السريعة للحليب من المبادل الحراري ذي الألواح والذي تم وصفه سابقاً اضافة إلى

العديد من الملحقات الضرورية لعمل الجهاز كحوض التوازن والمضخات ومنظم التيار الحليب وكذلك الأنابيب اللازمة لوصل الأجهزة مع بعضها البعض كما يضم الخط التكنولوجي الكامل البسترة الحليب فرازاً ومجنساً . يمر الحليب بتأثير ثقله الخاص من أحواض التخزين المبرد إلى حوض الموازنة والذي يكون عادة تحت مستوى ألواح التسخين والتبريد ثم يدفع الحليب بمضخة وبسرعة ثابتة ومنتظمة تحت ضغط خفيف من حوض التوازن إلى القسم الأول من المبادل الحراري ذي الألواح (قسم تبادل الحرارة) حيث يسخن الحليب تبادلياً مع الحليب الساخن العائد من قسم البسترة والذي يمر على السطح الآخر للألواح وفي اتجاه معاكس لاتجاه مرور الحليب الخام البارد وتصل درجة حرارة الحليب الخام في هذا القسم إلى حوالي ٥٧-٦٠مْ يدفع الحليب بعد ذلك تحت ضغط إلى قسم التسخين حيث ترفع درجة حرارته إلى ٧٣مْ وذلك بإمرار ماء ساخن درجة حرارته ٧٩مْ على السطح الآخر للألواح وفي اتجاه معاكس بعدها يمر الحليب إلى الجزء الخاص بالحجز والمصمم بطريقة تجعل الحليب يستغرق بمروره في هذه الجزء مدة لا تقل عن ١٥ ثانية وبعد خروج الحليب من قسم الحجز يمر خلال صمام التحويل فإذا كانت درجة حرارته لم تصل إلى درجة حرارة البسترة فإن صمام التحويل هذا يقوم آلياً بتحويل الحليب إلى خزان الحليب الخام لإعادة إمراره من جديد في جهاز البسترة أما إذا كانت درجة حرارة الحليب مضبوطة ٧٣مْ فإنه يمر إلى الجزء الخاص بتبادل الحرارة مرة أخرى فيتم تبريده إلى حوالي ١٨مْ وذلك بواسطة الحليب الخام البارد الذي يمر على السطح الآخر للألواح وباتجاه مضاد .

يمر الحليب المبستر بعد ذلك إلى الجزء الخاص بالتبريد بالماء العادي ثم إلى الجزء الخاص بالماء المثلج لتبريده إلى درجة حرارة +٤مْ ومنه يمر إلى جهاز تعبئة الحليب في العبوات . يوضح الشكل ( ) دورة الحليب في أقسام المبادل الحراري ذي الألواح بينما يبين الشكل ( ) مرور الحليب ووسط التسخين في قسم البسترة



الشكل (٤٦) دورة الحليب ضمن المبادل الحراري ذي الألواح

1- مدخل الحليب الخام 2- مخرج الحليب المبستر المبرد 3،4- مدخل ومخرج الماء الساخن 5،6- مدخل ومخرج الماء العادي 7،8- مدخل ومخرج الماء المثلج .

B،A- قسم التبادل الحراري اوII E- قسم التبريد بالماء العادي

C- قسم البسترة F- قسم التبريد بالماء المثلج .D - قسم الحفظ

الشكل ( ) دورة الحليب ضمن المبادل الحراري ذي الألواح

١- مدخل الحليب الخام ٢- مخرج الحليب المبستر المبرد ٣،٤- مدخل ومخرج الماء الساخن ٥،٦- مدخل ومخرج الماء العادي ٧،٨- مدخل ومخرج الماء المثلج .

B،A- قسم التبادل الحراري اوII E- قسم التبريد بالماء العادي

C- قسم البسترة F- قسم التبريد بالماء المثلج .D - قسم الحفظ

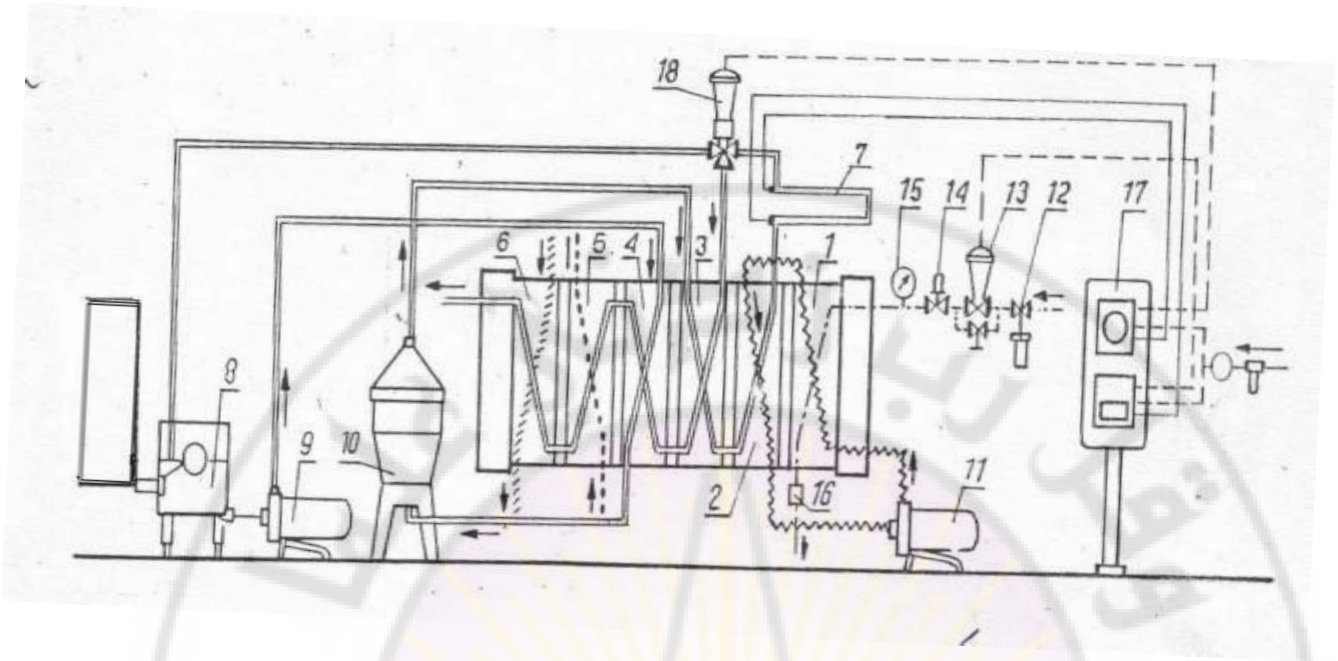
شكل (48) مرور الحليب ووسط التسخين في قسم البسترة

1،2- دخول وخروج الحليب 3،4- دخول وخروج وسط التسخين

9

شكل ( ) مرور الحليب ووسط التسخين في قسم البسترة

٢،١- دخول وخروج الحليب ٤،٣- دخول وخروج وسط التسخين



شكل ( ) خط تكنولوجي لبسترة الحليب بواسطة المباد الحراري ذي الألواح

١- قسم تسخين الماء بواسطة البخار ٢- قسم البسترة ٣،٤-قسم التبادل الحراري ٥- قسم التبريد بالماء العادي ٦- قسم التبريد بالماء المثلج ٧- أنبوبة لحفظ الحليب المبستر المدة اللازمة للتسخين مع حساس للحرارة ٨- حوض توازن ٩- مضخة ١٠- فراز ١١- مضخة للماء الساخن ١٢- صمام تنظيم الضغط ١٣- صمام تنظيم مرور البخار إلى الماء المسخن ١٤- صمام آمان ١٥- مياس ضغط ١٦- وعاء تكثيف ١٧- لوحة تحكم بعملية البسترة ١٨- صمام تحويل الحليب .

غسيل وتعقيم جهاز البسترة وملحقاته .

تعتبر عملية غسيل وتعقيم المبادل الحراري ذي الألواح وكذلك الأجهزة المرافقة له في خط البسترة (الفراز،المحبس،الخزانات،الأنابيب .....) ضرورية من الناحية الصحية وكذلك من الناحية الهندسية حيث أن تشكل الترسبات اللبنية على سطح المبادلات الحرارية تحد من انتقال الحرارة .

يجب أن تتم عملية غسيل جهاز البسترة وملحقاته بعد كل ٣-٤ساعات عمل أو بعد انتهاء عملية بسترة الحليب مباشرة .وتتم عملية غسيل المبستر والأجهزة الملحقة في دورة مغلقة دون حاجة الحاجة لفك الجهاز (نظام CIP) وذلك وفقاً للخطوات التالية :

١ - الغسيل بالماء العادي لمدة ٤دقائ لإزالة آثار الحليب ويصرف الماء إلى الأقنية

٢- الغسيل بواسطة محلول القلوي NaoH تركيز ١-١,٥% ذو درجة حرارة ٧٠مْ لمدة ٢٠-٣٠ دقيقة وذلك لإزالة الترسبات البروتينية .

٣- الغسيل بالماء الفاتر لإزالة آثار محلول الصودا لمدة ١٠دقائق

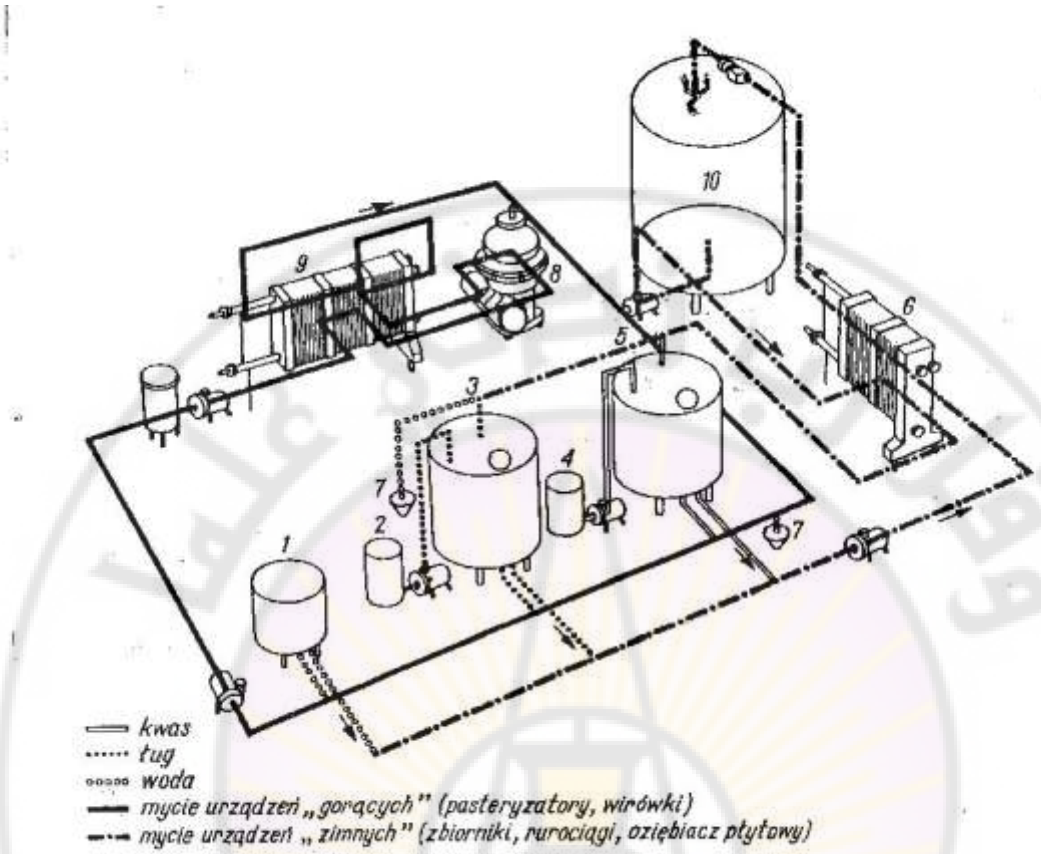
٤- الغسيل بمحلول حمض الأزوت تركيز ٠,٧-١% ذو درجة حرارة ٦٥مْ لمدة ٢٠-٣٠دقيقة وذلك لإزالة الترسبات المعدنية

٥- غسيل بالماء الدافئ لمدة ١٠دقائق لإزالة آثار الحمض

٦- الغسيل بواسطة محلول قلوي خفيف ٠,٥% NaoH ذو درجة حرارة ٧٠مْ لمدة ١٠دقائق

٧- لتعقيم الأجهزة بعد عملية الغسيل يلجأ على إمرار الماء الساخن في دورة مغلقة ٩٥مْ لمدة ١٥-٢٠دقيقة .

ولا ينصح باستخدام الكلور للتعقيم خوفاً من تخريش سطوح الأجهزة ويجب باستمرار ضبط تركيز المحاليل القلوية والحمضية من أجل الحصول على الأثر المطلوب من عملية الغسيل . وفي حال النتائج السلبية للتحاليل الميكروبيولوجية للحليب المبستر يلجأ إلى فك وتنظيف المبستر يدوياً بالفرشاة ولا يسمح بفك الجهاز حتى يبرد تلقائياً ولا يجوز صب الماء البارد عليه خوفاً من تخريب الجوانات المطاطية .
والشكل ( ) يوضح مخطط دارة الغسيل المغلقة (دارة الغسيل في المكان CIP) .



شكل ( ) مخطط محطة الغسيل CIP

١- خزان ماء ٢- خزان القلوي المركز ٣- خزان القلوي الفعال(المحلول القلوي) ٤- خزان حمض الأزوت الفعال (المحلول الحمضي)٦- مبرد صفائحي للحليب ٧- ترحيل الماء ومحاليل الغسيل المستعملة ٨- فراز ٩- مبستر للحليب ١٠- خزان حليب خام .

حمض

قلوي .....

ماء °°°°°°°

غسيل الأجهزة على الساخن (فراز- مبستر)

ـ.ـ.ـ غسيل الأجهزة على البارد (خزانات– أنابيب– أجهزة التبريد) .

تصميم وتشغيل أجهزة البسترة .

استناداً إلى تعريف البسترة، يجب أن تتوفر في جهاز البسترة الشروط الآتية :

١- ***القدرة على التسخين إلى درجة حرارة البسترة*** .

- يجب أن يكون المبادل الحراري المراد تصميمه قادراً على تسخين الحليب إلى درجة حرارة ٧٢-٧٥مْ.

- وأن يكون التسخين سريعاً ومنتظماً باستمرار .
- **يمكن التحكم في درجة حرارة البسترة .**

وللحصول على نتائج جيدة للبسترة والتحكم في درجة حرارة البسترة لابد من تحقيق الأتي:

١- زيادة سطح المبادل الحراري مما يؤدي إلى سرعة نفوذ الحرارة إلى الحليب
٢- أن يكون معدل سريان ماء التسخين في جهاز البسترة مساوياً لضعف معدل سريان الحليب تقريباً.
٣-أن تكون درجة حرارة ماء التسخين في الجهاز أعلى ب٢-٣ درجات عن درجة حرارة البسترة المطلوب الوصول إليها.

٢- ***القدرة على حجز المنتج في المبستر على درجة حرارة البسترة للمدة المطلوبة*** :

ولتحقيق ذلك لابد من توفر التالي :

١- ألاّيكون هناك اختلاف في معدل سريان الحليب في الجهاز ويمكن تحقيق ذلك من خلال تركيب مضخة ومقياس لمعدل السريان قبل جزء البسترة في الجهاز .
٢- ألاّيكون هناك اختلاف في معدل سريان الحليب في أنبوبة الحجز .
٣- ثبات درجة حرارة الحليب أثناء سريانه في أنبوبة الحجز (عزل الأنبوبة بشكل جيد).

الاختلاف في مدة الحجز تعتبر من العوامل المهمة في تحديد كفاءة عملية البسترة ، حيث أن قصر مدة الحجز تؤدي إلى عدم قتل البكتريا وعدم تثبيط نشاط الأنزيمات أما طول هذه المدة فيمكن أن تؤدي إلى تغيرات كيميائية وطبيعية أكثر من تلك التي تحدث في الحليب المبستر العادي

ونظراً لتأثير مدة الحجز على كفاءة عملية البسترة من حيث قتل البكتريا وإتلاف الأنزيمات فإنه يتم قياس كفاءة عملية الحجز كما يلي :

$$\text{كفاءة عملية الحجز} = \frac{\text{الوقت الذي يأخذه الحليب للمرور خلال أنبوبة الحجز}}{\text{مدة الحجز المحسوبة}}$$

$$\text{مدة الحجز المحسوبة} = \frac{\text{حجم أنبوبة الحجز}}{\text{معدل سريان الحليب}}$$

يعتبر عمل جزء الحجز في جهاز البسترة جيداً عندما تكون كفاءة عملية الحجز به ليست أقل من ٠,٨ .

٣- ***القدرة على التبريد :***

يجب أن يصمم المبادل الحراري بحيث يؤمن تبريد الحليب المبستر على مرحلتين الأولى بالتبادل الحراري مع الحليب البارد . إلى درجة حرارة < ١٠مْ والثانية في قسم التبريد بالماء العادي ثم المثلج إلى +٤مْ

٤- ***القدرة على التحكم في درجة حرارة البسترة ودقة التشغيل*** .

لمعرفة درجة حرارة الحليب المبستر الخارج من قسم الحجز يزود المبستر بجهاز حساس لقياس درجة حرارته ويوضع في نهايته أنبوبة الحجز بالإضافة إلى صمام التحويل حيث يعمل هذا لصمام على إعادة الحليب الذي لم تصل درجة حرارته إلى درجة حرارة البسترة إلى خزان الحليب الخام لإعادة بسترته .

٥- ***ألاّ يكون جهاز البسترة مصدراً للتلوث الميكروبي للحليب*** .

ولتحقيق ذلك لابد من إتباع ما يلي :

١- تنظيف وتطهير جهاز البسترة قبل الاستخدام .
٢- منع نمو البكتريا على سطح المبادلات الحرارية .
٣- منع تسرب الحليب الخام إلى الحليب المبستر .
٤-منع تآكل معدن الجهاز .

٦- ***ألاّ يكون جهاز البسترة مصدراً للتلوث الكيميائي للحليب***

يحدث التلوث الكيميائي للحليب بعدة طرق .

١- بقايا مواد التنظيف
٢- من الأجزاء الغير معدنية والتي يشترط فيها :
أ- ألاّ تكون سهلة التشقق
ب- ألاّتكون سبباً في تلوث الحليب بمركبات تسبب تغيراً في طعم الحليب
٣- محاليل التبريد والتسخين

الاختبارات المبدئية لجهاز البسترة :

يجب إجراء بعض الاختبارات عند تشغيل جهاز البسترة لأول مرة أو بعد إجراء تغيرات كبيرة في جهاز البسترة وقبل تلك الاختبارات يجب التأكد من أن الجهاز قد تم تركيبه جيداً بالطريقة الصحيحة وذلك باستخدام دورة من الماء العادي لاختبار ذلك.

ضبط درجة حرارة جهاز البسترة:

يتم في البداية ضبط درجة حرارة البسترة بإمرار ماء عادي في جهاز البسترة ثم يوقف ضخ الماء إلى خزان تغذية الجهاز وننتظر حتى يختفي الماء منه تقريباً،يضخ الحليب إلى خزان التغذية قبل أن يحل الهواء محل الماء ويترك صمام خروج الحليب المبستر مفتوحاً لبعض الوقت ويصب الناتج (ماء +حليب)في وعاء خاص وذلك متى يتم التأكد من أن الناتج هو حليب مبستر عندها يغلق الصمام ويحول إلى خزان تجميع الحليب المبستر .

- لوحظ أن درجة حرارة البسترة التي تم ضبطها باستخدام الماء تنخفض قليلاً عندما يحل الحليب محل الماء ، لذا يتم ضبط درجة الحرارة أعلى من الدرجة المطلوبة للوصول إليها ب١مْ .
- درجة حرارة الماء المستخدم لضبط درجة الحرارة يجب أن تكون مساوية لدرجة حرارة الحليب الخام
- بعد ذلك يتم ضبط درجة حرارة البسترة باستخدام الحليب ويتم ضبط الجهاز على حوالي ٦- ٨ درجات حرارة مختلفة على سبيل المثال (٤درجات أقل من درجة حرارة البسترة ،٤درجات حرارة أعلى من درجة حرارة البسترة) ويلاحظ كل مما يلي أثناء التشغيل :

١- دقة قراءة ترمومتر درجة حرارة البسترة ودرجة حرارة التبريد
٢- تقدير معدل سريان الحليب داخل الجهاز
٣- تقدير مدة الحجز
٤- قياس ضغط الحليب في مناطق مختلفة من الجهاز حتى يمكن حساب الفرق في ضغط كل من الحليب الخام والمبستر
٥- قياس درجات حرارة الفرز والتجنيس

تؤخذ عينة حليب مبستر في كل مرة يتم فيها تشغيل الجهاز وتجري عليها الاختبارات التالية :

١- تقدير نشاط أنزيم الفوسفاتيز القلوية
٢- العدد الكلي للميكروبات مباشرة وبعد الحفظ لمدة ٧أيام على درجة ٧مْ
٣- عدد بكتريا الكوليفورم مباشرة وبعد حفظه على ٢٥ مْ لمدة ٢٤ساعة
٤- اختبار الحليب حسياً

من أهم القرارات التي يتم اتخاذها على ضوء نتائج الاختبارات السابقة هو على أي درجة حرارة سوف تتم عملية البسترة لتكون نتيجة اختبار الفوسفاتير القلوية سالبة .

