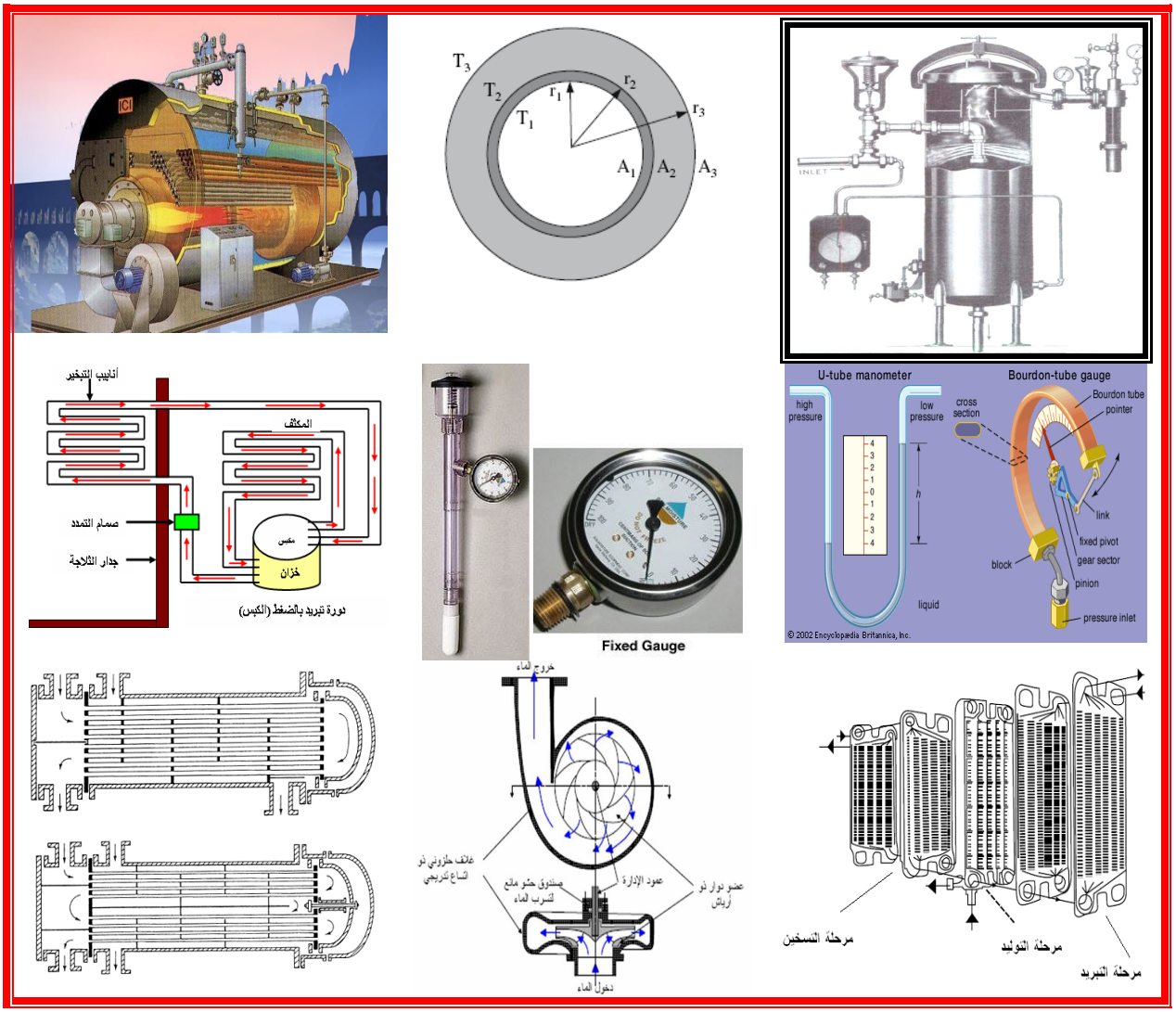
جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم
قطاع الكتب

أساسيات هندسة التصنيع الغذائى

لطلبة الصف الثالث بالمدارس الثانوية الفنية الزراعية (نظام السنوات الثلاث)
تخصص تصنيع منتجات الألبان - التعليم التبادلى



٢٠١٠-٢٠١١

جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم
قطاع الكتب

أساسيات هندسة التصنيع الغذائى

لطلبة الصف الثالث بالمدارس الثانوية الفنية الزراعية (نظام السنوات الثلاث)
تخصص تصنيع منتجات الألبان - التعليم التبادلى

تأليف

أ. د/ أشرف مهدى شروبه
م/ أحمد أمين إبراهيم

مراجعة
أ.د/ مصطفى عبدالمنعم زيدان

٢٠١٠-٢٠١١

محتويات الكتاب

الموضـــــــــــــوع	الصفحة
مقدمة	
الوحدة الأولي:	
١. مقدمة عامة عن هندسة تصنيع الأغذية	٤
٢. المواصفات الفنية والصحية لمصانع الألبان	٢٣
٣. أحتياطات السلامة والأمان فى مصانع الألبان	٤٨
تذكر أن	٥٩
التقويم	٦١
الوحدة الثانية:	٦٢
١. أجهزة القياس	
أجهزة قياس درجات الحرارة	٦٣
أجهزة قياس الضغط	٧٣
أجهزة قياس الوزن والحجم	٧٦
أجهزة قياس الوزن النوعى	٨٠
أجهزة قياس نسبة الحموضة	٨٧
أجهزة قياس نسبة الدهن	٩٣
٢. المضخات	١٠٣
المضخات الترددية	١٠٠
المضخات الترسية	١٠١
المضخات الطاردة المركزية	١٠٣
تذكر أن	١٠٩
التقويم	١١١
الوحدة الثالثة:	
١. طرق توليد البخار (المراجل والأجهزة الملحقة بها)	١١٤
٢. أتزان المادة والطاقة	١٢٧
٣. أسس وتطبيقات الإنتقال الحرارى فى عمليات تصنيع الألبان	١٤٤
تذكر أن	١٥٧
التقويم	١٦١

الموضـــــــــــــــــــــــــــوع	الصفحة
الوحدة الرابعة:	
الديناميكا الحرارية	١٦٤
المكثفات الحرارية	١٧٥
وحدات التبريد	١٨٩
تذكر أن	٢١١
التقويم	٢١٥
نماذج للورقة الأمتحانية وإجاباتها	٢١٦
المراجع	
محتويات الكتاب	

مقدمة

هندسة التصنيع الغذائى هى أحد العلوم التى تهتم بتطبيقات العلوم الهندسية والحرارية لخدمة صناعة الغذاء بصفة عامة وعمليات التصنيع الغذائى على وجة الخصوص. فهى تهتم بجميع عمليات التصنيع الغذائى من تداول وحفظ وتصنيع للألبان ومنتجاتها و كذلك المحاصيل الزراعية والخضر والفاكهة واللحوم والاسماك ومنتجاتها.

ومن الضرورى دراسة الخواص الطبيعية والحرارية للأغذيةوالألبان كمتطلبات أولية لأعطاء خلفية ضرورية قبل البدء فى دراسة هندسة التصنيع الغذائى. ويهتم بدراسة هذا الفرع جميع طلاب تخصصات تكنولوجيا الأغذية والألبان.

أن زيادة أسعار الطاقة فى الوقت الراهن أصبح عامل مؤثر على عمليات حفظ وتصنيع وتداول الأغذية والألبان وأصبحنا فى أمس الحاجة الى تحسين كفاءة آداء العمليات الحالية وكذلك أكتشاف عمليات جديدة ذات كفاءة عالية.

ونرجوا من الله عز وجل أن يكون هذا المقرر نافعا ومفيدا لأبنائنا الطلاب حتي يكونوا من الكوادر الفنية التي تساهم في تطور صناعة الألبان ومنتجاتها مما يعود بالتقدم والرخاء والازدهار لبلدنا الحبيب مصر.

المؤلفان

الوحدة الأولى

- ✓ مقدمة عامة عن هندسة تصنيع الأغذية
- ✓ المواصفات الفنية والصحية لمصانع الألبان
- ✓ احتياطات السلامة والأمان فى مصانع الألبان

مقدمة عامة عن هندسة تصنيع الأغذية

يمكن تعريف علم هندسة التصنيع الزراعى على أنه ذلك الفرع من العلوم التطبيقية الذى يستعمل فى تطويع العلوم الهندسية الأساسية والعلوم الرياضية والطبيعية فى خدمة التصنيع الزراعى جنباً إلى جنب مع العلوم الحيوية والكيميائية لتكوين النظم المثلى لتحويل المحصول الزراعى والحيوانى من الصورة الأولية إلى الصورة المناسبة للتداول والاستهلاك والحفظ، ويعمل هذا الفرع على تصميم وتطوير الآلات اللازمة لعمليات التصنيع لضمان تحقيق أفضل النتائج من الناحيتين التكنولوجية والاقتصادية كما يعالج طرق استخدام الطاقة بصورها المختلفة.

فى السنوات الأخيرة انضم إلى هذه المجموعة من العلوم علوم التحكم الآلى والحاسب الآلى وعلوم الإدارة والإحصاء لترشيد استخدام الطاقة بصورها المختلفة والوصول بنظم التصنيع الزراعى إلى الآلية الكاملة والكفاءة الأعلى.

ولهذا الفرع أهمية كبرى خاصة بعد تطور المجتمعات الزراعية ودخول الميكنة الزراعية فى مراحل الإنتاج الحقلى والذى أدى إلى زيادة معدلات الحصاد فكان لا بد من ميكنة عمليات التصنيع الزراعى حتى تتمشى مع معدلات الحصاد من جهة ومعدلات الاستهلاك المتزايدة من جهة أخرى.

ويتطلب تصميم آلات التصنيع الزراعى وميكنة العمليات التى تجرى على المنتجات الزراعية (النباتية والحيوانية) الإلمام بالدراسة والمعرفة الدقيقة بالآتى:

١. وحدات التشغيل فى التصنيع الغذائى: ويتضمن دراسة الأساسيات الهندسية والرياضية والتصميمية والنظريات التى تحكم عمليات التصنيع المختلفة وتشمل وحدات التشغيل – سريان الموائع – انتقال الحرارة – التجفيف والتقطير والبللورة – الترشيح.....إلخ.

٢. هندسة عمليات التصنيع الغذائى: وتشمل دراسة نظرية وتطبيقية لهندسة عمليات التصنيع المختلفة ويتأتى ذالك بدراسة تصميم الآلات والأجهزة اللازمة لميكنة عمليات التصنيع المختلفة ودور العوامل التى تؤثر على كفاءة إنجاز هذة الآلات على الأغذية المختلفة وعلى قيمة المنتج النهائية.

ويمكن وضع العمليات المختلفة الداخلة فى التصنيع الغذائى فى أربعة مجاميع كالاتى:

١. مجموعة العمليات الأولية:

وتشمل العمليات التى تتم على المواد الزراعية الأولية قبل بداية التصنيع وتتضمن هذه العمليات:

- التعامل بين المصنع ومنتج المواد الأولية واختيار نوع المواد الأولية وبرامج النمو المطلوبة وعمليات الميكنة المتبعة وعمليات النقل والتخزين.

- عمليات التنظيف التى تجرى على العمليات الأولية.
- عمليات التنظيف والتدريج.

٢. عمليات التشكيل:

وتشمل العمليات التى تغير من بعض خواص المادة الطبيعية وتتضمن هذه المجموعة:

- عمليات الجرش والطحن والغربلة.
- عمليات الخلط والاستحلاب.
- عمليات العصر والترشيح.
- عمليات الطرد المركزى.
- عمليات البللورة.
- المعاملات الحرارية.

٣. عمليات الحفظ:

وتشمل عمليات حفظ الغذاء الطازج والمصنع وتتضمن هذه المجموعة الآتى:

- المعاملات الحرارية وتشمل عمليات البسترة والتعقيم.
- التبخير.
- التجفيف.
- التبريد.
- التجميد.
- التخزين.

٤. العمليات المساعدة:

- العمليات الخاصة بنظافة وتعقيم مصنع الغذاء.
- عمليات توفير الماء اللازم للمصنع الغذائى والتخلص من الفضلات.
- تداول المواد الغذائية.

❖ هندسة التصنيع الغذائى:

ويشمل هذا الجزء دراسة التخطيط لإنشاء صناعة غذائية مختلفة ودراسة خطوط إنتاج الغذاء من حيث تناسبها وتكاملها ودراسة تكاليف إنشاء هذه الصناعات كما يشمل هذا القسم طرق التحكم فى قيمة المنتج.

كما يدخل ضمن هذا القسم فى مرحلة متقدمة دراسة تحليل نظم التصنيع الغذائى المختلفة والدخول بها إلى النظام الأمثل تحت الظروف الواقعية. كما يشمل دراسة طرق القياس والتحكم فى العوامل المختلفة التى تؤثر على كفاءة عملية التصنيع وجودة وقيمة المنتج النهائى وفى نهاية المطاف يمكن استخدام الحاسب الآلى فى التحكم فى مصنع الغذاء.

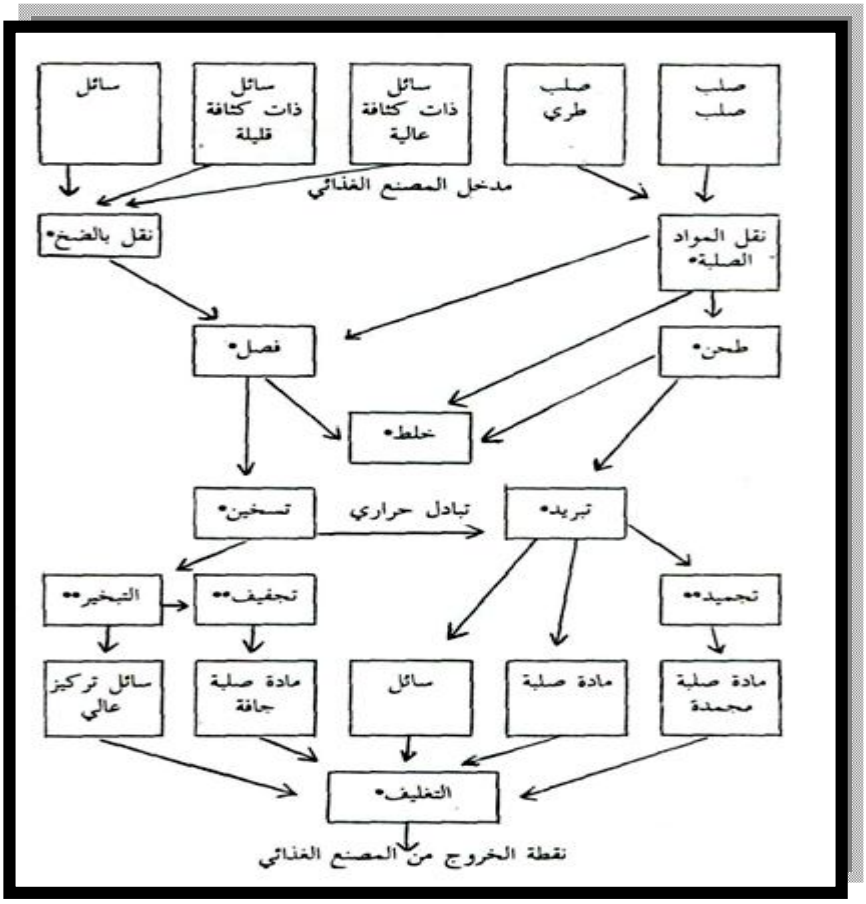
❖ وحدات عمليات التصنيع المستخدمة فى مصانع الأغذية والألبان :

أصبحت صناعة المواد الغذائية في الوقت الحاضر من الصناعات الكبيرة حيث تقوم بإنتاج أنواع عديدة من المواد الغذائية سواء كانت سائلة أو شبه صلبة أو صلبة، تستخدم في ذلك طرق وخطوات مختلفة تعامل بها المادة الغذائية من النقطة التى تتم فيها عملية استلام المادة الأولية إلي أن يتم تحويلها في هذه المعاملات وتصبح منتجاً غذائياً متكاملاً يطرح إلي الأسواق المختلفة لغرض تسويقه. وتختلف هذه الخطوات من غذاء إلي أخر وقد تكون هذه المعاملات وسيلة لغرض تأمين سلامته من الميكروبات المرضية كما يحصل في وحدات تصنيع اللبن المبستر أو المعقم حيث تتم معاملة اللبن بدرجات حرارة عالية ولوقت معين أو أن تكون كوسيلة لحفظ المادة الغذائية من التلف والمحافظة عليها لحين التسويق والاستهلاك بحالة جيدة كما هو الحال في تبريد المواد الغذائية المختلفة. أو أنها تستعمل لتخفيض حجم هذه المواد وخلطها وتحويلها لمادة غذائية لا تشابه في جوهرها المواد الأولية التى صنعت منها كما يحدث في صناعة المثلجات والطحين.