التحكم في جهاز البسترة أثناء التشغيل :

يمكن التحكم في جهاز البسترة أثناء التشغيل عن طريق :

١- تسجيل درجات الحرارة أوتوماتيكياً بواسطة جهاز يتم فيه تسجيل درجات حرارة البسترة والتبريد والتنظيف والتطهير . ويشترط في جهاز التسجيل :
أ- أن يكون الجهاز حساس جداً
ب- أن يكون الجهاز دقيق جداً (أكثر من ٠,٢مْ)
٢- اختبار عينات الحليب المبستر
أ- اختبار الفوسفاتيز القلوية لمعرفة كفاءة البسترة
ب-اختبار الكوليفورم للدلالة على تلوث الحليب المبستر بحليب خام
ت-اختبار عينات الحليب المبستر للتلوث بالبكتريا من الجهاز (اختبار وجود البكتريا المحبة للحرارة)
٣- اختبار جهاز البسترة أسبوعياً

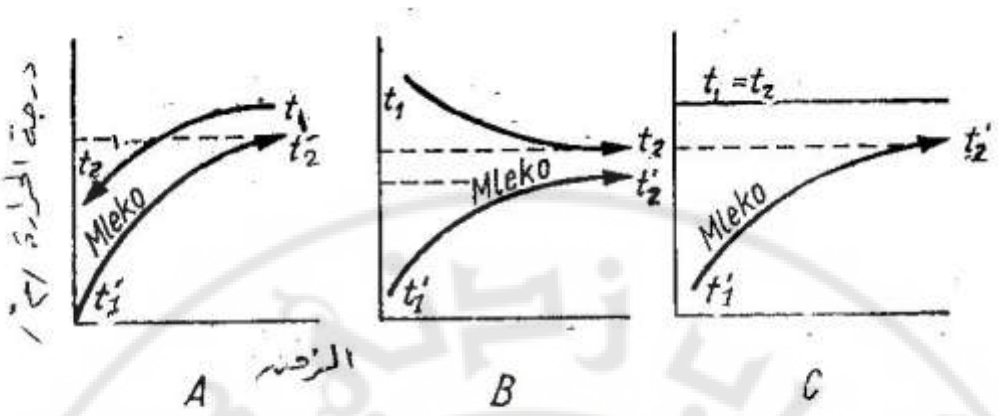
- حيث ينصح باختبار أجهزة قياس درجات الحرارة أسبوعياً ومقارنتها بترمترات قياسية
- ينصح أيضاً باختبار نظام تحويل الحليب الغير مبستر بكفاءة إلى خزان التغذية .

تبدلات الحرارة في المبادل الحراري ذي الألواح أثناء البسترة.

يتبع عادة طرق مختلفة لتسخين الحليب في المبادلات الحرارية ذات الألواح وذلك حسب اتجاه كل من وسط التسخين والحليب وهي :

١- طريقة التسخين بالاتجاه المعاكس :وفي هذه الطريقة يسيل الحليب باتجاه معاكس لمرور وسط التسخين (ماء ساخن)
٢- طريقة التسخين بالاتجاه المشترك : وفي هذه الطريقة يسيل الحليب ووسط التسخين (الماء الساخن) بنفس الاتجاه
٣- التسخين بالبخار

و الشكل ( ) يوضح مخطط سير عملية بسترة الحليب في المبادل الحراري ذي الألواح بالطرق المختلفة للتسخين.



الشكل ( ) يوضح سير عملية التسخين في المبادلات الحرارية ذات الألواح وتغير حرارة كل من الحليب ووسط التسخين

A : التسخين بعكس الاتجاه (ماء ساخن) B : التسخين بالاتجاه المشترك (ماء ساخن)

C : التسخين بالبخار. t_1و t_2 : درجات حرارة وسط التسخين البدائية والنهائية

t_1', t_2': درجات حرارة الحليب البدائية والنهائية

من الشكل السابق نلاحظ أن ما يميز التسخين بالاتجاه المعاكس هو أن الاختلاف في درجتي حرارة الوسطين (الحليب والماء الساخن) يبقى منتظماً خلال عملية التسخين ودرجة حرارة الحليب النهائية هي أخفض بقليل من درجة حرارة وسط التسخين الابتدائية . أما في حالة التسخين ذو الاتجاه المشترك فإن الاختلاف في درجات الحرارة ما بين الحليب والماء الساخن تكون في البداية أكبر ما يمكن بين الوسطين ويبدأ هذا الفرق بالتناقص تدريجياً أثناء التسخين ونتيجة لانخفاض درجة حرارة وسط التسخين فإن درجة حرارة الحليب النهائية ستكون أخفض مما هو عليه في حالة التسخين بالاتجاه المعاكس وذلك باستخدام وسط تسخين له نفس درجة الحرارة الأولية . أما في حالة التسخين باستخدام البخار كوسط للتسخين ،فإن درجة حرارة البخار عند ضغط معين وثابت ستبقى ثابتة . في بداية التبادل الحراري بهذه الطريقة سيكون الفرق في درجة الحرارة ما بين الحليب والبخار أعلى ما يمكن ،وفي نهاية عملية التسخين فإن درجة الحليب ستتقارب من درجة حرارة البخار .أثناء التسخين بالطريقة المختلفة يجب الأخذ بعين الاعتبار أن الفرق الكبير ما بين درجة حرارة وسط التسخين ودرجة حرارة الحليب النهائية يسبب تشكل الأحجار اللبنية

ديناميكية التبادل الحراري

تتعلق كمية الحرارة التي يمكن نقلها عبر ألواح التسخين في المبادل الحراري ذي الألواح بعدة عوامل أهمها :

١- الاختلاف في درجة الحرارة بين المادة المراد تسخينها ووسيط التسخين وسرعة سير كل منهما .
٢- مساحة السطح الذي يتم فيه التبادل الحراري
٣- معامل الحمل الحراري أو التبدل الحراري K
٤- تصميم المبادل الحراري
٥- الصفات الفيزيائية لكل من الحليب ووسيط التسخين أو التبريد

ويمكن تحديد كمية الحرارة التي تمر عبر الصفائح من خلال العلاقة التالية :

$$Q = K. F .Z. \Delta T$$

حيث: Q : كمية الحرارة المنقولة عبر صفائح المبادل الحراري

K: معامل الحمل الحراري أو التبدل الحراري

F: سطح التبادل الحراري م٢ Z : زمن التبادل الحراري /ساعة

ΔT :الفرق بين درجتي حرارة وسطي التبادل مْ

وتتوقف قيمة معامل التبدل الحراري على عدة عوامل هي :

- التوصيل الحراري للصفائح
- سهولة اعطاء الحرارة من وسط التسخين الى الصفيحة
- سولة أخذ الحرارة من قبل الوسط المسخن (الحليب) من الصفيحة
- ويمكن توضيح ذلك من خلال العلاقة التالية :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\propto} + \frac{1}{\propto} + \frac{L}{N}$$

α : معامل اخذ الحرارة من خلال الصفيحة وتقدر ب ($W/(m^2.c$ أو

α : معامل اعطاء الحرارة من قبل الصفيحة ($cal/(m^2.c.h$

L- سماكة الصفائح /م /

N- الناقلية الحرارية للصفائح مقدرة ب ($W/(m.c$ أو ($cal/(m^2.c.h$

قيمة معامل التبدل الحراري تختلف من قسم لآخر فهي كالتالي في قسم البسترة وفي حال التسخين بالماء تبلغ حوالي ٣٥٠٠-٥٨٠٠($W/(m^2.c$ والذي يساوي ٣٠٠٠-٥٠٠٠ ($cal/(m^2.c.h$ و في قسم التبادل الحراري ١٧٥٠-٣٥٠٠ ($W/(m^2.c$ والذي يساوي ١٥٠٠-٣٠٠ K ($cal/(m^2.c.h$ أما في قسم التبريد فتبلغ قيمتة حوالي ٢٣٠٠-٣٥٠٠ ($W/(m^2.c$ أي ٢٠٠٠-٣٠٠٠(k ($cal/(m^2.c.h$).

سطوح التبادل الحراري في القسم المحدد من المبستر ذي الألواح يمكن تحديدها وذلك بمعرفة برنامج درجات الحرارة في كل قسم من المبادل الحراري واعتماد قيمة محددة للمعامل K . حيث يمكن استخدام القوانين التالية :

$$Q = K.F.Z.\Delta t$$

$$Q = M.C_m ({}'t_2 - {}'t_1)$$.

حيث : Q – كمية الحرارة اللازمة لتسخين كمية محددة من الحليب

M - كمية الحليب ٠ انتاجية المبستر كغ/ ساعة

Cm- الحرارة النوعية للحليب 0.95 Kcl/kg.c

t_1, t_2- درجة حرارة الحليب البدائية و النهائية

وبافتراض أنه لا يوجد أي فقد حراري ،يمكن معرفة سطح التبادل الحراري اللازم في القسم المحدد من المبادل الحراري ذي الألواح كما يلي :

$$K.\ F\ .Z.\Delta t = M.C._m\ (\ 't_2 - 't_1)$$

$$F = \frac{\mathrm{M.C.m}\ (\ ’t2 - ’t1)}{\mathrm{K}\ .Z.\Delta t}$$

أما عدد الصفائح في القسم المحدد فيحسب من العلاقة التالية :

$$\mathrm{n} = \frac{\mathrm{M.C.m}\ (\ ’t2 - ’t1)}{\mathrm{K}.\Delta t\ .f}$$

حيث n :عدد الصفائح في قسم محدد.

f : سطح الصفيحة الواحدة ب م^{٢}

درجة إعادة الحرارة (Q_{reg}) تحدد من النسبة ما بين كمية الحرارة المسترجعة في قسم التبادل الحراري وكمية الحرارة اللازمة لتسخين الحليب من درجة حرارة الأولية إلى حرارة البسترة

$$Q\ reg = \frac{\mathrm{t2E} - t0}{t2P - t0}.100$$

حيث :

Q_{reg} = كمية الحرارة المسترجعة %.

t_{2E} = درجة الحرارة النهائية للحليب في قسم التبادل الحراري .

t_{2P} = درجة الحرارة النهائية للحليب في قسم البسترة .

t_0 = = = درجة حرارة الحليب الأولية.

في المبادلات الحرارية التي تعمل بشكل جيد يجب أن تصل قيمة Q_{reg} إلى ٨٠ -٨٥% وعليه يمكن حساب كمية الحرارة اللازمة لتسخين كمية محدودة من الحليب الى درجة

حرارة البسترة وذلك بمعرفة درجة حرارة الحليب الداخل إلى المبستر وبمعرفة كفاءة جهاز البسترة وذلك من العلاقة التالية:

$$Q = \frac{W.C_m(t2-t1)}{E} * 100$$

حيث Q = كمية الحرارة اللازمة لتسخين كمية محدودة من الحليب

E = كفاءة جهاز البسترة

مثال : ما هي كمية الحرارة اللازمة لتسخين / ١٠٠٠ كغ / من الحليب إذا علمت أن درجة حرارة الحليب أثناء دخوله المبادل الحراري هي (١٠ م°) وعند خروجه (٦٣م°) وحرارة الحليب النوعية هي ٠,٩٣ وان كفاءة المبستر تعادل ٨٠ %

$$Q = \frac{W.C_m(t2-t1)}{E} * 100$$

الحل : حسب العلاقة

$$Q = \frac{1000 * 0.93(63-10)}{80} * 100 = 61612.5$$ كيلو كالوري

كما يمكن حساب كمية الحرارة اللازمة للبسترة يوميا في معمل الألبان بمعرفة إنتاجية المبستر (W = ليتر / ساعة) وبمعرفة عدد ساعات العمل اليومية في المصنع وذلك من خلال العلاقة التالية :

$$Q = \frac{W.C_m T(t2-t1)}{E} * 100$$

حيثT: عدد ساعات عمل المبستر

Q :كمية الحرارة اللازمة لبسترة الحليب خلال كامل ساعات العمل

مثال : معمل لبسترة الحليب طاقته الانتاجية ١٢٠٠كغ حليب في الساعة احسب كمية الحرارة اللازمة لبسترة الحليب في اليوم علما" أن المعمل يعمل لمدة ٦ساعات في اليوم مع العلم ان درجة حرارة الحليب الاولية هي ٥مْ وأن درجة حرارة الحليب الخارج من المبستر هي ٧٣مْ وان حرارة الحليب النوعية ٠,٩٣ وكفاءة جهاز البسترة يساوي٧٠%فقط .

الحل :

$$Q = \frac{W.C_{m\,T}(t2 - t1)}{E} * 100$$

$$Q = \frac{1200 * 0.93 * 6(73 - 5)}{70} * 100 = 650468.5$$ كيلو كالوري

وهي كمية الحرارة اللازمة للمصنع خلال ٦ساعات عمل ولكننا نسترد قسم من الطاقة المصروفة باستعمال المبادل الحراري الاسترجاعي لذلك تدخل هذه الطاقة المستردة في الحسبان . وفي هذه الحالة تحسب كمية الطاقة اللازمة كما يلي :

$$Q_3 = Q_1 - Q_2$$

حيث Q_3 :كمية الطاقة النهائية اللازمة للمصنع

Q_1 : كمية الطاقة الكلية اللازمة Q_2 : كمية الطاقة المستردة في المبادل الحراري

توقف المبادلات الحرارية عن العمل

يعتبر توقف المبادلات الحرارية عن العمل أثناء تعقيم الحليب على درجات الحرارة العالية من المشاكل العملية المهمة لما لها من تأثير على كل من تكاليف تشغيل الجهاز وجودة المنتج ويكون ذلك بسبب ترسيب الجوامد اللبنية على أسطح التسخين للمبادلات الحرارية مما يؤدي إلى تقليل الحيز الذي يمر به المنتج بالمبادلات الحرارية ذات الألواح وبالتالي إعاقة حركة المنتج المراد تعقيمه وارتفاع ضغط المنتج داخل المبادل الحراري بدرجة أعلى من الضغط الذي تتحمله ألواح المبادل الحراري مما يستدعي توقيف الجهاز عن العمل وتنظيف المبادل الحراري بإزالة الرواسب المسببة لذلك .

تختلف أنواع وتركيب الرواسب المتكونة على سطح المبادل الحراري أثناء المعاملة الحرارية باختلاف مصدر الحليب وفصل السنة ومرحلة الإدرار وكذلك الحالة الصحية للحيوان كما يختلف تركيب الرواسب اللبنية في المبادل الحراري بإختلاف درجة حرارة الحليب أثناء مروره في المبادل الحراري .

يوجد نوعين من الرواسب اللبنية المتكونة من الحليب الخام أثناء معاملته بطريقة UHT

النوع الأول (النموذج A) وهو عبارة عن كمية كبيرة من مادة ناعمة تشبه الخثرة تبدأ في التكون عندما تزداد درجة الحرارة عن ٧٥مْ وتصل إلى أقصى مدى لها عندما تصل درجة الحرارة بين ٩٥-١١٠مْ ثم تقل كميتها بإرتفاع درجة الحرارة عن ذلك .

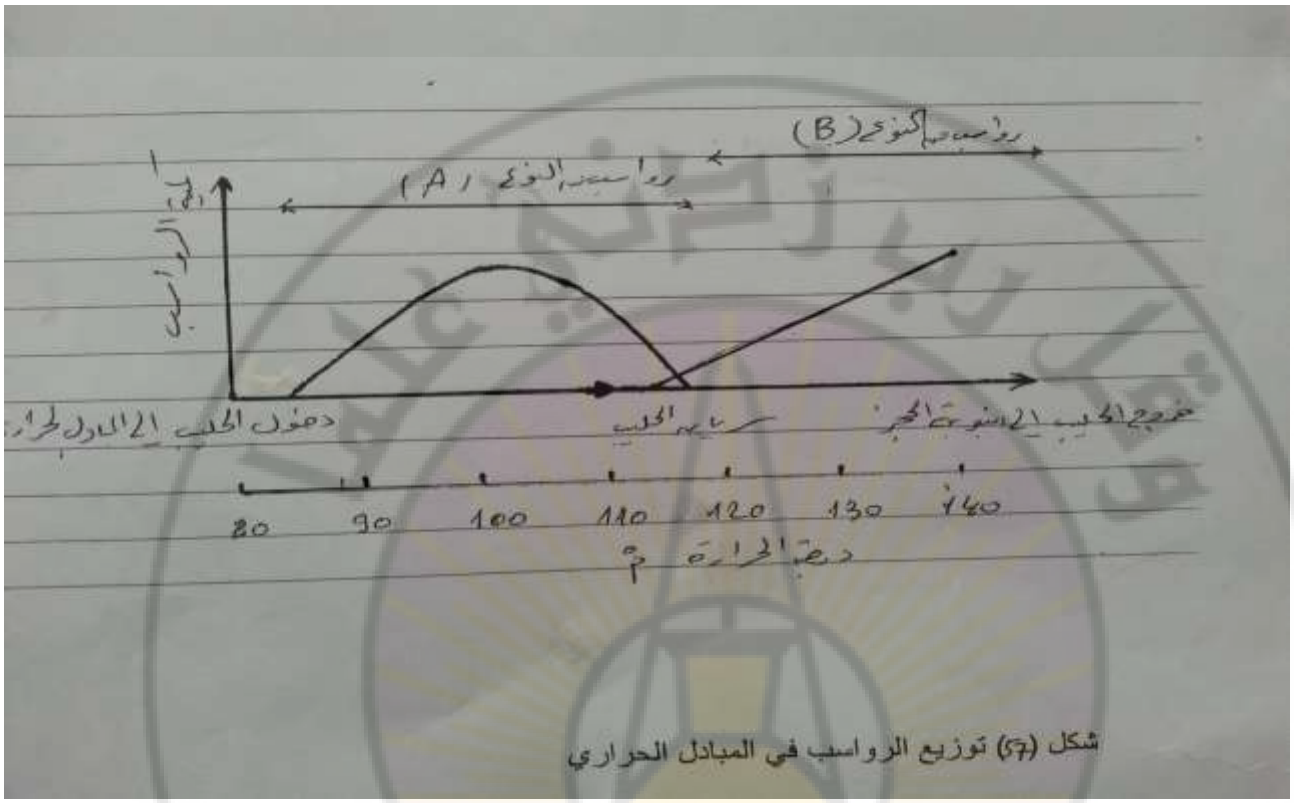
يتميز هذا النوع من الرواسب بمحتواه العالي من البروتين (٥٠-٧٥%) ومحتواه المنخفض من الأملاح المعدنية (٣٠-٤٠%) ووجد أن ٦٠% من البروتين المترسب هو عبارة عن بيتالاكتو غلوبيولين

يتميز هذا النوع من الراسب بحجمه الكبير لذا فإنه يقلل من المساحة البينية بين الألواح مما يؤدي إلى إعاقة مرور الحليب داخل المبادل الحراري وبالتالي زيادة ضغط الحليب داخل الجهاز .

النوع الثاني (النموذج B) يتكون على درجة حرارة أعلى من تلك التي يتكون عليها النموذج A ويزداد حجمه أو كميته بزيادة درجة الحرارة داخل المبادل الحراري . ويتميز بقوامه الصلب المحبب حيث يتكون أساساً من الأملاح المعدنية (٧٠-٨٠%)ونسبة أقل من البروتين (١٠-٢٠%)

الأملاح المعدنية المترسبة عبارة عن بللورات من فوسفات الكالسيوم الثلاثية يؤثر هذا النوع من الرواسب على التصيل الحراري أكثر منه على معدل مرور الحليب في المبادل الحراري مما يؤدي إلى عدم وصول المنتج إلى درجة الحرارة المطلوب تعقيمه عليها

يحتوي كلا النوعين من الرواسب على كميات ضئيلة من الدهن (حوالي ٥%) والشكل يبين توزيع الرواسب في المبادل الحراري ( )



شكل (57) توزيع الرواسب في المبادل الحراري

الفصل الثامن

الشروط العامة لإنهاء مصانع الأغذية

مقدمة:

يحتل موضوع إقامة المصنع الغذائي دوراً مهماً عند دراسة الجدوى الفنية والاقتصادية للمشروع، ويُعتمد في ذلك على خرائط ذات مقاييس ملائمة كما يُحدد الموقع الأفضل فيوصف بالتفصيل ، وتذكر المزايا التي تؤيد انتقاءه ، ثم يُسمى الموقع الجغرافي ويُحدد موقعه وبعده بالنسبة لأقرب مدينة فلا بد من تأكيد أهمية يُعد المسافة الفاصلة بين الموقع الذي وقع عليه الاختيار ليكون مصنعاً للأغذية والمراكز القائمة في البيئة المحيطة المحتمل أن تشكل مصادر تلوث بالميكروبات أو السموم أو حتى الروائح الكريهة ، فمهما أتخذت تدابير وقائية داخل جدران المصنع من تطبيق نظام تهوية متطور وأساليب فعالة لردع الجشرات من الدخول إلى قاعات التصنيع ، فلن يكتب لهذه المحاولات أي نجاح إذا لم يُلحظ منذ البداية البعد عن مواطن تكاثر الحشرات ومراكز الطلاق الأدخنة والغبار والروائح الكريهة ومحطات معالجة الفضلات.