فمن الصعب إنجاز عدة عمليات بواسطة وحدة عمل واحدة فإذا أخذنا مثلا عملية صناعة المثلجات اللبنية فإننا بحاجة مثلا إلي عملية لتصغير حجم بعض الفواكه المراد إضافتها ثم عملية تحريك وخلط وكذلك تحتاج إلي إجراء معاملة حرارية معينة هي بسترة الخليط. وأن عملية البسترة هذه تتم بتوفير ماء ساخن باستعمال البخار وهكذا تستمر العمليات لحين وصول الخليط لمرحلة التجميد وإجراء هذه العمليات تتم بواسطة وحدة عمل خاصة تقوم بهذا العمل من هذا يمكن تعريف وحدة العمليات بأنها تلك الوحدة التى يتم فيها إجراء عملية واحدة لغرض واحد فمثلا وحدة التبادل الحرارى تستعمل لهذا الغرض وبعدها تستعمل وحدة أخرى للتعبئة مثلا وإلي غير ذلك.

ومن الصعب جداً إنجاز هذه المعاملات بواسطة توفير وحدة Unit Operating إذ أن المواد الغذائية تتعرض إلي عمليات مختلفة أثناء التصنيع وتكمل بعضها البعض إلي أن يصل المنتج الغذائي للدرجة النهائية المطلوبة. وتتوقف هذه العمليات علي الاختلافات الموجودة في المادة الأولية من ناحية والمنتج المراد تصنيعه من ناحية ثانية وعلي الرغم من إدارة هذه الوحدات المختلفة لابد أيضا من وجود وحدات تكميلية تأخذ علي عاتقها بعض الوسائل المستعملة في معاملة المادة الغذائية من هذه الوحدات كتوفير البخار اللازم لإجراء عمليات التسخين ، التجفيف والتكثيف أو أى معاملة أخرى يتطلب فيها رفع درجة حرارة المنتج إلي حد معين أو كتوفير التبريد اللازم لتبريد المادة الغذائية لدرجة حرارة مناسبة كجزء تكميلي للوحدة كما يحدث في ضرورة تبريد اللبن المبستر مباشرة بعد تعريضه لدرجة حرارة البسترة المعروفة .

لقد حاول العديد من العاملين في مجال الصناعات الغذائية تلخيص وحدات التصنيع الموجودة في أى معمل غذائى بصورة عامة ولصعوبة شمول جميع المواد الغذائية بالنظر إلي اختلافاتها العديدة في النوعية والصفات نلاحظ وجود وحدات متخصصة لا تستعمل إلا في نوع معين من صناعة المواد الغذائية، ولكن يمكن بصورة عامة اعتبار وحدات العمليات المذكورة في شكل التالى موجودة بشكل عام في معامل الأغذية والألبان.



وهذا الشكل يبين أن المنتج الغذائى يتعرض إلي معاملات عديدة في وحدات تصنيع مختلفة منذ وقت دخول المادة الأولية إلي المصنع إلي حين خروجها منه بشكل منتج غذائى متكامل معبأ ومغلف بحالة مناسبة لطرحه في الأسواق. حيث يتم نقل المادة الغذائية الأولية حسب طبيعة الغذاء كأن تكون صلبة أو شبه صلبة أو سائلة إلي داخل المصنع بواسطة وحدات تداول خاصة . وقد تجرى علي هذه المواد عمليات فصل بواسطة استخدام وحدات فصل خاصة تأخذ علي عاتقها إزالة المواد الغريبة الموجودة في هذه المادة كاستخدام وحدات الترشيح أو أن يتم فصل مكونات هذه المادة الأولية إلي مكوناتها المختلفة. أو أن تكون المادة الأولية ذات حجم كبير لا يمكن تصنيعها وهي فى هذه الحالة تجرى عليها عملية تصغير حجم بواسطة وحدة تصغير حجم حيث تقوم بخفض حجم أجزائها إلي الحجم المناسب للتصنيع. ومن الطبيعي في معامل الأغذية أن يتم خلط مواد مختلفة لإنتاج غذاء متجانس عن طريق استخدام أجهزة خلط قياسية حسب طبيعة الغذاء. وقد تجرى علي هذا الخليط عمليات تبادل حرارى كالتبريد والتجميد بواسطة وحدات تبادل حراري مناسبة للقيام بمثل هذا النوع من التبادل كالمبردات أو أنها تسخن إلي درجة حرارة مناسبة لغرض إزالة الماء من هذه المادة بشكل جزئى أو بشكل تام ويتم مثل هذه العمليات في وحدات خاصة للتبخير وللتجفيف وفي جميع المعاملات وتتم تعبئة المادة الغذائية بواسطة وحدات خاصة تختلف بتكوينها وعملها وفق نوع الغذاء الذى يتم تعبئته .

وفي أغلب معامل الأغذية في الوقت الحاضر تتوفر وحدة خاصة لإجراء عملية تنظيف المواد الغذائية لضمان خلو هذه المواد من الأتربة ومن المواد المترسبة علي هذه المواد نتيجة ظروف الإنتاج في الحقل، أو أنها تدرج أو تفصل بواسطة وحدات معينة إلي أحجام مختلفة لإنتاج منتج متجانس .

<u>وبصورة عامة يمكن تلخيص وحدات العمليات المختلفة التى تستعمل على نطاق واسع فى معامل الأغذية والألبان بما يلى :</u>

١- وحدات التنظيف (Cleaning Units)

٢- وحدات تداول المواد الغذائية (Material handling)

أ) وحدات نقل المواد الصلبة وشبه الصلبة بالناقلات (Conveying)

ب) وحدات ضخ السوائل (Pumping)

٣- وحدات تصغير الحجم (Size reduction units) وتشمل :

أ) وحدات طحن (milling)

ب) وحدات عمل مكعبات (Dicing)

٤- وحدات الخلط والتحريك (Agitating & mixing)

٥- وحدات الفصل (Separation)

أ) الترسيب (Settling)

ب) الترشيح (Filtration)

ج) التدريج (Grading)

د) إزالة القشور (Peeling)

ه) تكسير القشور الصلبة

٦- وحدات التبادل الحرارى (Heat Exchange units)

أ) وحدات التبريد (Refrigeration Units)

ب) وحدات تبريد اعتيادية (Cooling Units)

ج) وحدات تجميد (Freezing Units)

د) وحدات تجفيف بالتجميد (Freeze drying units)

ه) وحدات التسخين (Heating Units)

٧- وحدات عمل الشكل والقوالب (Molding units)

٨- وحدات الطلاء والتشكيل

٩- وحدات التعبئة والتغليف (Filling & packaging units)

وبالإضافة إلي الوحدات السابقة فإن معامل الأغذية والألبان تضم وحدات لعمليات عديدة مكملة للوحدات السابقة وعدم وجودها يعنى عدم قيام الوحدات السابقة بمهامها في التصنيع .

ومن هذه الوحدات المكملة والتى يجب علي الشخص الذى يعمل في الصناعات الغذائية الإلمام بها ما يلي :

١- وحدات السيطرة علي العلميات .
٢- عمليات تنظيف الوحدات
٣- وحدات توليد الطاقة الكهربائية واستعمال الطاقة
٤- وحدات توليد البخار .
٥- وحدات التبريد
٦- صيانة الأجهزة .
٧- تصميم معامل الأغذية

❖ وحدات التبادل الحرارى Heat exchange Units:

تكاد تكون عملية التبادل الحراري من العمليات التى تستعمل في أى معمل غذائى بأحد أشكالها وتستعمل علي نطاق واسع في تحضير المواد الغذائية المختلفة ويمكن تقسيم وحدات التبادل الحرارى المستعملة إلي الوحدات التالية:

(أ) وحدات تبريد Cooling Units:

ففي وحدات التبريد تتم عملية تبريد المادة الغذائية باستعمال التبادل الحراري بين هذه المادة السائلة أو الصلبة والمادة المبردة التى قد يكون مصدرها الماء البارد كما في المبادلات الحرارية المستعملة لتبريد اللبن المبستر أو المواد الغذائية الأخرى أو يكون مصدرها المحاليل الملحية الباردة أو بواسطة التبريد المباشر باستعمال أنظمة التمدد المباشر Direct expansion systems كما يحدث في تبريد الغرف المبردة أو تبريد الماء أو تبريد المواد الغذائية.

وقد تستمر عملية تبريد هذه المواد لتجميدها كما يتم في عملية تحويل خليط االمثلجات إلي منتج مجمد كما يحدث في وحدات تصنيع المثلجات اللبنية أو تجميد الخضراوات واللحوم والدواجن لغرض تحويلها إلي مواد غذائية يمكن حفظها لمدة طويلة كما يحدث عند استعمال المجمدات العمودية أو الأفقية لدرجة حوالى - ١٥°م أو باستعمال النيتروجين السائل.

كما أن عملية إزالة الحرارة من بعض المواد بشكل مستمر يؤدي إلي إزالة الرطوبة منها وبالتالي تجفيفها كما يحدث في وحدات التجفيف بالتجميد (التجفيد Freeze dryers) حيث يتوفر في الوقت الحاضر وحدات مختلفة الطاقات لإجراء هذه العملية .

ولأجل تحقيق هذه العمليات يجب توفير وحدات تبريد خاصة وهذه تتوفر في الأسواق بطاقات مختلفة أيضا وبواسطة هذه الوحدات يمكن تحقيق إجراء عمليات تبريد المادة الغذائية باستعمال مواد مبردة وإخراجها من النظام وهكذا تستمر في العملية.

(ب) وحدات التسخين Heating Units:

وتعتمد هذه الوحدات علي وجود مادةساخنة ذات درجة حرارة عالية تتلامس مع المادة الغذائية فيحدث تبادل حرارى فتنتقل الحرارة من المادة الساخنة (الأكثر حرارة) إلي المادة الغذائية (الأقل حرارة) وهكذا يتم تسخين المادة الغذائية . ويتوقف مقدار التسخين اللازم وطريقة التسخين علي نوع المنتج الغذائى المراد تصنيعه **ويمكن تقسيم وحدات التسخين التى قد تتوفر فى معامل الأغذية إلى ما يلي :**

١- تسخين المادة الغذائية دون التغيير في طبيعتها:

وفى هذه الحالة يتم التبادل الحرارى بين المادة الساخنة و المادة الغذائية والمراد تسخينها. وعملية التسخين تتفاوت حسب نوع الأغذية فيعرض قسم منها إلي درجة حرارة معينة ولوقت معين من أجل ضمان القضاء علي البكتيريا الممرضة وعلي نسبة عالية جدا من الكائنات الحية الغير ممرضة كما هو الحال في وحدات أجهزة البسترة بأنواعها سواء البطيئة أو السريعة حيث يتألف من مبادل حراري تكون المادة الساخنة في جهة بينما توجد في الجهة الأخرى المادة الغذائية المراد تسخينها وفي هذه الحالة يتم التبادل الحرارى بين المادة الساخنة التى قد تكون بشكل ماء ساخن مسخن باستعمال مسخنات كهربائية أو باستعمال البخار المنتج من وحدات توليد البخار. أو أن المادة الغذائية السائلة تعرض لدرجات حرارة عالية لمدة أطول لغرض ضمان القضاء علي كافة الكائنات الحية التى قد تتواجد في المادة الغذائية الخام كما يجرى في تعقيم بعض الأغذية المعلبة كالشوربة واللبن المكثف أو يجرى تعبئتها بواسطة وحدات خاصة كما يجرى في تصنيع اللبن المعقم. حيث يتعرض اللبن إلي درجات حراره عالية باستعمال أجهزة المعقمات الهيدروستاتيكية أو المعقمات ذات الدفعات الأفقية أو العمودية .

٢- التسخين لإعطاء بعض الصفات للمنتج:

وتجرى هذه العمليات في وحدات خاصة وذلك بتعريضها إلي سطح مسخن وأثناء حركة المادة الغذائية داخل الجهاز بسبب دورانه تتعرض للحرارة ويتم التبادل الحرارى ويمكن تسخين هذه المادة الغذائية لدرجة حرارة مناسبة كما هو الحال في إجراء عملية غلي المواد الغذائية كالبطاطا وغيرها.

٣- التسخين لتركيز المواد الغذائية Heating for concentration:

كما تتضمن عمليات التسخين تعريض المواد الغذائية السائلة للحرارة العالية لمدة من الوقت تحت الضغط الجوي ونتيجة لذلك يتم تبخير جزء من الرطوبة الموجودة في المادة الغذائية وبذلك تتركز ويحصل نقص في حجمها حيث يمكن تحويلها إلي منتجات أخرى تعبأ في أوانى صغيرة ومن ثم تسوق كما هو الحال في وحدات تصنيع اللبن المكثف وفي العادة يتم هذا التبخير للمواد الغذائية التى تتأثر بالحرارة العالية تحت تفريغ لإتمام تبخير الرطوبة علي درجة حرارة أقل من درجة تبخر الماء عند إجراء العملية تحت الضغط الجوي وتتوفر في الوقت الحاضر وحدات تكثيف عديدة ولكن في العادة يتم التكثيف بتعريض المواد الغذائية لسطح ساخن (مسخن بالبخار) وقد تكون هذه المكثفات ذات تأثير واحد أو أن تكون متعددة التأثير وعندئذ تتألف من عدة غرف يتم فيها التكثيف .

٤- التسخين لتجفيف المواد الغذائية Heating for dehydration:

تتوفر في الأسواق العالمية في الوقت الحاضر عدد من الأغذية الجافة التى أزيلت الرطوبة من المادة الغذائية الخام وتتم هذه العملية بإزالة الماء الموجود في هذه المواد الغذائية بواسطة استعمال وحدات خاصة حيث يتم تعريض المنتج إلي درجات حراره حيث يحدث تبادل حرارى بين هذا السطح والمواد الغذائية حتى توفر الحرارة اللازمة حيث يتم تبخير الماء من هذه المادة الغذائية وتستمر العملية إلي أن يتم التخلص من كافة الرطوبة في المادة الخام وتتحول إلي مادة جافة قد يحصل هذا النوع من التسخين بين سطح معدني ساخن بالبخار وبين طبقة رقيقة من المادة الغذائية كما هو الحال في تجفيف اللبن باستعمال أجهزة التبخير ذات الاسطوانات الدوارة Rotary drum drier سواء كانت المعاملة تحت الضغط الجوي أو بالتفريغ أو أن تتعرض المادة أثناء سقوطها علي شكل رذاذ في غرفة التجفيف إلي تيار ساخن من الهواء فيحدث التبادل الحراري بين الهواء الساخن والمادة الغذائية (بشكل رذاذ) فيتم تبخير الرطوبة داخل هذه الغرفة. ويتم تجفيف اللبن باستعمال أجهزة مجففات الرذاز Spray driers أو أن المادة الغذائية أثناء انتقالها داخل جهاز التجفيف

تتعرض إلي تيار هواء ساخن داخل ممر أجهزة التجفيف المسماة بالأنفاق Tunnel drier فيتم تبخير الرطوبة أثناء انتقال المادة الغذائية الموجودة في المادة علي شكل قطع صغيرة ومن أمثلة ذلك تجفيف البصل.

ومما تقدم يتضحأن هذه العمليات تعتمد أساساً علي التبادل الحرارى بين المادتين الساخنة والمراد تسخينها أو المادة المبردة والمادة المراد تبريدها وفي جميع هذه الحالات يتم التبادل عبر أسطح معدنية تكون في العادة مصنوعة من الحديد الغير قابل للصدأ . لذا فإن تفهم أسس الانتقال الحراري وطرق انتقال الحرارة وقياسها أمر مهم للشخص الذى يعمل في مجال الصناعات الغذائية . كذلك معرفته لأسس التبريد وكيفية انتقال الحرارة خلال الدورة الواحدة.

وبما أن البخار هو المادة الرئيسية في معامل الأغذية والألبان لذا فإن تفهم عملية توليده ووحدات التوليد والإستعمالات المختلفة له أمر ضروري وأن وجود وحدات لتوليده تكون جزء أساسي من أى مصنع تصنيع غذائى .

❖ وحدات تداول المواد الأولية Material handling unit:

تنقل المواد الغذائية الأولية من محل إنتاجها إلي المصنع الغذائى باستعمال الناقلات أو السكك الحديدية وإلي غير ذلك من وسائل النقل المتوفرة وعند وصول هذه المواد إلي المصانع تجرى عليها عمليات تصنيعية مختلفة منذ استلامها إلي حين الانتهاء من تصنيعها وتخزينها .