يُعد اختيار الموقع الجيد والمناسب لإقامة مصنع الاغذية من الأولويات التي تفرض نجاح المشروع، ففيه تكمن إمكانات الانطلاقة الصحيحة والتطور المستمر لتحقيق الأهداف المنشودة من إقامة المشروع.

لذلك يُعد دراسة لكل مصنع تتضمن:

١) دراسة فنية للمصنع.

٢) دراسة اقتصادية للمصنع.

من أهم الشروط العامة لإنشاء مصنع الاغذية:

١ - اختيار الموقع :

تتناول الدراسة وصفاً للبيانات الأساسية والمستلزمات المتعلقة بإقامة المصنع ، فتذكر البدائل المحتملة للموقع ويُوصف كل منها وصفاً تفصيلياً وتوضح ذلك خرائط بمقاييس ملائمة.

ويلي ذلك انتقاء الموقع الأفضل فيعين ويُوصف وصفاً دقيقاً وتبين الأسباب المؤيدة والداعمة للانتقاء المذكور.

تتناول الدراسة وصف الموقع تحديد المكان فتذكر القرية أو البلدة ، كما تذكر أسماء المصانع المجاورة. وتُحدد مساحة الموقع الذي سيقام فوقه النشاط الصناعي ويُوصف طبوغرافيا ويبين ارتفاعه فوق سطح البحر.

وتبين الظروف الجغرافية المتعلقة بالموقع المختار ، ويُستخدم في ذلك خرائط بمقاييس ملائمة لإظهار الجوانب التالية :

التنظيم والحدود والجوار والطرق وتوصيلات المرور الأخرى ، وكذلك توصيلات مرافق الخدمات العامة كما يُؤخذ عند انتقاء موقع لإقامة مشروع مصنع أغذية : كلفة شراء الأرض والظروف المحلية والظروف الاجتماعية والاقتصادية، وإعداد الموقع وتطويره وتحسينه

2-المناخ :

يتم عند دراسة مناخ الموقع بحثه في كل من الجوانب المهمة التالية :

١- درجة حرارة الهواء : تبين فيه درجة الحرارة العظمى والصغرى و متوسط درجات الحرارة ليوم واحد و لسنة واحدة ولعشر سنوات.

٢- الرطوبة : تُحدد النسبة المئوية للرطوبة العظمى والصغرى ومتوسط الرطوبة النسبية ليوم واحد و لسنة واحدة ولعشر سنوات.

٣- اشعاع الشمس : مدة سطوع الشمس خلال يوم واحد وسنة واحدة وعشر سنوات.

4 الرياح : تبين الدراسة اتجاه الرياح وعدد الأيام التي تهب بها ، والسرعة القصوى ، والرياح المخربة كالأعاصير وغيرها.

٥ الهطولات (أمطاراً ، ثلوجا) : تحدد مدة الهطول وكمياته (القصوى ،الدنيا ، المتوسطة) لساعة واحدة وليوم واحد ولشهر واحد و لسنة واحدة ولعشر سنوات والحالات القصوى كالبرد وغيره.

٦- الرياح الرملية : كحدوث العجاج فتبين فترة استمراره واتجاهه وسرعته ومقدار ما يحتويه المتر المكعب الواحد من الهواء ، والرمال وتوضعها ، والأدخنة والمصانع المحاورة.

٧- **الفيضان :** تبين الدراسة ارتفاعه ومدته ومواسمه.

8 -**الهزات الأرضية**: وتحدد الدراسة فيما اذا كانت المنطقة تتعرض لهزات أرضية فتبين شدتها بالنسبة للمقاييس الدولية (ريختر) وتكرارها.

3- طرق المواصلات :

١. **الطرقات:** تبيين الدراسة عرض الطرقات وطولها وحمولة كل منها. وتبين انواع الطرقات معبدة أو ترابية.

٢. **السكك الحديدية:** تظهر الدراسة شبكة سكك حديدية وتبيين إذا كانت من النوع العريض أو الضيق كما توضح الدراسة امكانية الاستفادة من المستودعات وأماكن التخزين الأخرى، وتذكر اسعار النقل السائدة وكلفة الاستفادة من المستودعات (في الدراسة الاقتصادية)

٣. **النقل النهري والبحري:** في حال وجود وسائل النقل النهري أو البحري، تظهر الدراسة الأنهار والموانئ وتبيين عرض الأنهار وعمقها وكذلك طاقة مراكب النقل ووجود مستودعات وأماكن تخزين وأجور النقل السائدة

٤. **النقل الجوي:** تبيين الدراسة فيما إذا كانت الموقع قريب من المطار للاستفادة من المستودعات ونقل المواد المصنعة وتسويقها وتبيين الأجور (دراسة اقتصادية)

٥. **النقل بالحافلات:** تبيين الدراسة خطوط سير الحافلات للاستفادة منها في نقل الموظفين والعمال.

4 - إمدادات القدرة :

تبحث الدراسة في امدادات القدرة عن الجوانب التالية:

١. **الكهرباء:** تبيين الدراسة نقاط ربط المنشأة بالشبكة العامة وبعدها عن الموقع وتحدد ما إذا كان التوتر عاليا أو منخفضا وتبيين القدرة المتوفرة بالكيلو فولت أمبير (KVA).

٢. **الزيوت والوقود:** تحدد الدراسة كمياتها ونوعها ومصادرها واسعارها السائدة.

٣. البخار: تحدد الدراسة الكمية والضغط (ضغط البخار) ودرجة حرارته ونقاط الربط بالمصانع الأخرى القريبة من الموقع.

٤. وسائل الاتصال وخاصة الهاتف وشبكات الاتصال الأخرى والسعة ونقطة الربط و الأسعار.

ـ إمدادات المياه :

تتناول الدراسة عند البحث في امدادات المياه: خصائصها، مصادرها.

١. **خصائص المياه:** تشمل الدراسة محتوى المياه من المواد الصلبة المنحلة وتبيين عسرها ومحتواها من الغازات ، كما تذكر الدراسة فيما إذا كانت المياه تحتوي على مواد معلقة.

تحدد الدراسة درجة حرارة المياه العظمى والصغرى في يوم واحد وتغيراتها على مدى سنة كاملة كما تحدد ضغط الماء الأعظمي والأدنى .

٢. **مصادر المياه:** تبيين الدراسة فيما إذا كانت المنشأة ستستمد المياه من مرافق عامة وتبيين كمياتها العظمى المتاحة وتحدد الموقع المحتمل للربط ، وكذلك توضح الدراسة اقطار أنابيب الشبكة ومواد صنعها وضغط الماء وسعر المتر المكعب (دراسة اقتصادية)، إما إذا كانت ستستمد من مصادر يجري انشائها بمساعٍ من المنشأة ، قد تكون من مصادر امداد سطحية (أنهار) ، أو جوفية (آبار) ، أو مياه معالجة.

6- اليد العاملة :

ان العنصر البشري المدرب لا يقل أهمية عن المواد الأولية وبقية المقومات الأخرى فمهما تطورت التقانة يبقى العنصر البشري هو العامل المحرك الأساسي لها ولابد من ضمان توفر اليد العاملة للمنشأة قبل الشروع في انشائها ، وتشمل اليد العاملة : الموظفين والعمال. تتناول الدراسة تصنيف الموظفين ومستوى التدريب والخبرة التي يتمتعوا بها ورواتبهم (دراسة اقتصادية).

كما يتم تصنيف العمال الى مهرة وعاديين وتحدد اجورهم والتعويضات المترتبة على ايام العمل والحوافز والضرائب على جدول الرواتب والأجور.

7- المواد الأولية :

لموقع المصنع أثر كبير في تحديد اقتصاديات الإنتاج المربح لا سيما ما يتعلق منها بتوافر المواد الأولية الأساسية التي تتمثل بالفواكه والخضار واللحوم وغيرها.

تقسم المواد الأولية الى مجموعتين :

١. **المواد الأولية الأساسية.**

٢. **المواد الأولية الثانوية.**

تتمثل المواد الأولية الأساسية بتوفر الفواكه والخضار والمواد الأولية ذات المصدر الحيواني (حليب - لحوم)، فالمنشأة لن تكون ناجحة الا إذا اعتمدت استخدام مواد اولية من النوعية الممتازة المتوفرة بكميات كبيرة. كما تشير الدراسة الى امكانية استمرار توافر المواد الأولية.

أما المواد الثانوية فهي عبارة عن عبوات معدنية او زجاجية وبراميل بلاستيكية وعبوات كرتونية ومستلزمات الانتاج مثل الملح والسكر وغيرها .

٨ - تصريف النفايات :

يُحدد على الدراسة موقع القمامة فيُذكر النوع والموقع وسهولة الوصول إليه، ثم تحدد الرسوم الواجب دفعها ، كما يُوصف نظام الصرف الصحي المتبع فيحدد نوعه بحاري) صرف مياه أمطار أو بحاري مختلطة) ، وقطر أنابيب تمديداته ومادة صنعها ونقاط الربط مع الشبكة ، ويُذكر أيضاً نوع منشأة معالجة مياه الصرف الصحي وموقعها ومدى الاستفادة منها.

تقسم النفايات المتشكلة عن المنشأة الانتاجية الى قسمين:

١. نفايات صلبة (مخلفات مصانع الخضار والفواكه).

٢. نفايات سائلة (نواتج الغسيل- مخلفات مصانع الانتاج الحيواني)

بالنسبة للمخلفات الصلبة الناتجة عن تصنيع الخضار والفواكه فإنها تباع للفلاحين لاستخدامها كعلف للحيوانات.

اما النفايات السائلة فيتم التخلص منها ضمن نظام الصرف الصحي للمدينة بعد مرورها بمحطة تحلية للتخلص من المواد الضارة بالمزروعات فتحدد الدراسة نظام الصرف الصحي المتبع ونقاط الربط للمنشأة وقطر أنابيب الصرف الصحي ومادة صنعها ويذكر ايضا نوع محطة المعالجة ومدى الاستفادة منها.

٩- أسواق البيع :

من اهم مقومات التصنيع الزراعي هو ان يكون الطلب كافيا لتصريف منتجات التصنيع سواء في الأسواق الداخلية أو الخارجية اذ لا قيمة لإنتاج يصعب تصريفه او بيعه بأسعار تغطي تكاليف انتاجه وتترك الربح المجزي للقائمين عليه

توضح الدراسة موقع المدن الكبرى التي تعد اسواقا رئيسية داخلية لمنتوجات المنشأة.

١٠- رأس المال :

يعد توفير رأس المال سواء أكان مصدره القطاع الخاص الفردي أم الجماعي أم المشترك أم العام أهم الشروط لإنجاز اي مصنع غذائي .

يقسم رأس النال الى قسمين:

١. **رأس المال الثابت:** ويشمل على المباني والآلات، وسائل النقل، الأثاث، رواتب وأجور والنفقات، وسائط النقل.

ويستخدم رأس المال الثابت لفترة زمنية طويلة ويشترك في جميع الدورات الانتاجية لسنوات طويلة، ولا يخرج رأس المال الثابت الا بعد الاهتراء والتآكل نتيجة الاستخدام الطويل ويتم توزيع قيمتها بالتساوي على الوحدات الانتاجية على مراحل سنوية وبالتدريج حسب فقدانها لقيمتها الاستهلاكية

٢. **رأس المال المتحرك:** يضم كل من مستلزمات الانتاج، مواد أولية زراعية، مواد مساعدة للتصنيع، محروقات، قطع غيار، مياه، كهرباء، ومستلزمات خدمية.

تخرج الأموال المتحركة من المصنع بخروج المنتج منه متحملة بالتساوي الجزء المخصص منها.

لا يهم مصدر رؤوس الأموال ان كانت على شكل أسهم أو قطاع خاص أو مشترك أو عام بشرط ان لا تكون على شكل قروض لأنه تدخل في هذه الأموال الفائدة السنوية وتعمل على زيادة تكلفة المنتج وبالتالي تعمل على رفع أسعاره.

١١- طول مدة تشغيل المصنع :

من الخطأ الكبير إقامة مصنع يعتمد في إنتاجه على مادة واحدة موسمية ، فيجب أن يعتمد المصنع في عمله على إنتاج مواد مختلقة بالاعتماد على تصنيع مواد أولية متنوعة ، فكلما تنوعت وتعددت المواد المصنعة والمنتجة في مصنع واحد على مدار السنة قلت مصاريف الإدارة العلمة.

صناعة الأغذية في سورية

خطت سورية خطوات واسعة في مجال توسيع معامل تصنيع الأغذية التابعة للقطاع العام فازداد عددها من بضعة مصانع حتى جاوز العشرين مصنعاً وشركة وسخرت الدولة قدراً كبيراً من الامكانات لتمويل شراء المعدات لتحديث هذه المصانع وبناء نهضة صناعية غذائية حديثة ، فقد تم إنشاء العديد من مصانع الأغذية

ومن أهمها :

١- صناعة حفظ الفاكهة والخضار واللحوم، ويدخل ضمن هذا القسم

صناعات المربيات والفواكه المحفوظة والخضار المحفوظة وعصير البندورة وأنواع عصير لمار الفاكهة.

٢- صناعة الحليب ومنتوجاته ، وتشمل الحليب المبستر والمعقم وصناعة

أنواع الجبن والزبدة والسمن وغيرها.

٣- صناعة السكر ومنتوجاته.

٤- صناعة الزيوت النباتية [زيت القطن - زيت الزيتون - زيت السمسم - زيت الذرة - زيت عباد الشمس].

٥- صناعة تقطير العنب

٦- تصنيع محاصيل الحبوب الغذائية ومنتوجاتها.

٧- صناعة الحلوى بأنواعها المختلفة ومنتجات الكاكاو والشوكولا.

٨- صناعة الكحول النقي والخميرة.

٩- صناعات أخرى كالنشاء والمعكرونة وغيرها

متطلبات النهوض بالصناعات الغذائية السورية

لكي يتم النهوض والارتقاء بالصناعات الغذائية السورية ينبغي إعادة النظر

في الأمور التالية :

١- كمية الانتاج المحدودة : على الرغم من توافر بعض أنواع الخضار والفواكه بكميات تسوّغ إقامة مصانع بطاقات إنتاجية كبيرة فإن معظم المصانع المقامة تعد إذا ما قورنت بمثيلاتها في الدول المتقدمة صغيرة وبطاقات إنتاجية محدودة مما ينتج عنه ألا يكون إنتاجها كافياً حتى للاستهلاك المحلي ، ناهيك عن فوات فرص التصدير.

٢ - التجهيزات ومعدات التصنيع : من المسلمات القول إنه لا يمكن الحصول على منتوج نهائي جيد إلا إذا توافرت المادة الأولية الجيدة والتجهيزات والمعدات القادرة على التعامل معها بكفاية عالية.

إن معظم مصانع الأغذية القائمة في سورية تستخدم تجهيزات ومعدات انقضى عمرها الإنتاجي وعفى عليها الزمن من الناحية التقنية.

إن تطوير هذه الصناعات يتطلب بالضرورة إحلال تجهيزات معدات تصنيع متطورة وحديثة محل تلك القديمة والبالية.

٣- الادارة : ينبغي إيلاء هذا الجانب الأهمية التي يستحقها ، فالإدارة الواعية في المصنع هي في مقام الدماغ من الجسم ، فهي التي تتولى أعمال التخطيط للعمليات التصنيعية وتسعى لتنفيذها باقتدار وحكمة ودراية ، متجنبة الصعاب وواضعة بدائل حلول للمشكلات التي تعترضها ومستهدفة الوصول بالإنتاج إلى أرقى المستويات وتحقيق العوائد المالية والاقتصادية من خلال تطبيقها أسس العلم والتقانة وأصول علم المحاسبة.

٤- النقل والتعبئة : استحدثت مؤخراً وسائل نقل وتعبئة توفر الاحتفاظ بخصائص جودة المواد الغذائية الأولية بما يتضمن وصولها إلى خطوط التصنيع في حلة مثلى.

إلا أننا لا نزال نلاحظ أن ذلك إنما يتم في شروطه الدنيا وحالته شبه البدائية كنقل ثمار البندورة والخضار الأخرى على مصانع التعليب مما يؤدي إلى إصابة المواد الأولية بالرضوض والخدوش والكدمات ويلحق بها الأذى والفساد ونمو فطريات العفن والميكروبات مما ينتج خسائر مادية مباشرة وأخرى صحية واجتماعية.

٥- عرض السلع الغذائية : لا يزال يُفتقر وجود طرائق متطورة لعرض المنتوجات الغذائية لبيعها في عبوات أنيقة وجذابة وتعمل في الوقت نفسه على الاحتفاظ بخصائص جودة المنتوجات أثناء عرضها على رفوف محلات البيع ، ولربما أن أفضل وصف ذكر لطرائق العرض هذه هو أنها تجعل المستهلك يفتن بالمنتوجات المعروضة ويُسحر بجمالها

فلا يعرف أيها ينتقي ، إنها جنة غناء من سحر الصانع المبدع والبائع الحاذق الذي يعرف كيف يغري المستهلك ، هذه هي حال المنتوجات المعروضة في البلاد المتقدمة.

تعاني الصناعات من الكثير من العقبات و الصعوبات وأهمها:

١) عدم توافر بعض المواد الأولية وبالكميات المطلوبة طوال الموسم.
٢) تدني مواصفات المواد الأولية وانحرافها عن المواصفات القياسية.
٣) عدم توافر بعض مستلزمات الانتاج (علب الصفيح وغيرها).
٤) انشاء خطوط تصنيع جديدة غير كاملة.
٥) ارتفاع اسعار مستلزمات الانتاج مما يؤدي الى رفع تكاليف الإنتاج.
٦) تجميد المخزون لبعض المتجهات (التسويق الضعيف).
٧) عدم دفع اثمان المنتجات المصنعة الى المصنع أو التأخر بالدفع.
٨) عدم توافر السيولة اللازمة لمواجهة متطلبات الانتاج.

الفصل التاسع
وسائل نقل المواد الغذائية
(السيور الناقلة)

مقدمة:

تخضع المواد الغذائية لعمليات تداول عديدة تبدأ من إنتاجها في المزارع كمواد أولية حتى وصولها للمستهلك كمواد غذائية مصنعة، تتعلق بنوع المنتج وجودته و حتى بقيمته الغذائية.
عملية نقل المواد الغذائية :بأنها حركة المواد الغذائية بأفضل طريقة وفي الوقت المناسب من أماكن إنتاجها الزراعي وبالكميات المطلوبة لسد حاجة المصنع الغذائي حسب طاقته الانتاجية وانتاج، مواد غذائية ومنع هدرها وإيصالها للمستهلك بشكل جيد وبقيمة غذائية عالية.

قديماً كانت عمليات التداول تتطلب ايدي عاملة وعددا كبيرا من العمال ، ولكن في الآونة الأخيرة تركز اهتمام الصناعة في استخدام وسائل وسيور ناقلة وخطوط نقل جيدة ادت الى تحسين العملية الانتاجية ، **وتميزت بالإيجابيات التالية :**

١- خفض عدد العمال .
٢- تقليل الهدر في المواد الغذائية خلال مراحل تصنيعها .
٣- خفض كلفة المنتج النهائي .
٤- تقليل حوادث العمل في مصانع الاغذية .
٥- خفض سعر المنتج النهائي .

يمكن تمييز أو تقسيم عمليات نقل المواد الغذائية حسب صفاتها الفيزيائية إلى قسمين رئيسين :

١) نقل المواد الغذائية الصلبة.

٢) نقل المواد الغذائية السائلة.

حيث يختار لكل قسم أو نوع آليات ومعدات مختلفة عن الأخرى من حيث الشكل والعمل ، وقد تحول بعض المواد الصلبة إلى مواد سائلة لتسهيل عملية النقل أو تخفيف الوزن ،

كما يمكن تقسيم عمليات نقل المواد الغذائية حسب طبيعة المادة ومرحلة التصنيع فيها إلى ثلاثة أقسام :

أولا - نقل المواد الغذائية الاولية إلى مصانع الأغذية .

ثانيا - نقل المواد الغذائية الاولية والمصنعة داخل مصانع الأغذية .

ثالثا - نقل المواد الغذائية المصنعة من مصانع الأغذية إلى أسواق الاستهلاك .

إن تخطيط عمليات النقل بمراحلها الثلاث هام من الناحية الاقتصادية ويؤدي في حال إهمالها إلى فشل عمل الشركات و اغلاقها ، من أهم مميزات تخطيط عمليات النقل في مصانع الاغذية هي:

١-التقليل من حوادث العمل وتأمين السلامة المهنية.

٢- حسن سير العمل في مصانع الأغذية وتقليل الهدر.

٣-خفض كلفة الإنتاج عن طريق رفع الإنتاجية للعمال.

٤ - تحقيق الأمن الغذائي بنقل المنتجات الغذائية إلى المكان المناسب .

أولا : نقل المواد الغذائية الأولية إلى مصانع الأغذية:

قديما كانت تُنقل المواد الغذائية بوساطة العربات التي تجرها الحيوانات ، حيث كانت هذه العربات تنقل المواد الغذائية من المزارع الى مصانع الاغذية بكميات قليلة و بشكل بدائي مما يعرض المادة الغذائية الى التلوث بالغبار اضافة الى تلف بعضها نتيجة النقل والاهتزاز اثناء نقل بعض الخضار او الفاكهة التي تمتاز بأنسجة رخوة و طرية (بندورة ، فريز و غيرها) ، أما حاليا فقد تطورت عمليات نقل المواد الغذائية الأولية ، حيث أُدخلت السيارات الشاحنة ، وفي بعض الدول تستخدم القطارات في نقل المحاصيل الزراعية ، وقد جهزت المزارع و المصانع في الآونة الأخيرة بآليات تحميل و تفريغ خاصة كالسيور الناقلة والرافعات المختلفة ، مما أدى إلى تحسين عمليات النقل ، كما أدى إلى تزويد مصانع الأغذية بكمات كبيرة من المواد الأولية من مناطق بعيدة وبالتالي سمح بزيادة طاقة المعامل الإنتاجية للمصانع .

كما استخدم في نقل المواد الغذائية السائلة صهاريج تتراوح سبعتها بين ١٠٠٠ ـ ٢٠٠٠٠ الف لتر ، وتوفر هذه الصهاريج ، وهي مصنعة من معدن غير قابل للصدأ ، جميع الصفات الصحية المطلوبة في نقل المواد الغذائية السائلة (كعصير البندورة ، والحليب ..الخ).وفي الآونة الأخيرة فقد أنتجت صهاريج ذات جدران مزدوجة يتوضع بينها انابيب لجهاز تبريد ميكانيكي بقصد تبريد المواد الغذائية المنقولة ، وتعد هذه الطريقة افضل طريقة يمكن تطبيقها في القطر العربي السوري بسبب بعد المسافات التي تربط المزارع بالمصانع ، ودرجات الحرارة العالية في فصل الصيف .

تزود الشاحنات المستخدمة في نقل المواد الغذائية السائلة والصلبة بوسائل تمنع أو تقلل من عملية الرج أو الاهتزاز.

ثانيا : نقل المواد الغذائية داخل مصانع الأغذية:

يمكن تصنيف وسائط النقل المستخدمة في مختلف العمليات التكنولوجية ضمن مصانع الأغذية كالتالي:

السيور الناقلة (ذاتية الحركة ، الشريطي ، الحلزوني ،المسنن ، الصفائحي).

١) خطوط النقل المائية (قنوات النقل المائية).
٢) النقل بالهواء المضغوط.
٣) الرافعات.
٤) الناقلات ذات الكيلات.
٥) أجهزة النقل ذات الاستخدامات المتعددة.

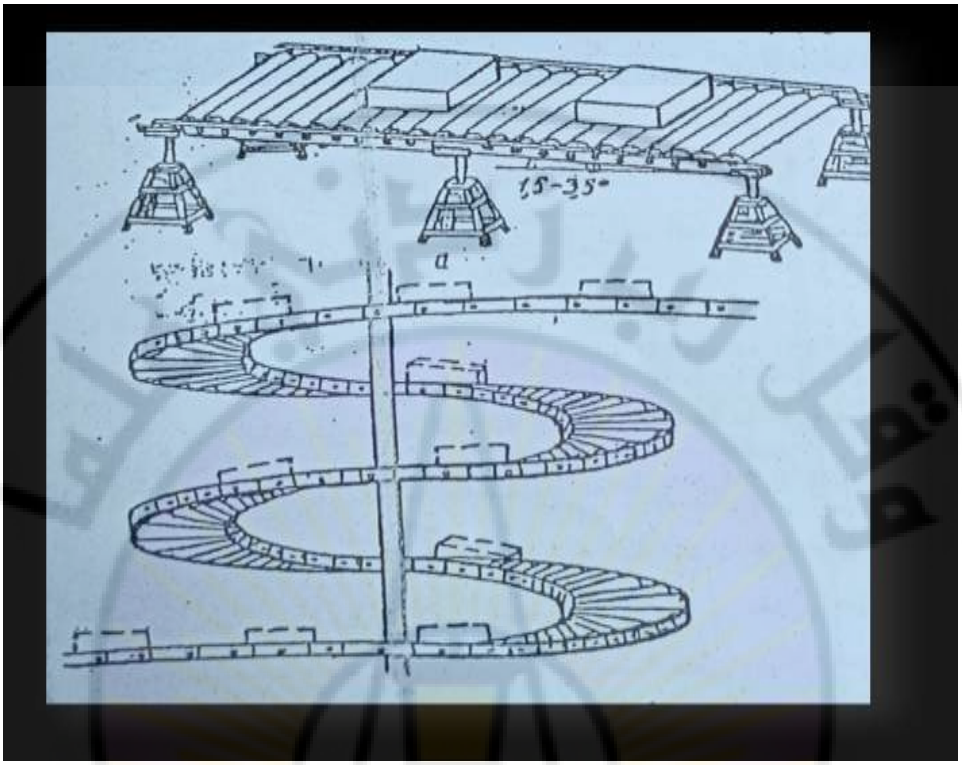
١ ـ السيور الناقلة :

تستعمل السيور المتحركة أو الناقلة بكثرة في نقل المواد الغذائية من رصيف الاستلام إلى مراكز التصنيع ، وكذلك نقل المنتج الغذائي خلال مراحل التصنيع ، لذلك تعددت أنواعها حسب الوظيفة المطلوب القيام بها ، فمنها الي تعمل بواسطة الميول والجاذبية الأرضية ومنها ما يدار بواسطة بحركات كهربائية ، ويقوم قسم منها بنقل المواد بشكل أفقي والقسم الآخر بشكل عمودي وأهم أنواعها المعروفة والمستخدمة هي:

ـ السيور الناقلة ذاتية الحركة:

وتتكون من عده أنابيب ذات أقطار متساوية ، متوضعة الواحدة تلو الأخرى كل أنبوبة منها مثبتة على محور عرضي يسمح لها بالدوران حول نفسها والسيور مصممة على ميول خفيفة باتجاه سير المواد الغذائية عليها ، يتم نقل المواد الغذائية عليها بوساطة دفعها باتجاه الميول ، فتنزلق المواد الغذائية على السيور تحت تأثير الجاذبية الأرضية وخفض الاحتكاك الناتج عن استخدام الأنابيب العرضية الشكل(١) .

الشكل(١) السيور الناقلة ذاتية الحركة



وقد تستخدم هذه السيور أيضا كسيور وصل بين السيور المتحركة بـالقوة الكهربائية في معامل المياه الغازية لتسهيل نقل صناديق البلاستيك الفارغة ، كما يتم استخدامها في أقسام من مصانع التعليب والتغليف في كثير من مصانع الأغذية ، ويكثر استعمال هذا النوع من السيور في معامل تجميد الأسماك ، حيث يتم نقل الأقفاص إلى مناطق العمليات التكنولوجية المختلفة.

- **خط السير الشريطي:**

يحظى هذا النوع باهتمام مصانع الأغذية الحديثة لسهولة صيانته وبساطة تركيبه ، كما أن استطاعة هذا النوع من السيور كبيرة ويمكن التحكم بها بسهولة بحيث يمكن زيادة سرعتها أو زيادة عرض الشريط الناقل ويستخدم هذا الخط لنقل المواد الأولية الغذائية ، كما يستخدم في نقل المواد المساعدة في التصنيع الغذائي وفي نقل نواتج التصنيع الجاهزة للتسويق والاستهلاك كما يمكن استخدام هذا الخط للقيام بالعمليات التكنولوجية التالية:

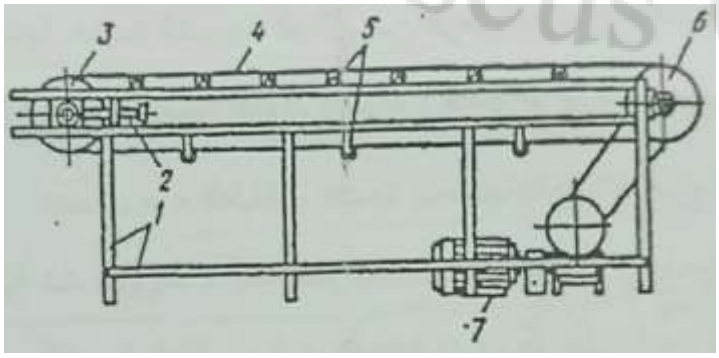
١) التصنيف.
٢) المراقبة.
٣) تنظيف وتنقية المادة الأولية الغذائية.
٤) التعبئة.

ويتألف خط السير الشريطي الشكل(٢) ، من حزام جلدي أو معدني طويل يلتف حول أسطوانتين في بداية ونهاية السير ، ويتكون سطح الأسطوانتين من معدن به نتوءات أو مسننات لمنع انزلاق الحزام وتقليل الهدر في القدرة المحركة.

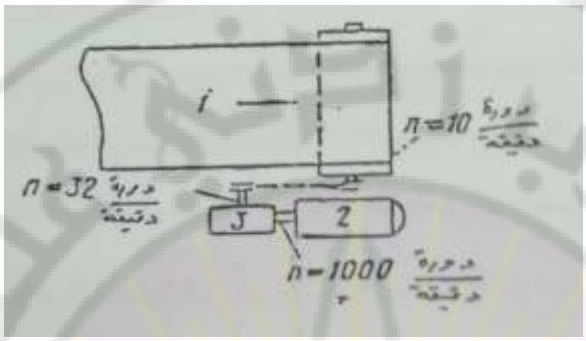
-وهذا النوع من السيور الناقلة قادر على نقل المواد بشكل أفقي أو بشكل مائل ، حيث يمكن استخدامها حتى درجة ميل تقدر بـ(٣٢) درجة ، أما النوع الذي يحوي حواجز لمنع الانزلاق فيمكن استخدامها حتى درجة ميل تقدر ب (٤٢-٥٠) درجة

وقد تكون هذه السيور مثقبة أو محززة ، فتستخدم في عمليات تنظيف المواد الغذائية أو في صناعة التجفيف أو التجميد ، أو في صناعة توضيب وتشميع الفاكهة، أو نقل الزيتون في معاصر الزيت.

الشكل(٢) خط سير شريطي



١- الهيكل ٢- جهاز لتنظيم سرعة الخط ٣- بكرة شد الحركة
٤-الشريط الناقل ٥- أسطوانات التثبيت ٦-بكرة توجيه الحركة
٧-المحرك الكهربائي
ويتم إنتقال الحركة من المحرك الكهربائي إلى الشريط الناقل حسب الشكل(٣)



الشكل(٣) مخطط إنتقال الحركة من المحرك الكهربائي إلى الشريط الناقل

١) الشريط الناقل n= ١٠ دورة /دقيقة .
٢) المحرك الكهربائي n= ١٠٠٠ دورة/ دقيقة .
٣)عجلة معشقة مع ترس n= ٣٢ دورة/دقيقة.

الشروط الفنية للشريط الناقل:

وظيفته حمل المواد ونقلها، يصنع من مادتي القماش المتين والقوي ومن مادة الكاوتشوك ، وذلك على شكل طبقات متوضعة فوق بعضها بعضا ويتراوح عددها بين ٣ ـ ٨ طبقات تتراوح سماكة الطبقة الواحدة بين ١,٥ ـ ٢,٣ ملم وتتراوح سماكة طبقة الكاوتشوك الواقعة تماس مباشر مع المواد المنقولة بين ٣ ـ٦ ملم .وظيفتها حماية الشريط الناقل من الرطوبة ومن الإعطاب الميكانيكية ، أما في الأماكن غير الملامسة للمواد المنقولة ، فتتراوح سماكتها بين ١ ـ ٢ ملم . تتصف هذه الطبقات مجتمعة بتحملها لقوة المد الي تظهر على الخط أثناء عملية شد الشريط ، كما تمتاز بتحملها لدرجات حرارة
من ـ ٢٥ إلى +١٠٠ م .
عرض الشريط الناقل معياري (ستندارت)وهو على النحو التالي :
٣٠٠مم ٤٠٠مم ٥٠٠مم ٦٠٠مم ٦٥٠مم ٨٠٠مم ١٠٠٠مم
ونادرا جدا يستخدم في الصناعات الغذائية خط شريطي ذو عرض كبير .

اسطوانات التثبيت :

الهدف من وجود هذه الاسطوانات هو تخفيف تقوس أو تقعر الشريط ، تتراوح المسافة بين الاسطوانات في الجهة العلوية الحاملة للمواد بين ٠,٨ ـ ١,٢ م ، أما في الجهة غير الحاملة للمواد فالمسافة تراوح بين ٢-٣م .

وهذه الاسطوانات متوضعة إما بشكل مستو او بشكل مائل بزاوية من (٢٠ - ٣٠) درجة . مما يعطي للخط شكله المتقعر مما يؤدي إلى زيادة الطاقة الإنتاجية للخط أثناء عمله لبكرة شد الحركة وبكرة توجيه الحركة شكل اسطواني وهما متشابهتان من حيث التصميم والقياس والأبعاد .

يتعلق قطر البكرة /مم/ بعدد الطبقات التي يتألف منها الشريط الناقل(n) ويحدد من خلال العلاقة التالية:

$$D_{n=(100+150)n}$$ ملم

يتعلق طول البكرة الإسطوانية بعرض الخط الشريطي ويقاس من خلال العلاقة التالية :

$$L= B+2C$$ ملم

حيث:

C - ثابت وتتراوح قيمته 60÷75

B- عرض الخط الشريطي ملم

تختلف سرعة الخط حسب العملية التكنولوجية المراد تنفيذها فمثلا إذا كان الخط يستخدم للتنظيف والتصنيف والمراقبة عندها تكون سرعة الخط ٠,١ م/ثا مما يسمح بتأدية العمل بدقة معطية نوعية عالية للتصنيف والمراقبة .هذا وتتراوح سرعة خط السير الشريطي بين ٠,١ ـ ١,٥ م/ثا .

يمكن تحديد فترة عملية الفرز والتصنيف والمراقبة من خلال العلاقة التالية:

$$\tau = \frac{L}{60.v}$$

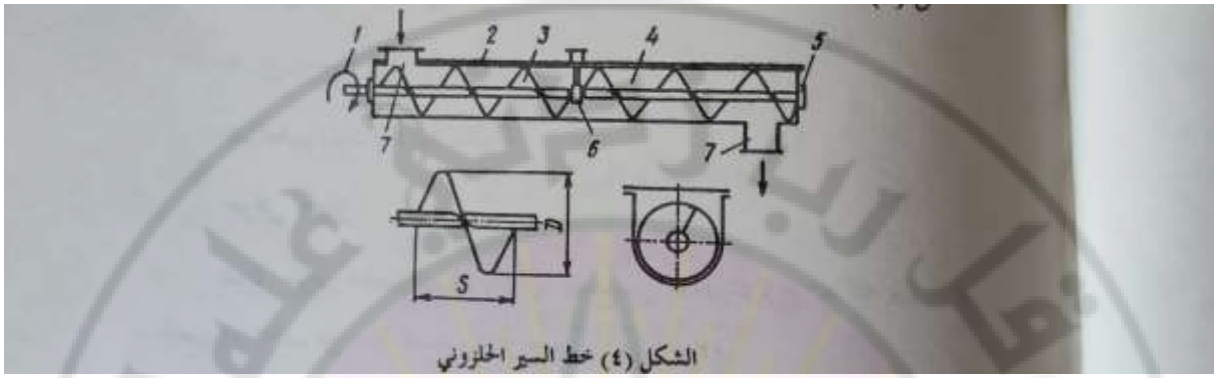
حيث:

L - طول الخط م

V- سرعة الخط م/ثا

- خط السير الحلزوني

يستعمل هذا الخط بكثرة في (المطاحن –مصانع البيرة - الزيوت – الكونسروة) لنقل الحبوب أو البذور أو مخلفات مصانع الاغذية كتفل البندورة او بذور المشمش وغيرها.



الشكل (٤) خط السير الحلزوني

الشكل (٤) خط السير الحلزوني

١-المحرك الكهربائي ٢- غطاء المحرك ٣- المحور الحلزوني ٤- حوض الخط ٥- رولمان لتثبيت المحور من نهايته ٦- رولمان لتثبيت المحور من منتصفه ٧- دخول و خروج المادة الغذائية

إيجابيات الخط :

١- نقل المواد الغذائية بزوايا مختلفة (افقياً- عمودياً- بشكل مائل).
٢- نقل المواد بدون هدر .
٣- البساطة في تركيبه .

سلبيات الخط :

١- استهلاك كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية .
٢- وزن الجهاز كبير .
٣- تحطيم المواد المنقولة .

رولمان التثبيت :
يستخدم لتثبيت المحور الحلزوني ومنع تقوسه أو ارتخائه بسبب طوله ، ويتوضع في منتصف المسافة .

المحور الحلزوني:

يصنع من قطعة معدنية واحدة، ولقطره مقاييس عالمية (ستندرات) وهي على الشكل التالي:

100. 125. 160. 200. 250. 320. 400. 500. 630. 800. مم

ومقاييس خطوة المحور الحلزوني ثابتة وعالمية وهي على الشكل التالي :

80. 100. 125. 160. 200. 250. 320 . 400 . 500 . 630مم

سرعة دوران المحور الحلزوني ستندارت وهي على الشكل التالي (دورة/ دقيقة):

47,5 ; 30 ; 23,6 ; 19 ; 15 ; 11,8 ; 9,5 ; 7,5 ; 6

. 300 ; 236 ; 190 ; 150 ; 118 ; 95 ; 75

الطاقة الإنتاجية للخط الحلزوني

كغ/سا $G = 47,1\ D^2\ S\ n\ \rho\ k$

حيث :

D – قطر المحور الحلزوني م

S – خطوة المحور الحلزوني م

n – سرعة دوران المحور دورة/دقيقة

ρ – كثافة ملئ المادة كغ/م^3

k – ثابت امتلاء الخط k – 0,2 - 0,65

كغ/ثا $G = 0.0131\ D^2\ S\ n\ \rho\ k$

الطاقة الكهربائية

$$N = G\ [L\omega + H]\ \frac{K}{102.\eta}$$

حيث :

G- الطاقة الإنتاجية
L- طول الخط م
ω- ثابت المقاومة
H- الارتفاع الذي تنتقل إليه المادة م
k- ثابت استطاعة الخط الاحتياطية k=1.2÷1.3
η-عامل فاعلية المحرك<1

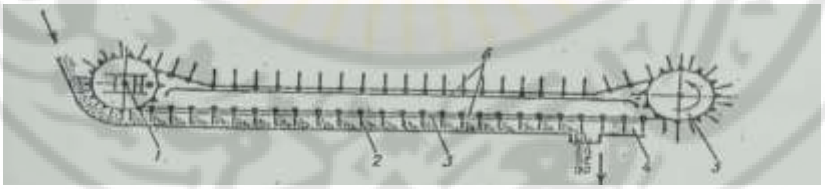
شروط استخدام خط السير الحلزوني:

أثناء استخدام خط السير الحلزوني يجب التقيد بما يلي :

١- يجب أن يكون حوض الخط مغلق بشكل محكم وبغطاء مناسب .
٢ - يجب أن يكون المحرك الكهربائي محاطا بسور واق .
٣ - تجري الصيانة والتنظيف للخط وهو في حالة توقف فقط .
٤ -عدم وضع المادة الغذائية بداخله قبل تشغيل الخط.
٥ -عدم تحميل الخط بكميات كبيرة من المادة الغذائية.
٦ -عدم إيقاف الخط عن الدوران والمواد بداخله.

- خط السير المسنن :

يستخدم خط السير المسنن لنقل المواد رملية التكوين (سكر، نشاء ..الخ)
كما يستخدم لنقل مخلفات الإنتاج، ويمكن بوساطة هذا الخط نقل المواد بشكل أفقي أو بشكل مائل بزاوية وقدرها ٤٥ درجة .الشكل (٥)



الشكل (٥) خط السير المسنن

١-جهاز تنظيم سرعة الخط ٢-اسنان خط السير ٣-الجنزير الحامل لأسنان الخط.
٤-حوض الخط ٥- بكرة توجيه الحركة ٦-خط توجيه الحركة

الشروط الفنية لخط السير المسنن:

لحوض الجهاز شكل نصف دائري يتألف من عدة أقسام يتراوح طول القسم الواحد بين ١,٥ - ٢,٥ م . وتتراوح سماكة حوض الجهاز بين ٢ - ٥ ملم .