ويتم نقل المادة الأولية الصلبة إلي داخل المصانع الغذائية باستعمال وسائل تداول عديدة كالنقالات المختلفة وكناقلات ذات السير Belt conveyor أو ذات الصناديق Bucket conveyor وقد تنقسم هذه الناقلات إلي ناقلات محددة تقوم بنقل المادة الغذائية من نقطة إلي أخرى داخل المصنع كنقل الطماطم (المادة الأولية) إلي وحدات العصر لإنتاج عصير الطماطم أو أنها تقوم بنقل المواد الغذائية ولكنها أيضا تقوم بعمل أخر خاص بالمنتج أثناء عملية النقل كما هو الحال عند نقل الزبد من نقطة الإنتاج بواسطة أجهزة صناعة الزبد المستمرة إلي مراكز التعبئة باستعمال ناقل حلزوني (Screw conveyor) حيث تتم عملية عصر الزبد الناتج وخلطه أثناء نقله بهذا النوع من الناقلات أو أن تقوم بعض الناقلات بإجراء عملية فصل المواد العرضية من المنتج أثناء نقل المادة الغذائية كما في حالة إزالة الشرش من خثرة الجبن المنقولة علي ناقلات مشبكة متحركة.

وقد يتم نقل المادة الغذائية الأولية إلي وحدات التصنيع المختلفة بواسطة الجذب الأرضي كما يجرى في بعض المواد الصلبة كالملح والسكر في بعض مصانع الأغذية.

ويجرى تداول المواد الغذائية الأولية السائلة في العادة باستعمال الضخ بواسطة استعمال مضخات خاصة صحية يسهل نصبها وفتحها وتنظيفها وتمتاز هذه المضخات بأنها مصنوعة من معدن جيد لا يؤثر علي نوعية المنتج ومن أمثلة ذلك نقل اللبن السائل عبر معامل الألبان ومن وحدة تصنيع إلي أخرى عن طريق ضخه عبر أنابيب خاصة ويعتبر هذا النوع من التداول مهماً جداً ويجب أن نتعرف علي خواص وصفات هذه المضخات وطرق حسابات عملية التداول بواسطة استعمال الضخ.

❖ وحدات تصغير الحجم Size reduction units:

إن وجود هذا النوع من الوحدات يعتبر شائعاً في معامل الأغذية والألبان وفي هذه الوحدات تتحول المادة الغذائية الأولية إلي أجزاء أصغر مما كانت عليه وهذا الحجم يختلف من منتج إلي أخر وحسب المادة الغذائية الأولية . وتجرى في العادة عند تحويل هذه المواد الأولية إلي منتجات غذائية معينة. وقد تجرى هذه العملية بواسطة أجهزة ووحدات خاصة وتقوم بتحويل المادة الغذائية الأولية إلي مكعبات أو شرائح لأجل صناعة فاكهة محلاة معلبة.

وقد تستعمل بعض الأجهزة كالمجنسات (Homogenizers) لغرض تكسير الحبيبات الكبيرة إلي حبيات صغيرة وتوزيعها في المنتج الغذائى كما يجرى عند إجراء عملية تجنيس اللبن أو خليط الأيس كريم باستعمال المجنسات.

❖ وحدات الخلط Mixing Units:

هناك أنواع عديدة من أجهزة الخلط في الصناعات الغذائية ويتوقف استعمال كل نوع منها علي نوع المواد المراد خلطها فمثلا يتم خلط مواد سائلة بأخرى سائلة كخلط الكريمة مع اللبن الفرز أو خلط مواد صلبة مع أخرى صلبة كخلط السكر باللبن المجفف أو خلط مواد سائلة مع مواد صلبة أو غاز مع مواد سائلة .

وقد يتم الخلط بصورة مباشرة وذلك بإضافة المواد المراد خلطها إلي بعضها مباشرة دون إجراء عملية خلط أولية ويتم في العادة الخلط بواسطة جهاز خلاط مناسب ونوع هذه الخلاطات يتوقف علي نوع المواد الغذائية المراد خلطها. أو أن عملية الخلط تجرى علي المواد الأولية بعد أن تسبقها عملية خلط أولى لغرض الحصول علي منتج متجانس ، كما يتم في خلط بعض المواد الجافة مع بعضها ومن ثم تضاف إلي المواد السائلة الأخرى لإتمام خلطها بشكل جيد.

يتوفر في صناعة المواد الغذائية وحدات خاصة تقوم بإجراء عمليات الخلط المختلفة في المعمل الغذائي حسب نوعية هذه المواد وتتوقف هذه العملية علي نوع المصنع ويجب أن تتم بشكل لا يترتب عليها ظهور صفات غير مرغوب فيها في الناتج الذى يحصل بعد الخلط كالخلط الشديد للبن والذى يسبب حصول رغوة فيه وتعتبر هذه الصفة من الصفات الغير مرغوب فيها في معامل الألبان لأن تكون مثل هذه الرغوة يعيق إجراء بعض العمليات بالشكل المطلوب مما يؤثر علي سلامة المنتج ونوعيته وقد تستعمل الخلاطات في وحدات معينةلإتمام عملية خفق المادة الغذائية والمساعدة علي إضافة كمية مناسبة من الهواء لذلك المنتج كما يحصل في الخلاط الموجود داخل جهاز تجميد الأيس كريم الذى يساعد علي إدخال الهواء في الخليط للحصول علي ريع مناسب.

❖ وحدات الفصل Separation Units:

قد تحوى هذه العملية فصل مواد صلبة كما هو الحال في إزالة قشور بعض المواد الغذائية كإزالة قشور البطاطا والخوخ. أو أنها تشمل فصل مادة صلبة من مادة سائلة كما يحدث في عمليات الترشيح أو أنها تشمل إزالة مادة سائلة من مواد صلبة كما هو الحال في عصير الفاكهة أو قد تستعمل هذه الوحدات لفصل دهن من ماء كما يحصل في فصل الماء عن الدهون أو فصل مكون معين دهني في مادة كما هو الحال في (الكريم) من اللبن بواسطة فعل القوة الطاردة عن المركز.

وتعتبر عمليات تدريج وتصنيف المواد الغذائية الأولية أكثر أمثلة الفصل شيوعاً في الصناعات الغذائية سواء كان ذلك علي أساس حجم المادة الغذائية ، الشكل أو اللون.

كما أن عمليات الفصل عديدة تجرى في مصانع غذائية متخصصة كفصل السكر من عصير قصب السكر باستعمال طرق التبلور المعروفة واستعمال طرق الترشيح العالية ultra filtration كما هو الحال في تطبيق هذه الوحدات في فصل سكر اللاكتوز وبروتينات الشرش من شرش الجبن .

❖ وحدات عمل الشكل والطلاء Forming units:

في العديد من الصناعات الغذائية يتطلب وجود وحدات خاصة تقوم بعمل شكل خاص للمادة الغذائية حسب ما هو مطلوب وهذه الأشكال تتفاوت من منتج إلي أخر فمثلا في صناعة المعجنات لصنع البسكويت مثلا بأشكال مختلفة قد تكون دائرية أو مستطيلة أو أى شكل أخر ولأجل صناعة هذا النوع من البسكويت هناك أجهزة تستعمل هذه المواد وتحولها بواسطة قوالب خاصة إلي هذه الأشكال المختلفة . هذا ومن المعروف أن الهامبورجر يصنع من لحم مفروم ويتم تشكيلهميكانيكياً بواسطة وحدة تقوم بضغط هذا اللحم وتحوله إلي أشكال قرصية .

كما يحدث أن يتطلب وضع بعض المواد المختلفة علي سطح بعض المنتجات بعد تصنيعها ويتم بذلك بواسطة وحدات خاصة لإجراء هذه العملية أو حتى إجراء عملية طلاء بعض المواد الغذائية بطبقة من مادة أخرى كما هو الحال في طلاء بعض الحلويات بطبقة من الشيكولاتة. وتعتبر عملية تعبئة الزبد ووضعها في أواني بعد عملها علي شكل قوالب صغيرة بواسطة هذه الوحدات مثل أخر علي هذه العملية .

❖ وحدات التغليف Packaging Units:

يتوفر في الأسواق في الوقت الحاضر عدد كبير من أجهزة التغليف تستعمل في تغليف العديد من المواد الغذائية . وتختلف سعة ونوع هذه الوحدات الموجودة في المعمل الغذائى علي نوع المنتج الذى تقوم بتصنيعه .

فمثلا يمكن الآن أن نوفر أجهزة تغليف الزبد بعد الإنتاج وإعطاء الشكل المطلوب وكذلك أجهزة للتقطيع ولتغليف الجبن وقد تتم هذه العملية بوضع المادة الغذائية في قنينة من الزجاج أو مصنوعة من الورق أو أن توضع في علب معدنية أو أنها تغلف بواسطة أغلفة معدنية أو أنها توضع في أكياس مصنوعة من البلاستيك أو المواد المشابهة لذلك. من هذا نرى ضرورة وجود وحدات تغليف في المصنع الغذائى تتناسب ونوع المنتج ونوع الأغلفة المراد استعمالها في التغليف.

وقد يتم هذا التغليف بالضغط الجوي العادي أو أن هذا التغليف يتم تحت تفريغ و لذلك لابد من توافر وحدات تغليف تتوفر فيها صفة تكوين تفريغ مناسب في هذه الحالة.

وكما مر سابقاً يتوفر في معامل الأغذية والألبان وحدات أخرى تعتبر وحدات تكميلية سبق ذكرها ويعتبر تواجدها في المعمل الغذائى مهم جداً لإنجاز المهام الخاصة به ومنها ما يلي:

❖ وحدات السيطرة علي العمليات Controlling Units:

من الملاحظ أن وحدات التصنيع المختلفة التى سبق ذكرها تقوم بأعمالها حسب الطلب وحسب المواصفات المتوفرة . ولأجل إنجاز العمل بشكل صحيح وسليم لابد من توافر أجهزة قياس صحيحة للقيام بتسجيل العمليات المختلفة وعن طريق وحدات سيطرة خاصة تقوم بالسيطرة علي عمل هذه الوحدات وضمان أشكالها وفق الظروف الخاصة بها وتتوفر هذه الوحدات بأشكال مختلفة كالسيطرة الحرارية والسيطرة علي عمليات عديدة أثناء التصنيع.

❖ وحدات تنظيف الأجهزة بالمكان Cleaning in place (CIP):

بالنظر إلي التطور الكبير الذى حصل في حجم الأجهزة المستعملة فى تصنيع المواد الغذائية فقد أصبح تنظيفها أمراً صعباً بصورة يدوية ولذلك تطورت عملية التنظيف في المكان لهذه الأجهزة ويتوفر في الوقت الحاضر في المعامل الغذائية وحدات خاصة تقوم بإجراء عملية الغسيل والتعقيم في المكان للأجهزة المختلفة في المصنع وأحسن مثال لذلك غسل جهاز الشدرنة (السايلو) أو إجراء عملية غسل أحواض صناعة الجبن ذات سعة ١٥ طن من اللبن.

❖ وحدات توليد الطاقة الكهربائية Electrical generators:

تلجأ العديد من مصانع الأغذية إلي توفير جزء من الطاقة الكهربائية التى يستخدمها في التصنيع بواسطة وجود وحدات خاصة لتوليد هذه الطاقة وفي أكثر الحالات لضمان وجود هذه الطاقة خلال أوقات العمل بشكل مستمر وتعتبر هذه الطاقة الكهربائية المصدر الرئيسي للطاقة الحركية لأجهزة الوحدات التصنيعية المختلفة الموجودة في المصنع الغذائي لذا فإن تفهم نقل الطاقة وطرق استعمالها بصورة سليمة داخل هذه المعامل أمر مهم وملح كما أن طرق المحافظة علي المحركات الكهربائية المختلفة وحفظها من خطورة الاحتراق واستمرار عملها بكفاءة عالية أمر مهم جداً .

❖ وحدات توليد البخار Steam generator:

كما مر سابقاً تحتوى مصانع الأغذية علي عمليات تسخين عديدة لكافة الأغراض . ويتم التسخين في العادة عن طريق البخار. ويولد البخار في هذه المصانع بوجود وحدات توليد البخار (مراجل بخارية) تقوم بإنتاج البخار بكمية مناسبة وتحت ضغط مناسب وفي حرارة مناسبة لكافة العمليات كما أن توزيعه داخل المصانع الغذائية يتم بشكل فعال ومناسب لكافة الأجزاء المختلفة التى تستعمله لهذا الغرض .

ويتوافر في معامل الأغذية وحدات للماء الساخن تقوم بتوفير الماء الساخن الناتج من خلط بخار وماء بارد ومن ثم ضخ الماءالساخن الناتج إلي أجزاء الوحدات التصنيعية المختلفة للقيام بعمليات التسخين والتبادل الحرارى في تلك الأجزاء .

❖ وحدات التبريد Cooling Units:

كما ذكرنا سابقاً تزال الحرارة من بعض المواد الغذائية لإجراء عملية تبريد لهذه المواد سواء كان ذلك أثناء بعض العمليات أو لتخزين المنتجات الغذائية علي درجات حرارة منخفضة . أو أن الحرارة تزال بحيث يتم تحويل المنتج الطبيعي إلي منتج غذائي مجمد. تتم إزالة هذه الحرارة بواسطة أجهزة تبريد فتقوم هذه الوحدات بإزالة هذه الحرارة من المواد وإخراجها منه إلي أن يتم الوصول إلي التحول المطلوب .

يتوافر في العادة في المصانع الغذائية وحدات خاصة للتبريد تستعمل لهذه الأغراض أو لتوفير حرارة مناسبة للمخازن المبردة التى يقيمها المصنع الغذائي والمستعملة في حفظ المواد التى يجب تبريدها. ويتوقف حجم هذه الوحدات علي نوع الأغذية المنتجة وطاقة هذه المصانع.

❖ وحدات الصيانة Maintenance:

مما تقدم نرى أن المعمل الغذائى الواحد يضم عدداً كبيراً من الأجهزة والمعدات والوحدات التى تقوم بإجراء عمليات مختلفة علي المادة الغذائية وأن أسس عمل هذه المعدات العديدة. ولأجل استمرار عمل هذه الوحدات لابد من وجود وحدات صيانة خاصة تأخذ علي عاتقها المحافظة علي هذه الأجهزة وضمان استمرار عملها أثناء التصنيع وقيامها بواجبها حسب الأصول. لأن توقف أحد هذه الوحدات يؤدي إلي خسارة الإنتاج وبالتالى يسبب خسارة للمصنع الغذائى في إنتاجه وفى التكلفة الكلية أيضا.

❖ وحدات التنظيف Cleaning Units:

وتجرى هذه العملية علي المواد الغذائية الخام لإزالة الأوساخ العالقة بها عند وصولها إلي المصنع الغذائى من أماكن إنتاجها وتتضمن عمليات التنظيف وحدات مختلفة لإجراء هذه العملية . كما يحدث في إزالة الأتربة من الفواكه الصلبة بغسلها في الماء بأحواض خاصة لإزالة الأتربه الملتصقة قبل معاملتها في المصنع الغذائي.

تجرى مثلا عملية تنظيف العبوات المستعملة فى توزيع المواد الغذائية كاللبن والمشروبات الغازية ولتنظيف هذه العبوات وتعقيمها لابد من وجود وحدات خاصة للتنظيف تأخذ علي عاتقها إزالة الرواسب من هذه العبوات وتنظيفها وتعقيمها وإعادتها بحيث يمكن استعمالها في تعبئة منتج أخر .

ولذا يتوفر في الأسواق غسالات للعبوات تختلف في طاقتها وفي أسس استعمالها لإجراء هذه العملية. ولإتمام الغسيل علي الشكل المطلوب يجب أن يكون هناك ماء نظيف معقم يمكن استعماله لهذا الغرض .

تختلف عمليات التنظيف حسب اختلاف الصفات العامة للمادة الخام المستعملة ومدي مقاومتها لعمليات غسيل و هذه المواد الغذائية تتلوث بملوثات عديدة ويتوقف مقدار هذا التلوث علي ظروف إنتاج هذه المادة الخام وهذا يتوقف علي نوع المادة الغذائية الخام لأن كل واحدة منها تنتج تحت ظروف مختلفة فمثلا قد تحتوى الفاكهة المستلمة في مصنع غذائى علي نسبة عالية من الأتربة نتيجة تلوثها أثناء الجمع أو النقل أو التخزين في محل الإنتاج في الوقت الذى تتعرض بعض المواد الغذائية الأخرى إلي تلوث أخر فإذا نظرنا للبن كمادة غذائية فإنه يتلوث من روث الحيوان المنتج من الضرع أو من يد الحلاب أو من الجو المحيط إذا لم يتم أخذ الإجراءات اللازمة ومنها تنظيف الحيوان أو الحظيره لضمان عدم تلوث اللبن .