تصنع أسنان الخط إما من المعدن أو من الخشب تتراوح سماكتها بين ٣ـ ٨ ملم وتثبت هذه الأسنان على جنزير توجيه الحركة. تتراوح المسافة بين الأسنان وجدار الحوض بين ١٠ ـ ٢٠ ملم أما المسافة بين الأسنان وقاعدة الحوض فتتراوح بين ٣ ـ ٦ملم.

تتوضع خلال مسافة معينة بين كل ١٠ ـ ١٥ سن، سن على شكل فرشاة تلامس قاعدة الحوض وتلامس جدار الحوض. الهدف من ذلك هو تنظيف الخط من بقايا المادة المنقولة.

المسافة بين الأسنان تساوي ارتفاع السن الواحدة.

تتراوح سرعة خط السير المسنن بين ٠,٢ ـ ٠,٦ م/ثا.

شروط استخدام الخط:

١) عدم تعبئة الخط بالمادة المنقولة قبل تشغيل الخط.
٢) عدم وجود احتكاك بين الأسنان والحوض.
٣) عدم إيقاف الخط وهو مملوء بالمادة المنقولة لأن ذلك يؤدي إلى تقطيع الجنزير داخل الخط.

الطاقة الإنتاجية لخط السير المسنن

$$G = b\,h\,v\,\rho\,k\,C \quad \text{كغ/ ثا}$$

حيث:

b - عرض قاعدة الخط م

h - ارتفاع حوض الخط م

v - سرعة حركة الأسنان م/ثا

p - كثافة ملئ المادة كغ/م٣

k - ثابت امتلاء الحوض (٠,٥ ÷ ٠,٨)

C - ثابت يتعلق بزاوية ميلان الخط تحدد مقاديره من خلال الجدول التالي:

زاوية ميلان الخط /درجة/	0	10	20	30	45
الثابت C	1	0,85	0,65	0,5	0,4

الطاقة الكهربائية

$$N = G\,(KL + H)\,/102.\eta$$

حيث:

K- ثابت التعديل

أ - أثناء نقل المواد الصغيرة = ٢ - ٤

ب - أثناء نقل المواد الكبيرة = ٤ - ٦

L- طول الخط م

H -الارتفاع الذي تنقل إليه المادة م

η-عامل فاعلية المحرك< 1

- خطوط النقل المائية (قنوات النقل المائية) :

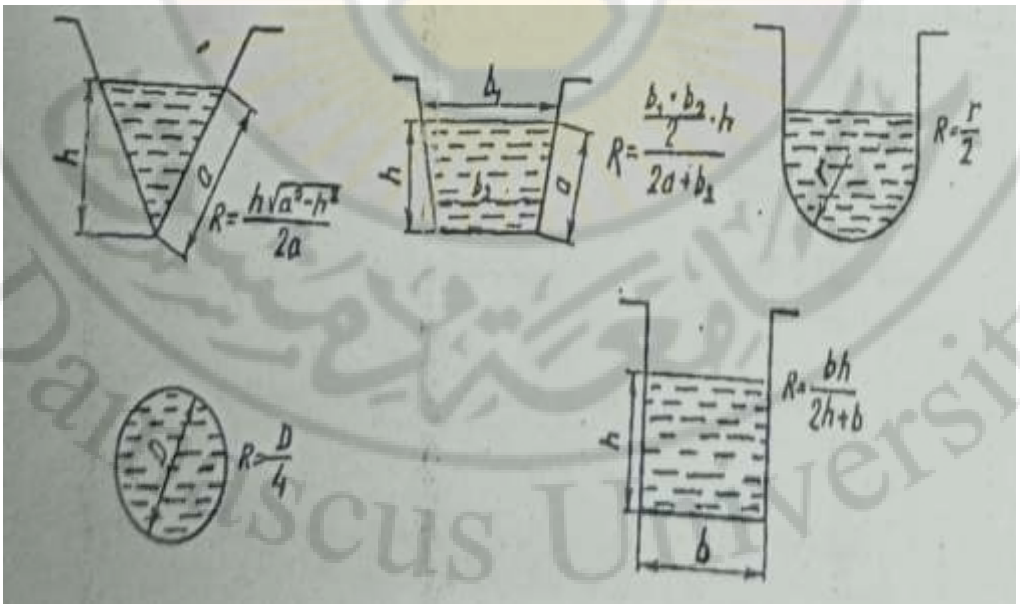
تعتمد قنوات النقل المائية على نقل المادة الغذائية الأولية بوساطة قوة التيار المائي وتصنع من المواد التالية:

١) صفائح معدنية أو صفائح الألمنيوم.

٢) من الإسمنت.

٣) من الأخشاب.

تأخذ القنوات المائية الشكل (٦) عدة أشكال منها:



الشكل (٦) قنوات النقل المائية

١ ـ نصف دائري ٢ ـ بشكل معين ٣ ـ بشكل مثلث
٤ ـ بشكل مستطيل ٥ ـ دائري الشكل .

تتراوح كمية المياه المستهلكة في القنوات المائية لنقل المادة الأولية في مصانع الأغذية وبخاصة مصانع الكونسروة بين ٨ ـ ٢٢ %من كامل كمية المياه المستهلكة في المصنع .
ولتخفيف استهلاك المياه، يجب استخدام الماء الناتج عن عمليات غسيل الخضار والفواكه، وذلك بعد معالجتها وتعقيمها بإضافة احدى مواد التعقيم كالكلور أو الأوزون لقتل الأحياء الدقيقة .

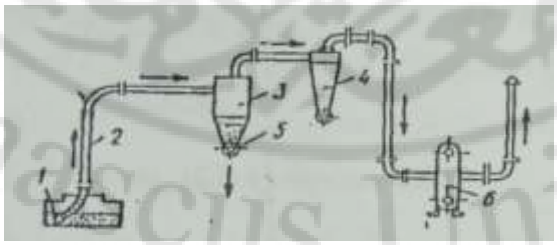
سرعة جريان التيار داخل القنوات المائية:

$$v = C\sqrt{Ri} \qquad \text{م/ثا}$$

حيث:
C ـ ثابت (يساوي ٢٦،٥ لنقل البندورة ضمن قنوات إسمنتية)
R ـ نصف القطر الهيدروليكي .م
i ـ ميل القناة 0.12 – 0.08

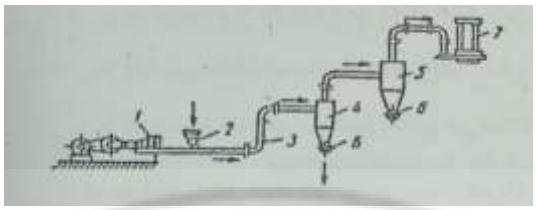
ـالنقل بالهواء المضغوط: convegors Penunatic

تستخدم خطوط النقل بالهواء المضغوط لنقل المواد الغذائية مثل الحبوب والسكر وغيرها وتعتمد إما على مبدأ السحب أو الشفط بوساطة قوة الهواء أو على مبدأ دفع المواد بوساطة قوة تيار الهواء وبهذه الطريقة يمكن نقل المواد باتجاهات
مختلفة وبزاوية نقل مختلفة من مستودع إلى آخر .الأشكال (٧، 8، 9)



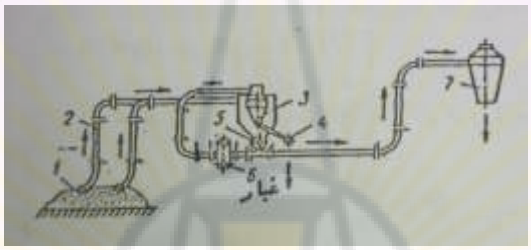
الشكل (٧) نقل المادة بطريقة سحب الهواء

1ـفوهة الأنبوب .٢ ـ الأنبوب 3- جهاز الفصل.
٤ ـ سيكلون .٥ ـ فوهة .٦ ـمضخة.



الشكل (٨) نقل المادة بطريقة دفع الهواء

1-جهاز لدفع الهواء 2 - فوهة تغذية 3 - الأنبوب
4 - جهاز الفصل ٥ - سيكلون ٦ - فتحة
٧- جهاز تصفية



الشكل (٩) نقل المادة باستخدام طريقة سحب ودفع الهواء في آن واحد

١ - فوهة الأنبوب ٢ - الأنبوب ٣ - جهاز الفصل
٤ - فوهة ٥ - جهاز دفع الهواء ٦ - جهاز التعبئة

من إيجابيات هذه الطريقة :

1- محكمة الإغلاق .
2 - متماسكة .
٣- تنقل المواد في اتجاهات مختلفة .
٤- غير خطرة على الإنسان.

من سلبيات هذه الطريقة :

١- تستهلك كمية كبيره من الطاقة الكهربائية .
٢- تسبب اهتراء معدن الجهاز بسرعة .
٣ - صعوبة التخلص من الغبار الناتج عن عملية دفع اهواء .

تصنع أنابيب نقل المواد الغذائية من معدن الفولاذ ويتألف الأنبوب من عدة أقسام ويساوي طول القسم الواحد (٤) أمتار.

أما أنابيب نقل الهواء المضغوط فتصنع من رقائق معدنية بسماكة (1 - 0.55) مم وتتألف من عدة أقسام طول القسم الواحد يساوي 2.8 م وتتراوح سرعة الهواء بين 22 - 16 م/ثا .

-حجم الهواء المستخدم في نقل المواد م٣ /سا:

$$V = \frac{GK_1}{\rho K_2}$$

حيث :

G - الطاقة الإنتاجية للجهاز كغ/سا

p - كثافة الهواء p = 1.2 كغ/م٣

k1 -ثابت النقل الغير منتظم = 1.5 – 1.1

k2 -ثابت التركيز ويتعلق بوزن الخليط الهواء مع المواد (للأجهزة ذات الضغط الصغير والمتوسط = ٣ - ٥

وللأجهزة التي تنقل المواد من صالة = 0.5 - 4

قطر الأنبوب المستخدم لنقل المواد : م

$$d = 0{,}544\sqrt{\frac{G}{v_k k_2}}$$

حيث :

d - قطر الأنبوب . م

G - الطاقة الإنتاجية لجهاز النقل . طن/سا

Vk - سرعة الهواء في نهاية خط النقل = ١٢- ٢٠ م/ثا

K2 -ثابت التركيز سبق ذكره

٤ - الرافعات :

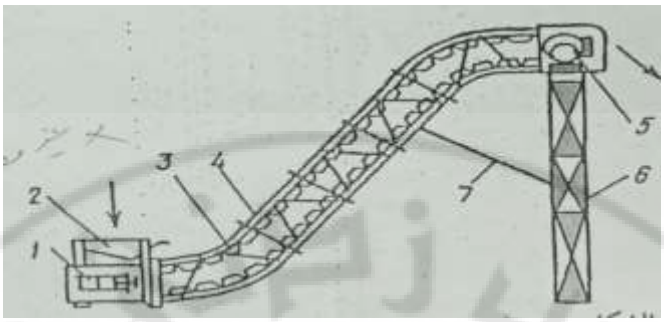
وهي أجهزة تستخدم لنقل المواد سواء بشكل شاقولي أو بشكل مائل بزوايا مختلفة ومن هذه الأجهزة الأكثر استخداما المصاعد ذات المغارف وهي على نوعين :

١- رقبة الزرافة . ٢ -النواعير.

- الرافعة (رقبة الزرافة) :

يستخدم هذا النوع من الرافعات بشكل واسع في مصانع الأغذية وبخاصة الكونسروة وهو يشكل جزءا لا يتجزأ من الأجهزة الصناعية المستخدمة في تصنيع مختلف الخضار والفواكه، فمثلا يستخدم على خط تصنيع مادة الباز لاء بتثبيته لنقل قرون الباز لاء على جهاز فرط القرون أو على جهاز تعبئة الباز لاء الآلي.

الشكل (١٠)



الشكل (١٠) الرافعة رقبة الزرافة

١ـ جهاز لتنظيم الحركة ٢ـ قمع لتعبئة المادة٣٣ـ المغارف
٤ـ هيكل الرافعة ٥ ـ المحرك الكهربائي ٦ ـ قوائم عمودية
٧ ـ عارضة معدنية لتثبيت الهيكل على القوائم.

تتألف الرافعة من قاعدتين علوية وسفليه تتصلان بوساطة هيكل الرافعة الذي يتألف من عدة أقسام متصلة مع بعضها ومتوضعة بزاوية ٥٥ درجة بالنسبة لأرض المصنع.

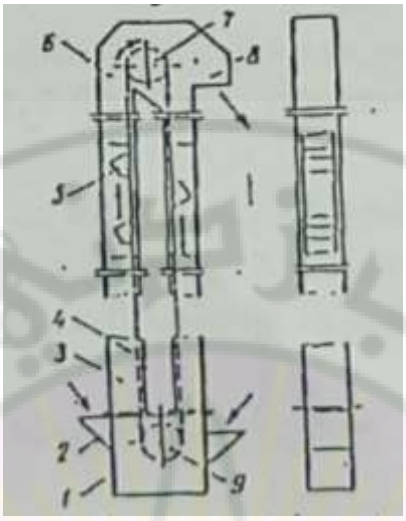
يتحرك القسم الناقل على طرفي الهيكل بوساطة رولمانات ويثبت عليه وبوساطة براغي المغارف التي تستخدم لنقل ورفع المادة .تصنع المغارف من معدن الستانلس ستيل وتكون إما مثقوبة أو بدون ثقوب .....ولا يوجد أي فراغ بين المغارف بحيث يطبق طرف كل مغرفة على المغرفة المجاورة.

يتم تشغيل وتدوير الرافعة عن طريق محرك كهربائي .وقبل ذلك يجب التأكد من سلامة رولمان الخط والتأكد من تشحيمها بالكامل، وأثناء العمل يجب مراقبة الخط حتى لا تسقط مواد غريبة داخل قمع التغذية ...ويجب إيقاف الخط فيما إذا
تجاوزت درجة حرارة الرولمان ٥٠ م والمحرك الكهربائي ٧٠ م .كما يجب أن يكون المحرك الكهربائي محاطا بسور واق كما أنه يجب أن يكون مأرضا .فعملية تأريض الأجهزة الكهربائية ضرورية جدا لحماية العمال ، تتراوح الطاقة الإنتاجية لهذا النوع من الرافعات بين 1,389 ÷0,555 كغ /ثا أو ٢ـ ٥ أطنان/سا والطاقة الكهربائية المستهلكة ١,١ ك واطا تبلغ سعة المغرفة الواحدة 0,0025م٣ . عرض الهيكل 583 مم . ارتفاع المغرفة 850 مم المسافة بين محوري نقل الحركة عموديا 2746 مم أفقيا 3701 مم .

من سلبيات استخدام هذه الرافعة :

١ ـ وزن الرافعة الكبير .
٢ـ انفصال وانقطاع المغارف عن الخط الناقل .
٣ـ تساقط المواد المنقولة إلى الأسفل أثناء حركة المغارف باتجاه الأعلى .

-الناقلات ذات الكيلات :elevators conveyor Baket الشكل (١١)



الشكل (١١) الرافعة على شكل ناعورة

١ ـ قاعدة الناقلة ٢ ـ مكان تعبئة المادة ٣ ـ أنبوب الناقلة
٤ ـ خط الجنزير ٥ ـ المغارف ٦ ـ قمة الناعورة
٧ ـ المحرك الكهربائي +بكرة نقل الحركة ٨ ـ مكان خروج المادة المنقولة ٩ ـ بكرة شدة الحركة

تبلغ الطاقة الإنتاجية لهذا النوع من الرافعات ٥ طن/سا للحبوب وسرعة حركة الناعورة ١,٢ م/ثا والمسافة بين المغرفة والأخرى ٠,٢ م ويصل إرتفاع الناعورة ١٠ أمتار.

الطاقة الإنتاجية للرافعات ذات المغارف

النواعير + رقبة الزرافة

$$G = v\,g\,Z \quad \text{كغ/ثا}$$

حيث :

v ـ سرعة المغارف على الخط .م/ثا

g ـ وزن المواد في المغرفة الواحدة .كغ

Z ـ عدد المغارف على متر واحد طولاً

الطاقة الكهربائية

$$N = P\,v\,K/100.\,\eta$$

حيث :

P - قوة الشد على بكرات الخط .نيوتاً
v - سرعة المغارف على الخط .م/ثا
K - ثابت الاستطاعة الإضافية= ١,١٥ ـ ١,٢٥
n - عامل فاعلية المحرك = ٠,٦ ـ ٠,٨
نحسب قوة الشد p على الشكل التالي:
للرافعات على شكل نواعير:

$$P = 0.07\ S + 10\ g_1\ (5 + H)$$

للرافعات على شكل رقبة الزرافة:

$$P = 0.1S + 2g_1\ (L + 5H)$$

حيث :
s - أقل قوة تأثير في الخط . نيوتن
للناعورة = ٨٠٠ - ١٠٠٠
ولرقبة الزرافة = ٣٠٠ - ٤٠٠٠
g1 -وزن المادة على ١ متراً من الخط. كغ
=وزن المغرفة الواحدة x عدد المغارف على ١ متراً
L - طول خط رقبة الزرافة أفقيا المسقط الأفقي . م
H - ارتفاع الخط. م

ـ أجهزة النقل ذات الاستخدامات المتعددة:

تنتمي لهذه المجموعة الأجهزة التالية :
١ -عربات النقل اليدوية .
٢ -عربات النقل الكهربائية .
٣ -السيارات الرافعة الشوكية.

لا تحتاج أجهزة النقل هذه إلى خط سير معين أثناء حركتها وإنما تنتقل باتجاهات مختلفة على أرضية المعمل وذلك حسب الهدف من نقل سواء المادة الغذائية المصنعة أو المواد المساعدة على التصنيع .تتراوح قوة عمل هذه العربات بين ٥٠- ٣٢٠٠ كغ وهذه العربات على نوعين :

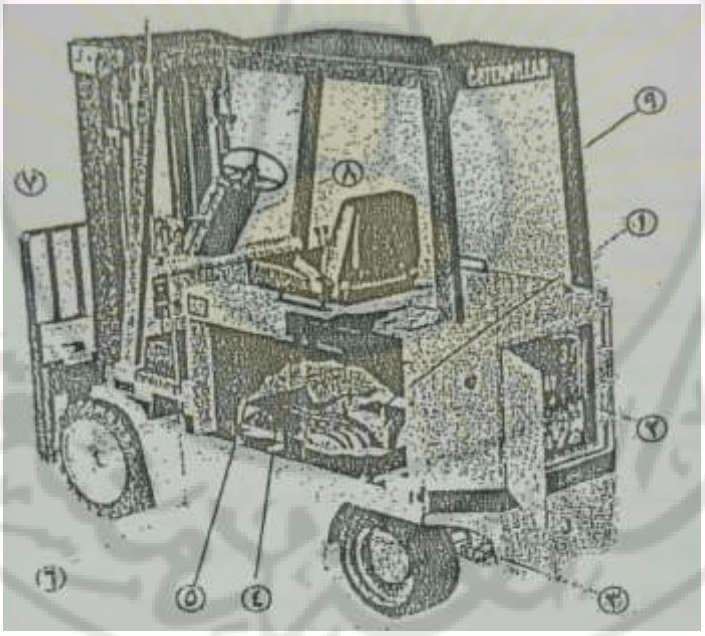
النوع الأول = لنقل المواد
النوع الثاني = لنقل ورفع المواد

وتستخدم هذه العربات لنقل المواد الثقيلة من أكياس وصناديق داخل صالات الإنتاج أو في المستودعات .كما يمكنها من نقل المواد حتى في الممرات الضيقة .

وهناك نوع من عربات النقل اليدوية وهو حوض من معدن الستانلس ستيل، تستخدم لنقل المواد المصنعة، وتبلغ سعتها ٠,٤ م٣ .

تختلف العربات الكهربائية عن العربات اليدوية بكونها لا تحتاج إلى قوة عضلية للدفع وإنما تعتمد على القوة الكهربائية وتمتاز بقوة نقلها الكبيرة التي تتراوح بين ٥٠٠ ـ ٥٠٠٠ كغ وتتراوح سرعة حركتها مع الحمولة بين ٠,٨ ـ ٢,٨ م/ثا ، وتستمر هذه العربات في العمل لفترة زمنية من ٨ ساعات إلى ١٠ ساعات وذلك بعد شحنها بالطاقة الكهربائية .

كما تستخدم في أغلب المصانع حاليا سيارات رافعة صغيرة الحجم وهي تمتاز بحركتها الخفيفة وبمقاييسها الصغيرة مما يمكنها من القيام بالمناورة والعمل حتى في المساحات الصغيرة الشكل (١٢)



الشكل (١٢) السيارة الرافعة الشوكية

١ ـ مقود الزيت وجهاز الرفع الهيدروليكي موجهين بواسطة محرك مصمم للأعمال الشاقة .
٢ـ لوحة التحكم المصغرة مركبة خلف الرافعة لتسهيل الخدمة .
٣ـ نظام التوجيه هيدروليكي لسهولة التحكم بحركة الرافعة .
٤ ـ نظام الدفع يوجه بمحرك كهربائي ليؤمن عزم فعال وانضباط لكل السرعات .
٥ ـ البطارية سهلة التبديل ومتوفرة بقياسات مختلفة .
٦ ـ الهيكل صلب يحافظ على التوازن ويؤمن خدمة أطول لأجزاء الرافعة.
٧ ـ الصاري يسمح بالرؤيا الواضحة للسائق .

٨ ـ عامود المقود يمكن تعديل مركزه إلى الامام أو الخلف لراحة عمل السائق .
٩ ـ واقي مصنوع من الفولاذ لحماية السائق .
يتوفر من هذه الرافعات فئتان:

فئة	العجلات	قدرة رفعها كغ
١ ـ أم series كهربائية	رص	١٢٥٠ ـ ٥٠٠٠
٢ ـ أف series كهربائية	نفخ	١٢٥٠ ـ ٣٠٠٠

ثالثا ـ نقل المواد الغذائية المصنعة من المصنع إلى المستهلك :

تنقل المواد الغذائية المصنعة إلى المستهلك بطرائق مختلفة وذلك حسب المادة الغذائية المراد نقلها .

ففي المواد الغذائية المعلبة والتي لا تحتاج إلى عمليات تبريد يراعى العناية بالمعلبات أثناء عملية الشحن بحيث تستعمل شاحنات خاصة ذات درجات اهتزاز خفيفة، كما يجب الاعتناء بتعبئة وتفريغ صناديق المعلبات وعدم رميها بشكل يغير من مظهر المعلبات أو يسبب في تشقق الغطاء أو القاعدة أو تفسخ خطوط اللحام الجانبية في جسم العلبة مما يسمح للأحياء الدقيقة بتلويث الأغذية وبالتالي فسادها .

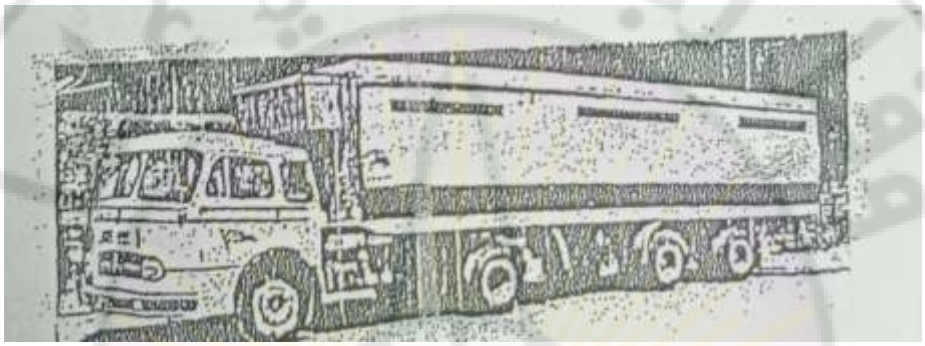
وقد تزود الشاحنات أو تستخدم الشاحنات المبردة في نقل المعلبات خوفا من تعرضها لحرارة شديدة أثناء عملية النقل، كما جهزت في بعض الدول الأوروبية عربات مبردة في القطارات لنقل المواد الغذائية بمختلف أنواعها لمسافات بعيدة، أما
السفن فقد جهزت بالإضافة إلى أجهزة التبريد المعروفة، بأجهزة التحكم بالرطوبة لمنع صدأ المعلبات وفساد الأغذية المختلفة أثناء التصدير .

هناك نوع من وسائل النقل للأغذية المصنعة تصلح بشكل خاص للقطر العربي السوري بإمكاناته الحالية وتستخدم فيدول متقدمة في مضمار النقل البري للأغذية وهي:

ـ النقل بوساطة الشاحنات المبردة :

تتميز هذه الطريقة بصلاحيتها لنقل المواد الغذائية إلى مخازن تجارة الجملة و الاستهلاكيات الغذائية أينما وجدت باستخدامها السهل للطرق البرية، كما تتميز بسهولة التحكم بحجم البضاعة أو الوزن المنقول لوجود الشاحنات بحمولات مختلفة ويمكن بوساطة الشاحنات المبردة نقل جميع المنتجات الغذائية والتي لا تحتاج إلى تبريد فتحميها من الغبار والأوساخ أثناء عملية النقل كما يمكنها من نقل المواد التي تحتاج إلى عمليات تبريد أثناء النقل بتزويدها بأجهزة التبريد الخاصة، كما يمكنها نقل المواد المجمدة باستخدام أجهزة التبريد ذات الاستطاعات العالية .

ويستخدم الثلج الصناعي أو الغازات السائلة في أجهزة التبريد المصممة للشاحنات، ويستعان بالثلج الصناعي للتبريد بالدرجات فوق الصفر المئوي، أما غاز ثاني أوكسيد الكربون الثلجي فيستخدم لدرجات حرارة منخفضة حوال(- ٢٠) درجة مئوية لتكاليفه القليلة، أما استخدام الغازات السائلة للتبريد كالبروبان والبوتان فتستخدم في الشاحنات المخصصة لنقل المواد الغذائية المجمدة إلى استهلاكيات الخدمة الذاتية، وقد استخدمت بعض المصانع غاز النتروجين في أجهزتها التبريدية المصممة للشاحنات لخفض تكاليف التبريد أثناء عمليات النقل الطويلة.
الشكل (١٣)



الشكل (١٣) الشاحنات المبردة المخصصة للمسافات الطويلة.

العوامل التي تحدد اختيار خط النقل في مصانع الأغذية :

١ ـ نوع المادة المراد نقلها .
٢ـ الطاقة الإنتاجية لخط النقل /كمية المادة المراد نقلها في الساعة أو في اليوم/.
٣ـ طول المسافة المراد نقل المادة إليها .
٤ ـ وزن وحجم المادة وكذلك شكلها وقابليتها للتلف .
٥ ـ بساطة وسيلة النقل .
٦ـ سهولة تنظيف وصيانة وسيلة النقل .
٧ ـ سلامة وأمان استخدام وسيلة النقل .
٨ ـ حماية المادة من التلوث ومن الأعطاب الميكانيكية.
٩ ـ رخص سعر خط النقل .

الخطوات الواجب ملاحظتها لصيانة خطوط النقل :

للمحافظة على خطوط النقل يجب إتباع الخطوات التالية :
١ـ إجراء التشحيم المناسب لهذه الخطوط .
٢ ـ توفير مستو مناسب من الزيت المعدني لخط النقل /الأجزاء الحركية/.
٣ ـ توفير الشد المناسب للسطح الناقل /للسلسلة الناقلة /وذلك بشده بوساطة الأجزاء المخصصة لذلك .

٤ـ عدم تحميل هذه السلاسل مواد غذائية ذات وزن أكبر من طاقتها.
٥ ـ تفتيش السلاسل /الخطوط/بشكل مستمر لإيجاد نقاط التلف فيها وذلك لتغيرها للمحافظة على قدرتها وجاهزيتها وكفاءتها العالية.
٦- تزييت كل وحدات الاستدارة في هذه الخطوط.

الفصل العاشر

انتقال الحرارة

مقدمة:

لاستعمال الطاقة الحرارية تطبيقات عديدة في مجال الصناعات الغذائية ، ويحدث انتقال الطاقة الحرارية كلما وجد فرق بين درجات الحرارة في مجموعة معينة ، او عندما تكون هناك مادتان [مجوعتان] بدرجتين مختلفتين من الحرارة ، والتعبير المعتمد بمثل هذه الحالة يدعى ب انتقال الحرارة ، والمقدار المنتقل يسمى كمية الحرارة ، وهذا لا يمكن ان يقاس ولا ان يشاهد او يلاحظ مباشرة ، ولكن التأثير الناتج عنه هو الموضوع الملاحظ والمقيس ، وتتم دراسة هذه العملية من خلال علم التبادل الحراري الذي يعرف :
بأنه العلم الذي يدرس عمليات انتشار الحرارة في الاجسام الصلبة و السائلة والغازية ، فعمليات انتشار الحرارة لا تختلف من حيث طبيعتها الفيزيائية والكيمائية فحسب ،بل وتتميز بتعقدها الكبير أيضا ، اذ يتجلى هذا التعقيد غالبا كجملة متكاملة ومتداخلة من الظواهر الطبيعية المختلفة
وعادة تتم هذه العمليات بوساطة أجهزة مختلفة ، فقد تتم عملية التسخين بشكل مباشر باستعمال البخار المباشر في المادة الغذائية ، او ان يتم التسخين بوساطة مسخنات موجودة في زاوية معينة في الجهاز ٠ من هنا نرى ان هناك طرائق مختلفة لانتقال الحرارة ذات تطبيقات عديدة في مجال الصناعات الغذائية ،
ولاجل تفهم عملية الانتقال الحراري يجب أخذ كل حالة على حده لتفهم كيفية إجراء هذه العملية . تنتقل الحرارة بثلاثة طرق رئيسية وقد يكون الانتقال بفعل طريقة واحدة او طريقتين مجتمعتين مع بعضهما وهذه الطرق هي :

١- التوصيل. Coduction
٢- الحمل. Convection
٣- الاشعاع. Radiation

وسندرس فيما يلي اشكال انتقال الحرارة الثلاثة وسيقتصر موضوع بحثنا هذا على الحالات المستقرة لانتقال الحرارة والتي تتم عندما تكون درجات الحرارة ثابتة لا تتغير مع الزمن لجميع الاجزاء المعتمدة للمواد المدروسة ، وفي حالة النظام الثابت والمستقر فإن كمية الحرارة المكتسبة تساوي تماماً كمية الحرارة الضائعة من المادة الثانية

١- انتقال الحرارة بالتوصيل :

تعرف عملية انتقال الحرارة بواسطة التوصيل بأنها انتقال الحرارة في الجسم الواحد أو من جسم إلى اخر بوساطة احلال الطاقة الحركية بين الجزيئات دون تغيير في هذة الجزيئات ، وفي هذا النوع من انتقال الحرارة يوضح سريان الحرارة داخل المادة الغذائية الصلبة اثناء التسخين او التبريد.
ويتوقف التوصيل الحراري على صفات المادة الصلبة وعلى شكل هذه المادة الغذائية وتختلف المواد في قابليتها لنقل الحرارة وتوصيلها ، وتقاس هذه القابلية بمقدار السعرات الحرارية التي يمكن توصيلها في الساعة عبر سطح معدني مساحته متر مربع واحد وسمك هذا المعدن سنتمتر واحد لكل فرق درجة حرارة مئوية واحدة ما بين الجهتين.

ومن اهم العوامل التي تؤثر في ايصال الحرارة عبر جدار معدني :

١- مقدار معامل التوصيل الحراري k ، فكلما زاد هذا المقدار ؛ زاد مقدار الحرارة المنتقلة ويعتبر الحديد الغير قابل للصدأ من السبائك الجيدة للتوصيل الحراري .
٢- مقدار الفرق بين درجات الحرارة
٣- مساحة سطح المعدن
٤- سمك المعدن، وهذا من أهم العوامل التي تؤثر في انتقال الحرارة فكلما زاد السمك قلت الحرارة المنتقلة عبر هذا الجدار

والفيزياء المعاصرة عرفت النقل بالتوصيل الحراري :

بأنه عملية جزيئية لانتقال الحرارة ، تلعب الالكترونيات الحرة فيها دوراً فعالاً .ومن المعروف أنه عند تسخين جسم ما تزداد الطاقة الحركية لجزيئاته ، فتشتد الحركة العشوائية لجسيماته ؛ الواقعة في الجزء الأكثر سخونة منه ؛فتصدم بالجزيئات المجاورة لها ؛ مقدمة عندئذ جزءً من طاقتها الحركية إليه وتنتشر هذه العملية في الجسم كله بالتدريج .

إن انتقال الحرارة بهذه الطريقة لا يتعلق فقط بخواص الجسم الفيزيائية وأبعاده الهندسية ؛ وإنما بفرق درجة حرارة أجزائه المختلفة إيضاً.

٢-الانتقال بالحمل :

يتم انتقال الحرارة بالحمل بالسوائل والغازات ،ويتم تنفيذ هذا النوع من انتقال الحرارة عند تحريك او خلط الكتلة بكاملها للسائل أو الغاز المسخنين بشكل غير منتظم .

ويشتد الانتقال الحراري بالحمل أكثر فأكثر ب ازدياد حركة السائل أو الغاز لأنه بهذه الحالة ؛ تنتقل كمية أكبر من جزيئاته خلال وحدة زمنية معينة .

ويقترن انتقال الحرارة الحرارة بالحمل في السوائل والغازات دوماً بالتوصيل الحراري ، نظراً لوجود تماس مباشر بين الجسيمات ذات الحرارة المختلفة عندها يمسى انتقال الحرارة بالحمل وبالتوصيل الحراري في آن واحد بالتبادل الحراري بالحمل . وهو يكون إما قسرياً أو حراً ؛ فعندما يتم تحريك الجسم العامل بألة ما (مكيف، ضاغط، خلاط ... إلخ) يكون التبادل الحرارة بالحمل قسرياً ، أو عندما يتم تحريك الجسم العامل بنتيجة التسخين ؛ إذ تتغير كثافات أجزائه المختلفة ؛ فيكون التبادل الحراري بالحمل طبيعياً أو حراً .

٣ ـالانتقال بالإشعاع :

يجري هذا النوع من التبادل الحراري بين جسمين مفصولين بعضهما عن بعض بوسط شفاف جزئياً أو كلياً يسمح بانتشار الإشعاع

وتجري عملية التبادل الحراري بالإشعاع على ثلاث مراحل :

يتحول جزء من الطاقة الداخلية للجسم الأول إلى طاقة الموجات الكهروطيسية ثم تنتشر هذه الموجات في الوسط المحيط ؛ فيقوم الجسم الثاني ب امتصاص جزء من طاقة الإشعاع وعند درجات الحرارة غير العالية نسبيا ؛ يتم انتقال الطاقة بشكل رئيسي بوساطة الأشعة تحت الحمراء.

وأخيراً يسمى التبادل الحراري الذي يجمع في آن واحد الأنواع الثلاثة من انتقال الحرارة ب التبادل الحراري المعقد أو المركب .

بخار الماء

توليد البخار :

تستعمل في مجالات الانتاج الصناعي على نطاق واسع ابخرة مواد مختلفة كالماء والنشادر وحمض الكربون وغيرها ، غير أن بخار الماء هو أكثرها انتشاراً فهو الجسم العامل في التوربينات والآلات البخارية والمحطات الذرية وهو الحامل الحراري في المبادلات الحرارية المختلفة في مجالات من الضغط ودرجات الحرارة
وتحصل على بخار الماء من خلال عملية التبخير ثم الغليان.

التبخر :

هو عملية يتولد خلالها البخار من السطح السائل فقط . وفي هذه العملية التي تتم عند أي درجة حرارة فإن الجزيئات ذات السرعات الأعلى تنطلق من سطح السائل متطايرة إلى الجو المحيط بهذا السطح . تزاد شدة التبخر مع ارتفاع درجات الحرارة

الغليان :

هو عملية يتزايد خلالها البخار من كامل كتلة السائل ، إذ تتشكل الفقاعات داخل السائل وعلى سطحه إيضآ . إن فقاعات البخار ذات الكتلة النوعية الأصغر من السائل تتدفق إلى أعلى السائل كما انها تتلاحم مع بعضها بعضآ وعند وصولها لسطح السائل تتغلب على قوة التوتر السطحي متطايرة إلى الهواء المحيط محدثة الاضطراب المعروف لعملية الغليان .
يحدث الغليان عند درجة حرارة معينة وضغط مناظر لهذه الدرجة من الحرارة ويرمز لدرجة الحرارة هذه ب $t_{(s)}$ وتعرف باسم نقطة الغليان وتبقى هذه الدرجة ثابتة حتى يتحول كامل السائل إلى بخار .
قد يكون **بخار الماء مشبعاً جافآ** ويعرف : بأنه البخار المشبع الذي تنعدم فيه تماماً الجسميات (القطرات) المعلقة للطور السائل وتتعين حالة البخار المشبع الجاف بمعرفة مقدار واحد فقط إما بالضغط أو الحجم النوعي أو درجة الحرارة .

وقد يكون **بخار الماء مشبعاً رطباً** ويعرف : بأنه البخار المشبع الذي يحتوي الجسيمات (القطرات) الطور السائل المعلقة والمتوزعة ب انتظام في كتلته كلها.

أما **درجة الجفاف** أو الكتلة الجزيئية للبخار المشبع الجاف أو نسبة البخار فتعرف بأنها : نسبة كتلة البخار المشبع الجاف إلى الكتلة الكلية للبخار المشبع الرطب (خليط البخار والسائل) ويرمز لها بالحرف x أي أنه :

x= كتلة البخار المشبع الجاف / الكتلة الكلية للبخار المشبع الرطب

وتعرف درجة رطوبة البخار بأنها كتلة السائل المغلي في البخار الرطب وتساوي 1_ x ودرجة جفاف السائل المغلي تساوي الصفر عند درجة حرارة الإشباع x=0 أما للبخار المشبع والجاف فإن x=1

وبالتالي يمكن أن تتغير درجة الجفاف بين الصفر والواحد. وواضح تماماً أن حالة البخار الرطب تتعين بمقدارين: درجة الحرارة أو الضغط ومقدار أخر مثل درجة جفافه .

فإذا اكتسب البخار المشبع الجاف كمية من الحرارة عند ثبات الضغط ؛ فإن درجة حرارته سترتفع ويسمى البخار الناتج من جراء هذه العملية بالبخار المحمص وتكون درجة حرارة البخار المحمص وحجمه النوعي عند الضغط المعطى أعلى مما هما عليه في البخار المشبع الجاف .

ولا يمكن الحصول على بخار جاف فوق سطح السائل مباشرة وتكون درجة حرارته كدرجة حرارة اي غاز اخر تابعة للحجم والضغط .

ويعتبر البخار المحمص غير مشبع لان حجمه النوعي عند الضغط المعطى يكون اكبر من الحجم النوعي للبخار المشبع الجاف ؛ أما كثافته فتكون أقل ويقترب البخار المحمص بخواصه الفيزيائية من الغازات المثالية ، وكلما ارتفعت درجة حرارته أقترب أكثر فأكثر .

ويعرف البخار المحمص :

بأنه البخار الذي تكون درجة حرارته عند الضغط المعطى أعلى من درجة حرارة البخار المشبع الجاف . ويتم الحصول عليه بتسخين البخار الرطب في أجهزة خاصة تدعى المحمصات .

بينما تعرف الحرارة النوعية للتحميص :

بأنها كمية الحرارة اللازمة لتحميص ١كغ من البخار الجاف حتى ترتفع درجة حرارته عند ثبات الضغط إلى الدرجة المطلوبة ، حيث يتحول البخار الرطب في المحمصة إلى بخار جاف أولاً ومن ثم بخار محمص ويتعبر الضغط في المحمصة ثابتاً ومساوياً للضغط في المرجل البخاري . وفي الوقت الحاضر تتراوح درجة حرارة البخار المحمص المتولد في المراجل البخارية من ٥٥٠ م إلى ٦٠٠ م ولا تكون درجة حرارة البخار المحمص

عبارة عن تابع للضغط ؛ ويمكنها أن تأخذ مختلف القيم على أن لا تكون أخفض من درجة حرارة البخار الجاف عند الضغط المعطي .

الهواء الرطب :يعرف الهواء الرطب : بأنه خليط من البخار الجاف (الخال من جزيئات الماء) والبخار المائي .
يستخدم الهواء الرطب على نطاق واسع في الصناعة ، ولذا لمعرفة خواصه أهمية كبرى في الحياة العملية. ويشبه الهواء بخواصه الفيزيائية الغاز المثالي ، غير أن وجود كميات مختلفة من البخار المائي فيه في درجة حرارة وضغط معينين تجعل خواصه أكثر انحرافاً عن خواص الغاز المثالي .
ويعرف الهواء المشبع الرطب : بأنه الخليط المكون من الهواء الجاف والبخار المائي المشبع . ويسمى الهواء الرطب الذي لا يحتوي عند الضغط ودرجة الحرارة المعطاة على أعظم كمية ممكنة من البخار المائي بالهواء اللامشبع . والهواء الرطب اللامشبع هو خليط من الهواء الجاف والبخار المحمص .
وتعرف الرطوبة النسبية *φ* : بأنها حاصل قسمة الرطوبة المطلقة الحقيقية للهواء اللامشبع على أعظم رطوبة مطلقة ممكنة للهواء عند نفس درجة الحرارة .
ويمكن أن تتغير الرطوبة النسبية للهواء من $\varphi=0$ (الهواء الجاف) حتى $\varphi=1$ (الهواء المشبع بالرطوبة)
درجة الحرارة :
إن درجة الحرارة هي التي تبين مدى سخونة الجسم ، وهي عبارة عن معيار للطاقة الحركية الوسطى للحركة الانتقالية لجزيئاته ، إي أن درجة الحرارة تحدد الشدة الوسطى لحركة الجزيئات ؛ فبقدر ما تكون السرعة الوسطى لحركة الجزيئات كبيرة ؛ تكون درجة حرارة الجسم عالية.