ويمكن تلخيص المواد الملوثة للمواد الغذائية بما يلى:

١- مواد نباتية كأوراق النباتات ، السيقان والقشور.
٢- مواد حيوانية كروث الحيوانات والشعر والحشرات.
٣- كائنات حية كالبكتريا والفطريات والخمائر.
٤- مواد كيماوية كبقايا المبيدات والتلوث بالأسمدة.
٥- مواد معدنية كالأتربة والدهن والمنتجات النفطية.

نلاحظ أن المواد الملوثة للمواد الغذائية عديدة وعند النظر إلي ما تقدم يظهر بوضوح أن كفاءة أى عملية تنظيف لهذه المواد الأولية تتوقف علي مدي تلوث المادة الغذائية بأحد الأنواع التى سبق ذكرها كما يعتبر مقدار التلوث بهذه المواد من العوامل المهمة لإتمام عملية التنظيف بصورة جيدة.

هناك طريقتان تتبع في تنظيف المواد الغذائية الأولى إجراء عملية التنظيف الجافة ويتم في هذه العملية تنظيف المادة الغذائية عندما تكون بحالة جافة ، أما الطريقة الثانية المتبعة في تنظيف المواد الغذائية فهي طريقة التنظيف المبتلة وتعتمد هذه الطريقة علي إجراء عملية تنظيف المواد فى وجود الماء.

❖ طريقة التنظيف الجافة:

من أهم طرق التنظيف الجافة المتبعة فى الوقت الحاضر في مجالات عديدة في تصنيع الأغذية والألبان ما يلي :

١- النخل (Screening) .
٢- الفرد (Brushing)
٣- الفصل بالهواء (Aspiration)
٤- الفصل بالاحتكاك (Attrassion)
٥- الفصل بالمغناطيسية (Magnetic Separation)

تمتاز هذه الطريقة بأنها مريحة وسهلة ورخيصة إلا أن من أهم مساوئها هو تكون غبار في الهواء المحيط في الوحدة وقد يسبب ذلك في حدوث انفجارات في بعض الأحيان إذا لم توفر التهوية وإزالة الغبار بالطريقة المناسبة.

١- التنظيف بالنخل Screening:

تستعمل هذه الطرق في إزالة بعض المواد الملوثة للمواد الغذائية كإجراء إزالة قشور القمح من الدقيق أو إزالة الحجارة أو الخيوط أو القش وإلي غير ذلك من المواد الملوثة للمادة الغذائية الخام ومن أهم الأجهزة المستعملة في هذا المجال:

أ - المناخل الأفقية Flat bed screens ب - المناخل الدوارة Rotary screens

فى المناخل الأفقية تتكون من سطح معدني مثقب وتتحرك بصورة أفقية وأثناء هذه الحركة ستعرض دقائق المادة الغذائية إلي حركة تسبب نزول دقائق المادة الغذائية عبر ثقوب المنخل التى تتوقف علي نوع المادة الغذائية المراد تنظيفها وتبقى المواد الملوثة فوق هذه المناخل فتزال بين حين وأخر.

أما المناخل الدوارة فتعمل علي نفس الأساس ولكنها تكون بشكل برميل مثقب وتتم حركتها بشكل دوار وتتم عملية إزالة الشوائب الموجودة في المادة الغذائية بنفس الأساس.

٢- التنظيف بالفرد Brushing:

عند استلام العديد من المواد الغذائية في معامل الأغذية كالفاكهة والبطاطا وغيرها تجرى عملية تنظيف بهذه الطريقة الغرض منها هو إزالة الأتربة المتراكمة علي سطح هذه المواد وتتم عملية التنظيف بإمرار هذه البطاطا أو الفاكهة علي فرش دوارة وهذه أثناء دورانها تزيل المواد العالقة علي قشرة هذه الفواكه أو الخضراوات . وتتوقف سرعة دوران هذه الأجهزة علي صلابة قشرة المادة الغذائية ومدى مقاومتها لعملية الإحتكاك المتولدة عن عمل الفرش .

٣- التنظيف بالاحتكاك Attrassion cleaning:

يتم التنظيف عندما تتعرض المادة الغذائية في هذه العملية إلي احتكاك أكبر من السابق حيث تتعرض المادة الغذائية للإحتكاك بقرص دوار . ونتيجة لهذا الإحتكاك تزال طبقة المادة الملوثة الموجودة علي سطح هذه المادة الغذائية ويمكن التخلص منها بهذه الطريقة.

٤- الفصل بالهواء Aspiration:

ويتم إزالة المواد الملوثة للمواد الغذائية بهذه الطريقة بتعريض هذه المادة الغذائية إلي تيار هوائى بسرعة مناسبة تتناسب ونقل المادة الغذائية والمواد الملوثة المراد إزالتها منها فهي إما أن تعتمد علي إزالة المواد الملوثة بنقلها خارج الجهاز أو أنها تنقل المادة الغذائية وتبقى المواد الملوثة في أسفل هذا الجهاز.

٥- التنظيف المغناطيسى Magnetic cleaning :

قد تتلوث المواد الغذائية بمواد معدنية كالحديد وقطع النحاس والمعادن الأخرى ولتنظيف هذه المواد من هذه الملوثات تمرر علي مغناطيس مناسب فيقوم بفصل هذه المواد المعدنية بفعل القوة المغناطيسية من المادة الغذائية ومن ثم إزالتها.

❖ طرق التنظيف المبتلة :

لهذا النوع من طرق التنظيف تطبيقات عديدة في مجال الصناعات الغذائية وتعتبر أكثر فاعلية في التنظيف ولكن من أهم مشاكلها احتمال إعادة تلوث المواد الغذائية ومن أهم الطرق التى تتبع في هذا المجال ما يلي :

١- التنظيف بالتنقيع (Soaking)
٢- التنظيف بالرش (Spraying)
٣- التنظيف بالطفو (Floatation)
٤- التنظيف بالترشيح (Filtration)
٥- التنظيف بالترسيب (Settling)

ولكل نوع من الأنواع السابقة الذكر تطبيقات عديدة في مجال تنظيف أنواع محدودة من المواد الغذائية حيث قد يصلح أحد الأنواع لإجراء التنظيف علي مادة غذائية معينة ولكن لا يصلح في تنظيف مادة غذائية أخرى كما هو الحال عند تنظيف الفاكهة ومنتجات اللبن مثلا. لذا عند اختيار أى من الأنواع المذكورة سابقا يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار مدي صلاحية هذا النوع لإجراء العملية.

١- التنظيف بالنقع Soaking :

وفي هذه العملية توضع المادة الغذائية كالفاكهة مثلا في أحواض تحتوى علي ماء مناسب وتترك فترة من الزمن بهذا الشكل فتزال المواد العالقة علي سطح هذه الفواكه بعد إذابتها بالماء وقد تستعمل هذه الطريقة أيضاً في إجراء عملية تنظيف الأواني المستخدمة لتعبئة المواد الغذائية وتتوقف فعالية هذه الطريقة علي مقدار تلوث هذه الفواكه وعلي مقدار الماء وعلي الوقت الذى خصص لعملية النقع.

٢- التنظيف بالرش Spraying :

وفي هذا النوع تعرض المادة الغذائية عند مرورها بنقطة معينة إلي رذاذ سريع من الماء وبفعل تلامس الماء مع المواد الملوثة وكذلك سرعة الرذاذ تزال المواد العالقة بالمادة الغذائية ويتم تنظيفها وتتوقف فعالية هذه الطريقة علي عوامل منها ضغط الماء المستعمل ، حجم الماء ودرجة حرارة الماء والوقت الذى تتعرض له المادة الغذائية أثناء عملية التنظيف .

المواصفات الفنية والصحية لمصانع الألبان

❖ تصميم معامل الألبان:

أصبحت صناعة الألبان صناعة كبيرة متخصصة تتطلب توفير رأس المال الكبير ويتم تصنيع كميات كبيرة من الالبان ومنتجاتها يوميا كالالبان المبسترة والمعقمة والالبان المتخمرة والمثلجات الى غير ذلك من منتجات الألبان ولإنتاج هذه المنتجات المختلفة من الألبان يتطلب توفير أجهزة خاصة لإنجاز هذه المعاملات. كما أن هذه الاجهزة تنصب ضمن مبانى خاصة فى المعمل الغذائى ويختلف نوع البناية اللازمة باختلاف المعاملة وحجم الاجهزة المستعملة فى المصنع.