لقد وضعت مقاييس درجات الحرارة في الصناعة إعتماداً على الخواص المختلفة للأجسام منها :

١. تمدد الأجسام عند تسخينها ؛ وذلك في المقاييس السائلة .
٢. تغير الحجم عند ثبات الضغط أو تغير الضغط عند ثبات الحجم في المقاييس الغازية.
٣. تغير المقاومة الكهربائية للنقل أثناء تسخينه في مقاييس المقاومة .
٤. تغير القوة المحركة الكهربائية في دارة المزدوجة الحرارية عند تسخين أو تبريد وصلتها الملحومة.

٥. وتقاس درجة الحرارة العالية بوساطة البيرومترات البصرية ؛ وهي أجهزة مصنوعة إعتماداً على قوانين إشعاع الأجسام الصلبة وطرائق المقارنة بين السلك المتوهج وتوهج المادة الخاضعة للدراسة .

واتفق الباحثون في الوقت الحاضر على استخدام سلمين لقياس درجة الحرارة :

سلم الحرارة الترموديناميكي الذي صمم اعتمادا على القانون الثاني في الترموديناميك ، وسلم الحرارة الدولي العملي ، الذي يعد تنفيذا تطبيقيا (عمليا) لسلم الحرارة الترموديناميكي .

يعد سلم درجات الحرارة الترموديناميكي (أو سلم كالفن) أساسا لبقية السلالم أما وحدة درجة الحرارة لهذا السلم فهي كالفن (k). ولتدريج السلم المذكور ، استطاع العلماء تعيين نقطة ركنية وحيدة ، وهي النقطة الثلاثية للماء ؛ وإذا قدروا أن درجة الحرارة الترموديناميكية عندها تساوي بالدقة =٢٧٣,١٦ k. ولما كانت النهاية السفلية في سلم كالفن هي الصفر المطلق ؛ لذا فالكلفن الواحد يساوي ٢٧٣,١٦/١ من مجال درجات الحرارة بين النقطة الثلاثية للماء والصفر المطلق .

تقاس درجات الحرارة على كل من هذين السلمين بالكلفن k أو بالدرجات المئوية c° وذلك حسب ما تؤخذ نقطة التقسيم ، أي موقع الصفر على السلم .

إن درجة حرارة النقطة الثلاثية للماء (أي النقطة التي تكون فيها أطواره الثلاثية : السائل والغازي والصلب في توازن مستقر) تساوي بالدقة حسب مقياس كالفن ٢٧٣,١٦ ، بينما حسب سلم الدرجات المئوية ٠,٠١ c° .

ونستخلص مما ذكر أن هناك علاقة تربط بين سلم درجات الحرارة المعبر عنها بالكلفن ، وبالدرجات المعبر عنها بالدرجات المئوية هي :

$$Tk = ٢٧٣,١٦ + t\ c°$$

- الجملة الدولية للواحدات (si) :

في عام ١٩٦٠ م أقر المؤتمر الحادي عشر للمعايير والاوزان ؛ الجملة الدولية international system(Si) بعدئذ نالت تباعا اعتراف جميع الهيئات الدولية وأكثرية دول العالم .

تتألف الجملة الدولية للواحدات من الواحدات الاساسية والإضافية والواحدات المشتقة في الترموديناميكا الهندسية عادة خمس وحدات أساسية وهي :

١_ وحدة الطول	M م
٢_وحدة الكتلة	kg كغ
٣_وحدة الزمن	s ثانية

٤_وحدة درجة الحرارة الترموديناميكية k كالفن
٥_وحدة كمية المادة mol مول

جدول (١) بين أهم الوحدات الهندسية الدولية (si)
المستخدمة في هندسة مصانع الأغذية وحساباتها

المقدار الفيزيائي	اسم الوحدة	وحدة القياس	الرمز الدولي
الوحدات الأساسية			
الطول	المتر	M	L
الوزن	الكيلو غرام	Kg	m
الوقت	الثانية	S	t
درجة الحرارة	كالفن	K	T
شدة التيار الكهربائي	أمبيراً	A	i
شدة الضوء	الشمعة	Cd	j
كمية المادة	مولاً	mol	μ
الوحدات الإضافية			
الزاوية المستوية	الراديان	rad	θ
الزاوية المجسمة	الستر راديان	Sr	Ω

الفصل الحادي عشر

أجهزة التبادل الحراري

يعرف جهاز التبادل الحراري:

بأنه الجهاز الذي يتم فيه نقل الحرارة من سائل ساخن (الحامل الحراري الساخن) إلى سائل بارد (الحامل الحراري البارد). ويكون الحامل الحراري في الأجهزة الحرارية عادة إما سائلا أو غازا، تخضع حالته لمجال واسع من تغيرات الضغط ودرجة الحرارة.

وتقسم الأجهزة المستخدمة في عمليات التبادل الحراري حسب مبدأ عملها إلى:

١-أجهزة مجددة (باعثة).
٢-أجهزة مخلطة (خلاطة).
٣-أجهزة معيدة (مرجعة).

ففي الأجهزة المجددة تنتقل الحرارة من الحامل الساخن إلى سطح مدخر يقوم بنقلها بشكل دوري إلى السائل الآخر [الحامل الحراري البارد)، أي على سطح التسخين نفسه بشكل دوري، السائل الساخن تارة، والسائل البارد تارة أخرى.

بينما في الأجهزة الخلاطة، يتم نقل الحرارة من الحامل الحراري الساخن إلى البارد أثناء اختلاطهما.

أما في الأجهزة المرجعة، فيتم نقل الحرارة من الحامل الحراري الساخن إلى البارد عبر جدار يفصل بينهما. وهذا النوع من الأجهزة منتشر على نطاق واسع في الصناعة.

١-حركة الحاملين الحراريين:

تتم حركة الحاملين الحراريين الساخن والبارد في أجهزة التبادل الحراري وفقا لثلاثة مخططات:

-فعندما ينطبق اتجاه حركة الحامل الحراري الساخن على اتجاه حركة الحامل البارد تكون الحركة متسايرة التيارات حسب الشكل (١٧)

١→

٢→

الشكل ١٧

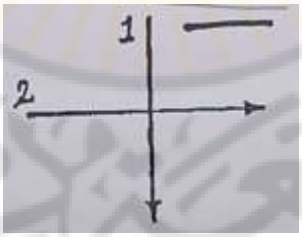
-عندما يتعاكس اتجاه حركة الحامل الحراري الساخن مع اتجاه حركة الحامل البارد، تكون الحركة متعاكسة التيارات حسب الشكل (١٨)

١→

←٢

الشكل ١٨

-أما عندما يتعامد اتجاه حركة الحامل الحراري الساخن على اتجاه حركة الحامل البارد فتكون الحركة متصالبة التيارات حسب الشكل (١٩)



الشكل ١٩

-بالإضافة إلى المخططات الأساسية المذكورة أعلاه تستخدم في أجهزة التبادل الحراري مخططات أعقد للحركة، رقد تجتمع فيها الأنواع الثلاثة في آن واحد.

٢ -البنود الأساسية في الحساب الحراري للمبادلات الحرارية:

ان أهم شيء في حساب الجهاز الحراري هو تعيين كمية الحرارة، التي تشارك في العملية فدقة تعيينها تضمن التقدير الصحيح لعمل الجهاز من الناحية الاقتصادية ويعتبر ذلك مقياسا هاما عند تجريب الجهاز ومقارنته بالأجهزة الاخرى.

-كما يشمل الهدف من الحساب الحراري عند تصميم المبادلات الحرارية،
تحديد مساحة سطح التبادل الحراري أما إذا كانت المساحة المذكورة معروفة،
فان الهدف من الحساب هو تعيين درجتي الحرارة النهائيتين للحاملين الحراريين العاملين فيه.

-ان تقديم الحرارة الى جسم في عملية ما، يؤدي إلى تغير حالته. وفي الحالة العامة، يقترن بتغير درجة حرارته.

-ولدراسة ذلك أدخل مفهوم السعة الحرارية، حيث تعرف السعة الحرارية النوعية للجسم في العملية المعنية بأنها:
حاصل قسمة كمية الحرارة الذي يكتسبه الجسم عندما تتغير حالته تغيراً لا متناهياً في الصغر على تغير درجة حرارته dt أي أن:

$$C_x = \frac{dqx}{dt}$$

-حيث يتعلق المقدار q في هذه المعادلة بمجال درجتي الحرارة وبنوع عملية ادخال الحرارة ايضاً التي تتحدد بمقدار ثابت لا على التعيين x قد يكون حجم الجسم v أو ضغطه p .... الخ ويميز الباحثون في الترموديناميكا السعات الحرارية التالية: النوعية (الكتلية)، الحجمية والمولية.

١-**السعة الحرارية النوعية (الكتلية)** c_x:وهي مقدار يساوي حاصل قسمة السعة الحرارية للجسم المتجانس على كتلته. ووحدتها هي: جول على كيلو غرام.
كالفن $\frac{j}{kg.k}$

2- السعة الحرارية الحجمية c^x : وهي حاصل قسمة السعة الحرارية للجسم على حجمه عند الشرطين النظاميين أي عندما p= ١٠١٣٢٥ و t =0 °C ووحدتها هي جول على $م^2$ كالفن $\frac{j}{m^2.k}$

٣-السعة الحرارية المولية cm :وهي مقدار يساوي حاصل ضرب السعة، الحرارية للمادة في كتلتها المولية ووحدتها الجول على مول.

كالفن $\frac{j}{mol.k}$

ويرتكز حساب التبادل الحراري عند النظام الثابت والراسخ على معادلتين رئيسيتين، هما معادلة النقل الحراري ومعادلة الموازنة الحرارية.

النظام الحراري الثابت أو الراسخ: وهي العمليات الحرارية الي تجري في مجال حراري ثابت ومستقل عن الزمن.

النظام الحراري غير الثابت: وهي العمليات الحرارية الي تجري في مجال لدرجات الحرارة يتغير مع الزمن تكتب معادلة النقل الحراري على الشكل التالي:

$$Q = k\, f(t_1 - t_2)$$

حيث :

Q = التدفق الحراري ويقدر بالوات(w)

K = عامل (ثابت) التبادل الحراري ويقدر بال وات/ $م^2$ درجة $\frac{w}{m^2.Grad}$

F = مساحة سطح التبادل الحراري في الجهاز m^2

T1و T2 = درجتا حرارة الحاملين الحراريين الساخن والبارد بالترتيب ٠

أما معادلة الموازنة الحرارية عند غياب الضياعات الحرارية والتحولات الطورية فيمكننا أن نكتبها على الشكل التالي:

$$Q = V_{1p1}C_{p1}(t_1' - t_1'') = V_{2p2}C_{p2}(t_2'' - t_2')$$

حيث

$V_{1p1}\,,V_{2p2}$= معدلا الدفقين الكتليين للحاملين الحراريين ويقدران بـ كغ/ثا

C_{p1} و C_{p2}= السعتان الحراريتان النوعيتان للحاملين الحراريين في المجال منt' الى t'' جول/كغ درجة

t'_1 ، t'_2 = درجتا حرارة الحاملين عند مدخل الجهاز.

t''_1 ، t''_2 = درجتا حرارة الحاملين عند مخرج الجهاز .

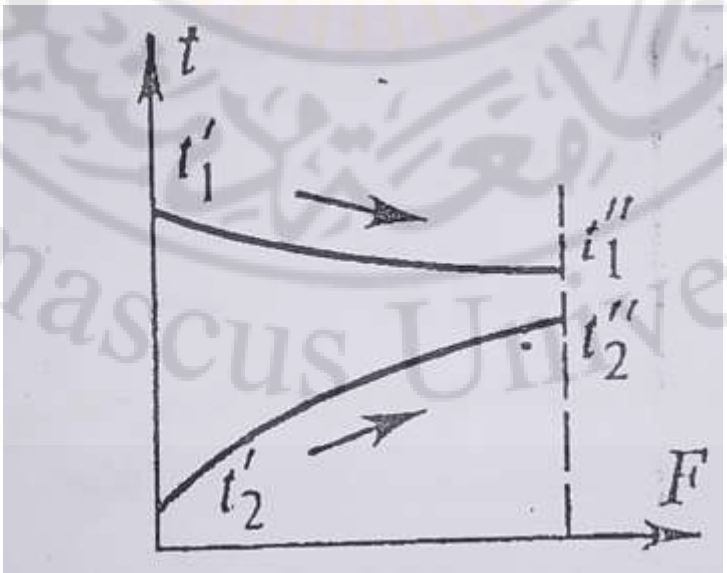
ويسمى الجداء $W = V_p C_p$ بالمكافئ المائي (الشرطي)

وبأخذ ذلك في الحسبان، يمكننا أن نكتب معادلة الموازنة الحرارية بالشكل التالي:

$$\frac{t'_1 - t''_1}{t''_2 - t'_2} = \frac{W_2}{W_1}$$

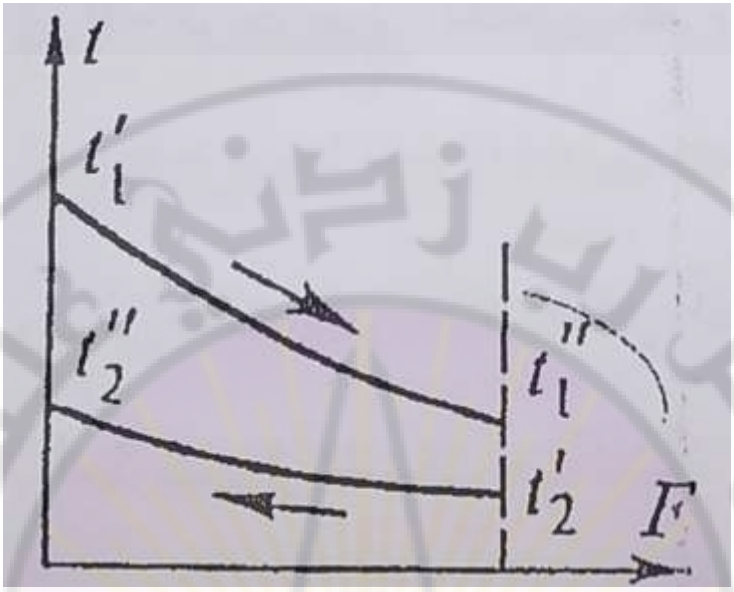
حيث W_2و W_1= المكافئان الشرطيان للحاملين الحراريين الساخن والبارد

تتغير درجتا حرارة الحاملين الحراريين في الجهاز الحراري بتناسب عكسي مع مكافئيهما الشرطيين إذا افترضنا محور السينات محورا لتغير مساحة سطح الجهاز ومحور العينات محوراً لتغير درجات الحرارة في مختلف نقاط السطح فإن سيكون للجهاز المتساير التيارات الخط البياني التالي الشكل (٢٠) .



الشكل(٢٠)

وللجهاز متعاكس التيارات الخط البياني التالي الشكل (٢١)



الشكل (٢١)

-حيث تبين المنحنيات السفلية تغيّر درجة حرارة الحامل الحراري البارد،
بينما تبين المنحنيات العلوية تغيّر درجة حرارة الحامل الحراري الساخن.
ويتضح من الشكل (٢٠) أنه في المخطط المتساير التيارات تكون درجة حرارة الحامل الحراري البارد النهائية أخفض دوماً من درجة حرارة الحامل الحراري الساخن. بينما في المخطط المتعاكس التيارات قد تكون الدرجة النهائية لحرارة الحامل البارد أعلى من الدرجة النهائية لحرارة الحامل الساخن.

لذا، ففي الأجهزة المتعاكسة التيارات، يمكن تسخين الحامل الحراري البارد عند الشروط الابتدائية نفسها، الى درجة حرارة أعلى مما هي عليه في الاجهزة متسايرة التيارات.

3.النقل الحراري:

يعرف النقل الحراري: بأنه انتقال الحرارة من وسط ساخن الى وسط بارد عبر جدار صلب أحادي الطبقة أو متعدد الطبقات مهما كان شكله.والأمثلة على النقل الحراري كثيرة نذكر منها:

نقل الحرارة من الماء الساخن أو من بخار الماء الساخن إلى المادة الغذائية اثناء عمليات التصنيع المختلفة، وفي كل هذه الحالات أو العمليات يجب أن يكون الجدار ناقلاً للحرارة ولذلك يصنع من مادة موصليتها الحرارية عالية.

أما عندما يطلب تقليل الضياع والفقد في الكمية الحرارية، فيجب أن

يكون الجدار عازلاً، أي يصنع من مادة موصليتها الحرارية منخفضة، وعليه فإن أشكال الجدران تختلف وتتميز، فمنها على شكل صفائح مستوية أو مضلعة،
ومنها على شكل حزمة من الأنابيب الأسطوانية المضلعة أو الدائرية.
ومنها على شكل سطوح كروية .....الخ

4.العازل الحراري:

العازل الحراري هو كل ما يغطى به السطح الساخن، بهدف تقليل وخفض فقدان وضياع الحرارة منه الى الوسط المحيط.
وقد يكون العازل الحراري أية مادة موصليتها الحرارية منخفضة ومن أمثلته:
الحرير الصخري، الفلين، الميكا، القطن الخشبي أو الزجاجي، الصوف، النشارة الخشبية، الفحم النباتي وغير ذلك حسب الجدول التالي:
جدول رقم (٥): ثابت التبادل الحراري لعدد من المواد المستخدمة في العزل الحراري

المادة	ثابت التبادل الحراري وات/م٢ كالفن	المادة	ثابت التبادل الحراري وات/م٢ كالفن
١ ـ الألمنيوم	٢٠٩	٩ ـ بخار الماء	٠,٠١٨
٢ ـ البرونز	٦٢	١٠ ـ الفلين	٠,٠٣٥
٣ ـ الهواء	٠,٠٢٩	١١ ـ المطاط المطبوخ	٠,١٧٥
٤ ـ الخشب	٠,١٧٤ ـ ٠,٣٥	١٢ ـ القش [التبن]	٠,٠٨
٥ ـ الآجر [الطوب]	٠,٤٦٥	١٣ ـ الفولاذ	٤٦,٥-٥٢,٥
٦ ـ النحاس الأصفر	٨٧-١٤	١٤ ـ الزجاج	٠,٥٨-٠,٩٣
٧ ـ الجليد	٢,١-٢,٣	١٥ ـ البورسلان	١,٠٥
٨ ـ القصدير	٦٤		

٥-أجهزة التسخين:

تعد عملية التسخين في التبادل الحراري من العمليات التكنولوجية المهمة في التصنيع الغذائي وذلك بهدف تخفيف لزوجة المادة الغذائية وإكسابها خواص فيزيوكيميائية معينة بالإضافة إلى القضاء على نشاط الأحياء الدقيقة ومنع تكاثرها.

-تقسم أجهزة التسخين حسب تصميمها وتركيبها إلى الأنواع التالية:

1-أنبوبية الشكل

2-صفائحية الشكل

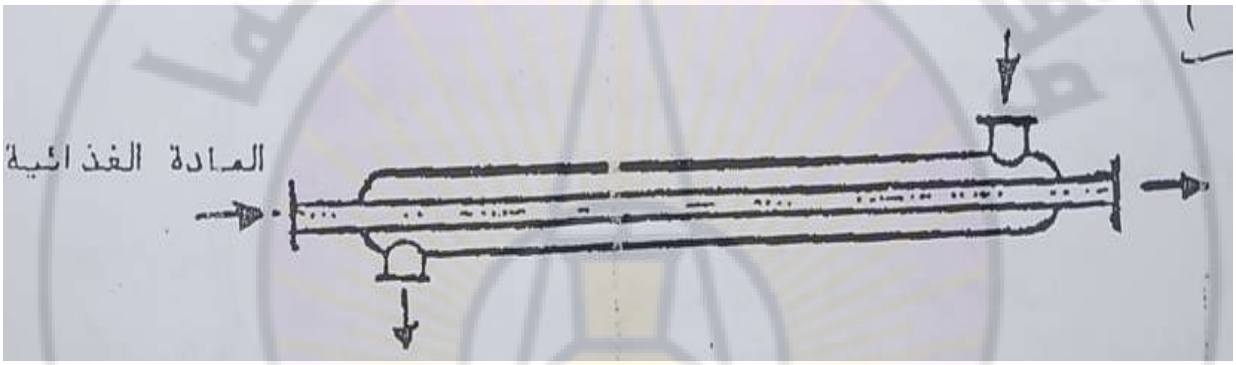
3-حلزونية الشكل

كما تقسم حركة الحامل الحراري الساخن وحسب حركة المادة الغذائية الى ما يلي:

1-وحيدة الطور

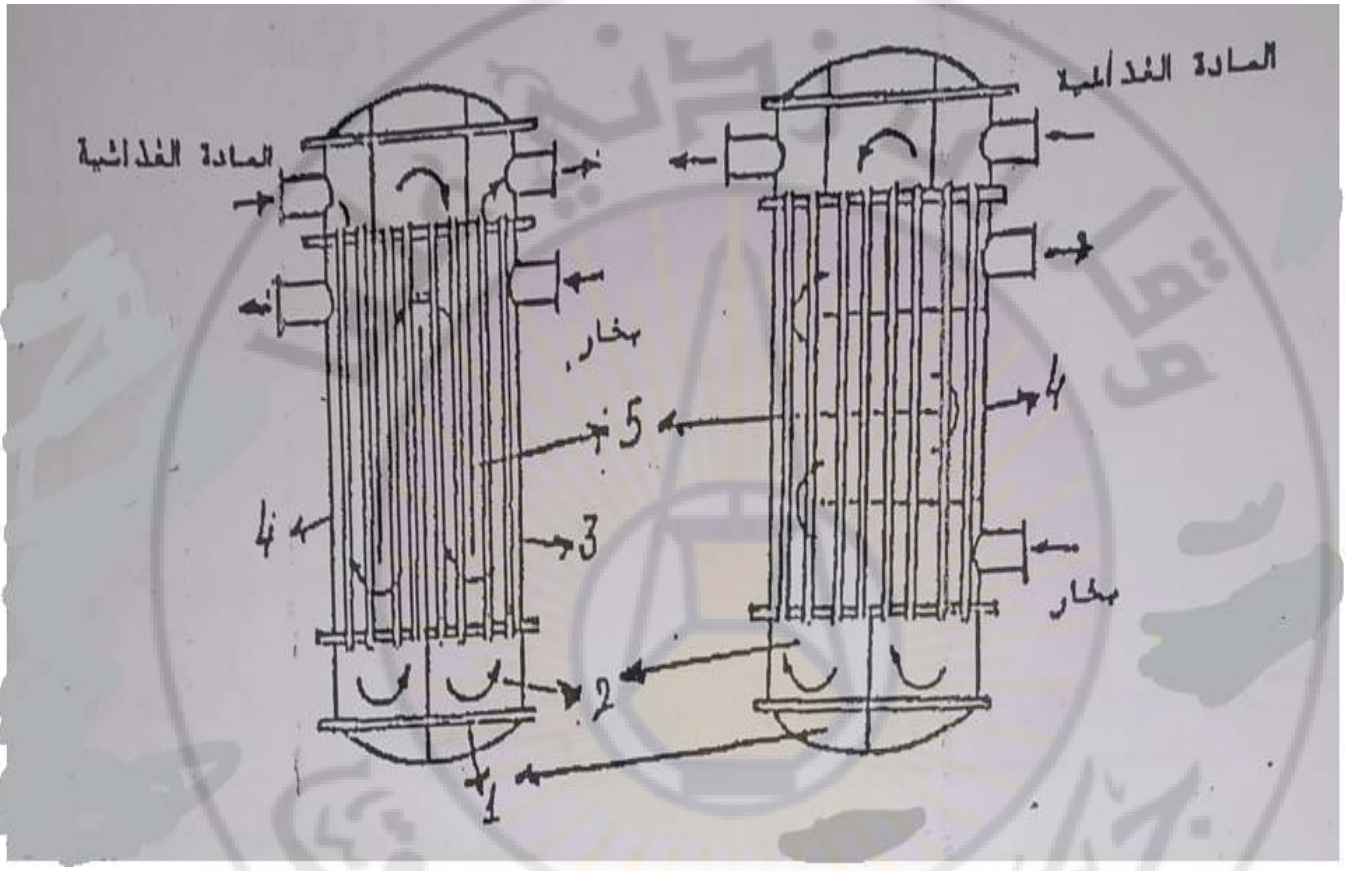
2-متعددة الأطوار

ويعد جهاز التسخين الأنبوب داخل أنبوب، الشكل (٢٢) من أبسط أجهزة التسخين.



الشكل (٢٢) جهاز التسخين الأنبوب داخل أنبوب

أما جهاز التسخين الأسطواني الأكثر انتشاراً في مصانع الأغذية الشكل(23)



الشكل (٢٣) أجهزة التسخين الأسطوانية متعددة الأطوار
1-غطاء الجهاز ٢-حوض توزيع المادة الغذائية ٣-أنابيب نقل المادة الغذائية
4-هيكل جهاز التسخين ٥- الحواجز المعدنية

يتألف جهاز التسخين الأسطواني من حزمة من الأنابيب تنتقل بوساطتها المادة الغذائية، تصنع هذه الأنابيب إما من معدن النحاس أو من معدن الستانلس ستيل يختلف قطر هذه الأنابيب حسب لزوجة المادة الغذائية فإذا كانت لزوجة المادة عالية كان قطر الأنابيب كبيراً والعكس صحيحاً. لوضع كمية كبيرة من الأنابيب داخل جهاز التبادل الحراري الاسطواني ولكي نحصل على قيمة عالية لثابت التبادل الحراري تستخدم أنابيب ذات قطر صغير.
يبلغ قطر الانبوب الواحد في جهاز التبادل الحراري ١٠ مم وما فوق وبطول لايتجاوز٣ م.
لتحسين عمل جهاز التسخين الأسطواني يتم تقسيم الأنابيب إلى حزم منفصلة وذلك عن طريق وضع حواجز في حوض التوزيع. عندها يعرف بجهاز التسخين متعدد الأطوار في

هذا الجهاز تتحرك المادة الغذائية في الأنابيب الناقلة للمادة الغذائية من أول الجهاز إلى آخره ذهاباً وإياباً من خلال عدة أطوار قاطعاً حزم الأنابيب عن طريق التسلسل وهذا يؤدي إلى زيادة قيمة ثابت التبادل الحراري.
ويجب أن يكون عدد الأطوار مزدوجاً ٢ و٤ و٦ ..... ١٢ ، ١٦ ويجب أن لا يزيد على ١٦ طوراً بالإضافة إلى وضع عوارض معدنية في حوض توزيع المادة الغذائية. يمكن وضعها أيضاً في وسط الجهاز الأسطواني إما بشكل طولي أو بشكل عرضي. وفي هذه الحالة نزيد طول المسافة التي يقطعها الحامل الحراري الساخن. يتراوح ضغط بخار الماء داخل الجهاز بين ٠،٠٧ -٠،٠٩ ميغا باسكال. وهو ما يوازي درجة حرارة تتراوح بين ٩٣-٩٦ م بالإضافة إلى أن الجهاز يضم أجهزة لقياس الضغط ودرجة الحرارة وصمامات أمان وغيرها.

يصنع الجهاز من ألواح معدنية على شكال أسطوانة بقطر:

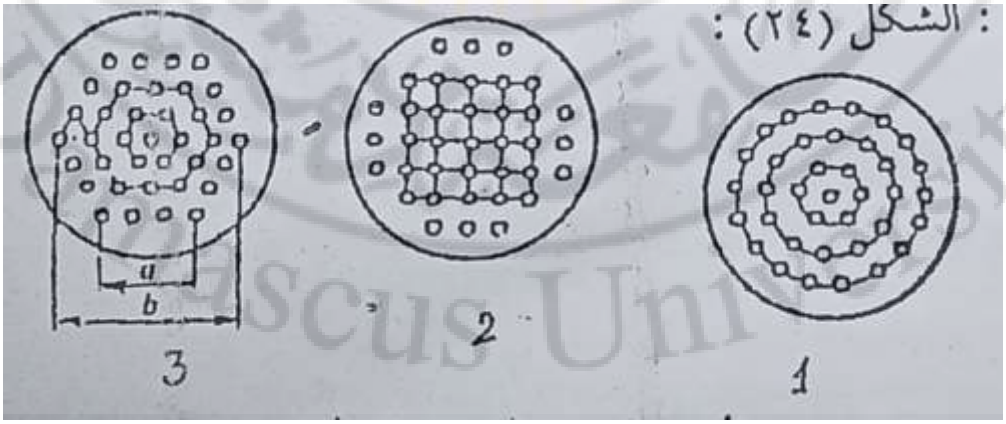
159, 274, 325, 400, 600, 800, 1000, 1200مم

وهي مقاييس معيارية.

6-طريقة توضع الأنابيب داخل جهاز التسخين الأسطواني :

تتوضع الأنابيب الناقلة للمادة الغذائية داخل جهاز التسخين الأسطواني بإحدى الطرائق التالية:

الشكل(٢٤)



الشكل (٢٤) طريقة توضع الأنابيب في جهاز التسخين الإسطواني
1-بشكل دائري ٢- على اضلاع مربع3- على اضلاع مسدس الشكل.

ملاحظة:
يجب أن يكون عدد الأنابيب متساوياً بين جميع الحزم.

7-العلاقات الرياضية لحساب أجهزة التسخين الأسطوانية:

1-عدد الأنابيب في الحزمة الواحدة:

$$N=\frac{F}{0.785.d^2}$$

2-مساحة مقطع الأنبوب: $م^2$

$$F=\frac{m}{p.v}$$

3-قطر الأنبوب الخارجي: م

$$D=\sqrt{\frac{m}{pv}}$$

4-الطاقة الكهربائية لمضخة جهاز التسخين: ك وات

$$N=\frac{\mathrm{MP}}{1000\mathrm{p\eta}}$$

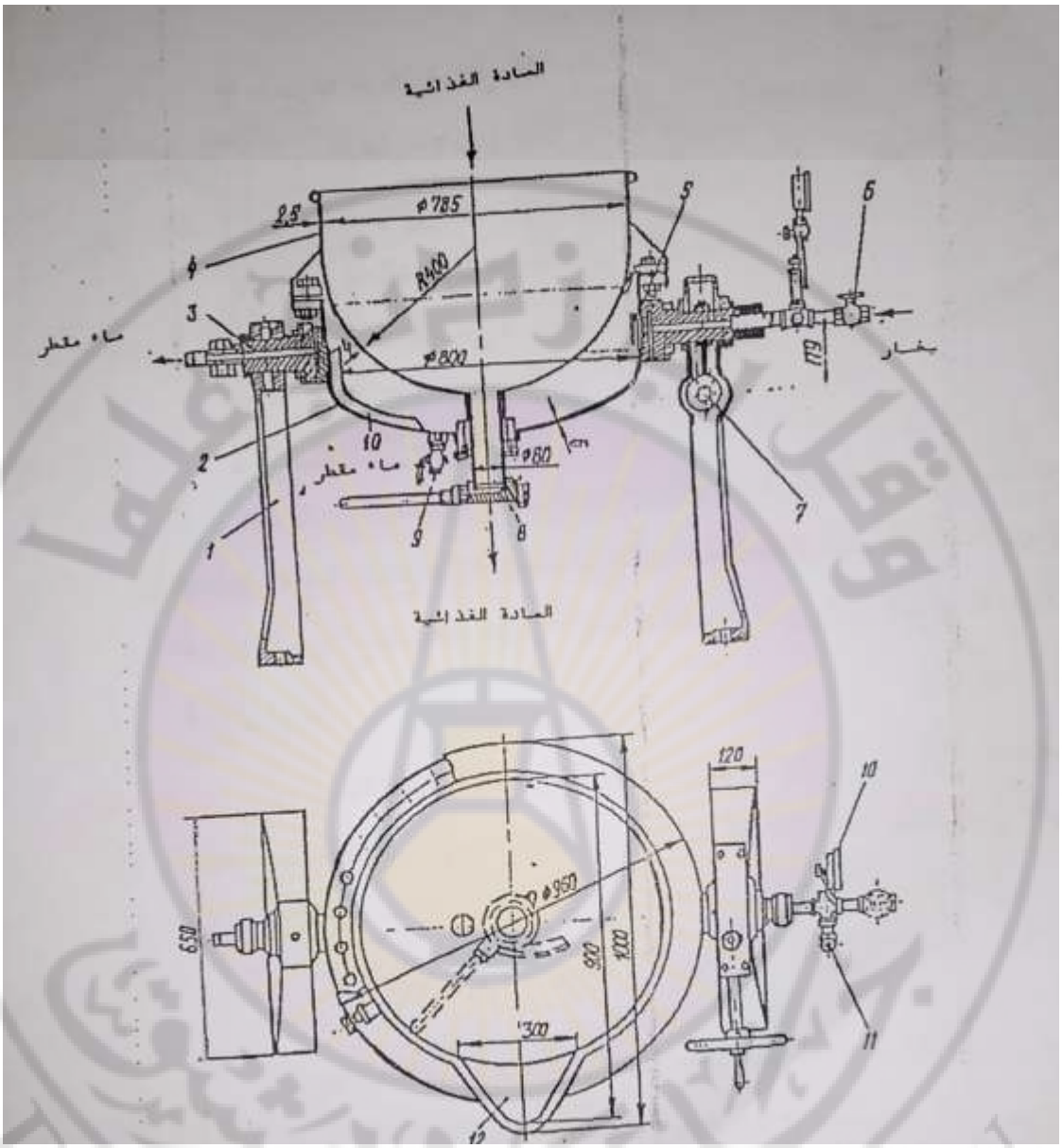
حيث:
F = مساحة مقطع الأنبوب $م^2$
d = القطر الداخلي للأنبوب م
M = كمية السائل المستهلكة (المارة) كغ/ثا
P = كثافة الملئ للسائل كغ/$م^3$
V = سرعة جريان السائل م/ثا
للبخار ٢٠-٤٠ م/ثا
للسوائل ٠,٥-١,٥ م/ثا
η= عامل فاعلية المحرك <١
p = الضغط المشكل عن عمل المضخة باسكال.

8-الحلة (القدور) البخارية :

تعد القدور البخارية من أقدم أجهزة التبادل الحراري المستخدمة في مصانع الأغذية وبخاصة مصانع التعليب وهي تستخدم لتحضير الشراب السكري أو المحلول الملحي كما تستخدم لطبخ المربيات المختلفة أو لسلق المادة الغذائية الأولية. الشكل(٢٥) .

تصنع الحلة البخارية إما من معدن الستانلس ستيل أو من معدن النحاس المطلي بمادة القصدير لمنع صدأ المعدن وعدم تفاعله مع المادة الغذائية، وهي على أحجام مختلفة: 0.012 $م^3$ ، ٠,٠٦ $م^3$ ، ٠,١٥ $م^3$ ، ٠,٣ $م^3$

يتم تغذية القميص البخاري المحيط بالحلة بالبخار بواسطة أنبوب مجهز بمانومتر لقياس الضغط ومجهز أيضاً بصمام أمان يتراوح ضغط بخار الماء المستخدم في الحلة البخارية بين ٠,٣-٠,٦ ميغا باسكال، عند دخول البخار إلى داخل القميص البخاري يصطدم **بالغطاء الانسيابي** وذلك لمنع تأثيره في الجدار الداخلي للحلة البخارية كما يحميه من الحرق والاهتراء ويساعد أيضاً الغطاء الانسيابي على توزيع البخار بشكل منتظم ومتساوٍ داخل القميص البخاري.



الشكل (٢٥) الحلة البخارية

1- دعائم لتثبيت الحلة البخارية2- القميص البخاري3- مرتكز للحلة 4- هيكل الحلة
5-الغطاء الانسيابي ٦-مفتاح البخار ٧-رولمان لتدوير الحلة ٨-أنبوب لتفريغ الحلة
٩-أنبوب خروج الماء المقطر ١٠ --جهاز (مانومتر) لقياس الضغط -١١-صمام أمان

وفي داخل القميص البخاري يفقد البخار حرارته متحولاً إلى ماء مقطر، يخرج على شكل قطرات من فتحة خاصة في أسفل الحلةبعد الانتهاء من عملية التحضير تفرغ الحلة بإحدى الطريقتين. إما عن طريق أنبوب متوضع في قاعدة الحلة ويتم ذلك عندما يكون حجم الحلة كبيرا.والطريقة الثانية تتم بطريقة ادارة الحلة بحركة نصف دائرية ويساعد على ذلك تثبيت الحلة من طرفيها باستخدام رولمانات خاصة مثبتة على قواعد الحلة.

للحسابات الهندسية المتعلقة بالحلة البخارية تستخدم العلاقات الرياضية التالية:

١ -الطاقة الإنتاجية للحلة البخارية: كغ/سا

$$G=\frac{3600.M}{t1+t2+t3}$$

M= وزن المادة في الحلة (سعة الحلة) كغ ،

t1 = زمن التعبئة ثا

t2 = زمن التحضير ثا

t3 = زمن التفريغ ثا

2 -وزن المادة في الحلة: كغ

M=v.p.k

حيث

v = حجم حوض الحلة $م^3$

p = كثافة ملئ المادة كغ/ $م^3$

k = ثابت تعبئة الحلةK=1

3-زمن استمرارية عملية الطبخ أو السلق في الحلة : ثانيه

$$T=\frac{Q}{\Delta t.F.K}$$

حيث:

Q = الطاقة الحرارية المستهلكة

k = عامل انتقال الحرارة

F = مساحة سطح التبادل الحراري $م^2$

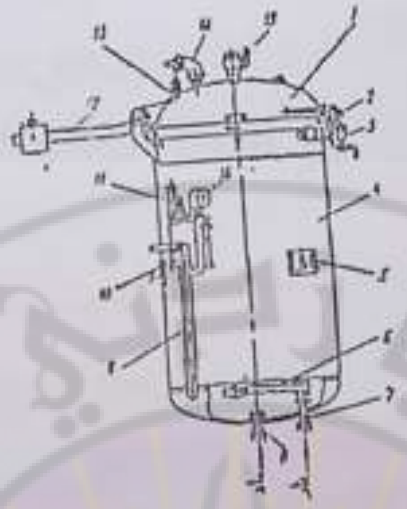
Δt = الفرق بين درجتي الحرارة (الأولية والنهائية)

9-جهاز التعقيم على دفعات (الاوتوغلاف):

يتم التعقيم في هذا الجهاز لكميات محدودة من العبوات الغذائية وذلك على الرغم من المتطلبات الكبيرة من العمال فإن هذا النوع لايزال شائع الاستعمال وبخاصة في مصانع التعليب .

تجري عملية التعقيم في أقفاص مصنوعة من معدن نحاسي مثقب ويتسع الاوتوغلاف إما لسلة معدنية واحدة أو أكثر ترتب المعلبات بداخل القفص تاركاً فراغاً فيما بينها لمرور مادة التعقيم (الماء) وإجراء عملية التسخين بصورة جيدة، تنقل الاقفاص النحاسية بوساطة رافعة مناسبة إلى داخل جهاز التعقيم (الأوتوغلاف) حيث تضخ المادة المسخنة (ماء حار أو بخار ماء) تحت ضغط مناسب، وتختلف حرارة التعقيم حسب نوع الجهاز والمواد الغذائية المطلوب تعقيمها.

يتألف جهاز التعقيم (الأوتوغلاف) من جسم الجهاز على شكل اسطوانة مختلفة الأقطار والحجوم، مغلقة من الأسفل بإحكام، لها صنبوران من الأسفل الأول لدخول البخار والثاني لخروج الماء، يوجد في أسفل الجهاز من الداخل شبكة تستخدم في توزيع البخار، يتم وضع الأوتوغراف في صالة خاصة تدعى بصالة التعقيم، ويجب ألا تقل المسافة بين مركزي اوتوغلافين متجاورين عن ٢م ، والمسافة بين الصفين من الأوتوغرافات يجب ان لا تقل عن ٣,٥ م ، يصنع جسم الاوتوغلاف من الحديد القاسي لتحمل الضغوط العالية. الشكل (٢٦) .



الشكل (٢٦) جهاز الأوتوغلاف

١- غطاء الأوتوغلاف ٢- حزام لتثبيت الغطاء مع جسم الاتوغلاف٣- جهاز يمنع فتح الغطاء بارتفاع الضغط داخل الجهاز عن الحد المطلوب ٤- هيكل الاتوغلاف (صماكة ٦مم أو ٨مم) ٥- عوارض معدنة لتثبيت السلة ٦- أنبوب توزيع البخار ٧- أنبوب تغذية البخار ٨- أنبوب تفريغ الماء ٩- أنبوب يصل مقياس الضغط بقاعدة الجهاز ١٠- علبة جهاز الضغط ومقياس الحرارة ١١- جهاز لقياس الحرارة ١٢- ثقل التوازن (لتسهيل فتح وإغلاق الاتوغلاف) ١٣- صمام أمان ١٤- أنبوب تعبئة الاتوغلاف بالماء ١٥- أنبوب تفريغ الهواء ١٦- جهاز مانومتر لقياس الضغط.