ومهما يكن نوع المنتج من منتجات الالبان يجب ان تتوفر فى هذا المصنع الظروف الصحية اللازمة كما تفرضها القوانين الصحية المطبقة فى كل قطر وتوفر هذه الظروف امر ضرورى للسماح لهذا المعمل الغذائى بالاستمرار فى تصنيع هذه الاغذية. لذا فعند التفكير فى انشاء اى مصنع للالبان يجب التفكر فى مدى امكانية توفير النقاط اللازم توفرها وبالشكل الصحيح فى هذا المعمل كى يكون هذا الناتج صحيا ويضمن استمرار العمل الغذائى وفق القانون.

هناك نقاط عديدة يحب ملاحظتها عند تاسيس معامل الالبان ولكن **يجب اخذ النقاط التالية بعين الأعتبار:**

١. اختيار موقع المصنع.
٢. تصميم البنايات التى تضم الأجهزة والمعدات.
٣. تقييم ووضع الاجهزة التى سوف تستعمل.

❖ اختيار موقع معمل الألبان:

يستعمل معمل الالبان كميات كبيرة من المياه لاغراض مختلفة كتكوين البخار أو فى غسيل المعدات لذا يجب اختيار موقع معمل الالبان فى موقع تتوفر فيه المياه الصالحة وبالكميات اللازمة لهذا المعمل. كما ان معمل الالبان يطرح كميات كبيرة من مياه الفضلات المستعملة فى ارجاء معمل الالبان المختلفة. لذا ولاجل التخلص من هذه الفضلات يجب توفير ارض مناسبة لاجراء المعاملة على هذه الفضلات كوسيلة للتخلص منها وفق القانون الذى يحدد ذلك فى ذلك البلد. والا فإن هذا المعمل سيواجه مشكلة كبيرة فى التخلص من هذه الفضلات وبذلك يصبح وجوده مخالف للقانون فيعرض المصنع للتوقف عن العمل.

وبما أن الالبان ومنتجاتها قد تصبح وسيلة لنقل امراض عديدة لذا يجب ان يضمن عدم تلوثها ويعتبر قرب معامل الالبان من اماكن التخلص من المخلفات ومن البرك ومياه المجارى عامل قد يؤدى الى سهولة تلوث الألبان ومنتجاتها. لذا يجب اختيار موقع المعمل الغذائىبعيداً عن مثل هذه الاماكن. كما يجب ملاحظة توفر المواد المستعملة لبناء هذه المعامل وقربها من موقع الإنشاء لكى تقلل من تكاليف الإنشاء .

❖ تصميم المبانى:

يجب ان يتم تصميم معامل الالبان بشكل يضمن عدم تلوث الالبان ومنتجاتها المختلفة أثناء العمليات المختلفة من بدء استلامها فى اماكن الاستلام الى حين تصنيعها واخراجها كمنتج نهائى.

وفى العادة يجب ان تصمم مبانى معامل الالبان بشكل يضمن نقاط هامة وهى:

١. سهولة تنظيف الجدران والارضية ومرافق العمل المختلفة للتخلص من البقابا لان وجودها يكون وسط جيد لتكاثر الكائنات الحية التى قد تؤدى الى تلوث المنتجات. ولضمان ذلك تصمم الجدران بحيث تبنى من المواد السهلة الغسيل والتنظيف وأن تكون الارضية سهلة التنظيف.

٢. ضمان بناء المرافق المختلفة للمعمل بحيث لا يتكون بينها شقوق او انحناءات تتراكم فيها بعض المواد الغذائية وهذه تكون مصدرا رئيسيا للتلوث بالكائنات الحية المختلفة للغذاء.

٣. ضمان بناء الشقوق او الاجزاء التى تكون فوق هذه الاجهزة التى تجرى فيها معاملة الالبان ومنتجاتها بحيث يضمن عدم سقوط اجزاء فيها فيسبب تلوثها.

❖ تصميم الأجهزة:

تتطلب القوانين الصحية فى العديد من البلدان صناعة الاجهزة وبعض المعدات المستعملة فى تصنيع الالبان ومنتجاتها من معادن صحية غير قابلة للصدأ وله صفات المعدن الجيد. كما ان هذه الاجهزة يجب ان تكون مصممه بحيث يسهل فتحها وتنظيفها بعد العمليات المختلفة .

هذا وهناك نقاط أخرى يجب ملاحظتها لتوفير ظروف صحية جيدة من هذه:

١- التقليل من تداول المواد الغذائية بشكل مفتوح معرض لجو المصنع الغذائيه

٢- عدم تمرير الأنابيب التي تحمل الأجزاء المختلفة من المادة الغذائية أو المواد الأخري فوق أحواض المعاملات التي تجري فيها معاملة المادة الغذائية لأن وجود مثل هذه الأنابيب يساعد علي تراكم الأبخرة والرطوبة مما يساعد علي تجميع الأوساخ والغبار وسقوطها في المادة الغذائية وهذا يسبب تلوثها.

٣- عدم انشاء ممرات فوق أجزاء الإنتاج لأن ذلك قد يسبب تساقط مواد غريبة في اماكن الإنتاج فيؤدي ذلك لتلوث المنتج.

٤- طلاء الأجهزة بصورة مستمرة وازالة الطبقات المتأكسدة أو القشور لمنع تساقطها في الأغذية.

٥- توفير أماكن لخلع الملابس ومغاسل للعمال والعاملين في محلات الإنتاج مع توفير مواد (الغسيل والتنظيف والتطهير) الجيدة لكي يقوم العمال والعاملين بغسل أيديهم لضمان عدم تلوث المادة الغذائية.

العوامل التي تؤثر على نجاح المصنع الغذائى:

وحيث أن المصنع الغذائي يعتمد علي عوامل أخري تؤدي إلي نجاحه كمصنع غذائي يجب أن تؤخذ النقاط التالية في الحسبان عند تحديد موقع المصنع لأن توفير الظروف الصحية فقط لاتؤدي إلي نجاح هذا المصنع بشكل اقتصادي:

- نوع المصنع الغذائي.
- توفر المواد الأولية.
- توفر الأيدي العاملة.
- ظروف التسويق.
- ظروف الجو والمناخ.

١-نوع المصنع الغذائى:

بطبيعة الحال يحدد نوع المصنع الغذائي طريقة تصميميه حيث أن بعض الإحتياجات يلزم توفرها لإنتاج نوع معين من الصناعات كتصميم معمل غذائي يقوم بإنتاج حليب مجفف أو أي منتج آخر.

٢-توفر المواد الأولية:

قبل أن يتم اختيار موقع المعمل الغذائي تحدد المواد الأولية للصناعة الرئيسية لهذا المصنع الغذائي ويحدد مقدار ما يتوفر من هذه المادة ونوعيتها إلي غير ذلك من الصفات الواجب معرفتها لإنتاج منتج جيد. فمن العبث اختيار موقع لمصنع يقوم بإنتاج حليب معقم في منطقة لا ينتج لبن بها لأن ذلك يعني اعتماد المصنع علي لبن ينقل له من مسافات بعيدة فيزيد في تكلفة الإنتاج.

لذلك يجب عند اختيار موقع المعمل الغذائي بحيث يضمن توفير المادة الأولية له بالكميات المطلوبة وبالنوعية اللازمة للحصول علي إنتاج جيد.

٣-توفر الأيدى العاملة:

تحتاج أعمال التصنيع المختلفة إلي توفير أعداد مناسبة من العمالة للعمليات المختلفة وكذلك أعداد مناسبة من الإداريين والفنيين اللازم وجودهم لتسيير أعمال المصنع علي مدار العام.

٤-ظروف التسويق:

من المناسب لأي مصنع غذائي أن يتم تسويق جزء كبير مما ينتجه في أسواق قريبة من المصنع لأن ذلك يقلل من التكاليف اللازمة لنقل هذا المنتج إلي أسواق بعيدة.

❖ التصميم حسب المراحل المختلفة للمادة الغذائية:

في العادة يتم تصميم المصنع الغذائي من الداخل وفق المراحل المختلفة التي تجري علي المادة الغذائية داخل هذا المصنع من بداية استلام الخامات و حتي يتم تخزينها وعرضها بالأسواق المختلفة.

⊂ وبصورة عامة يمكن تقسيم مراحل المادة الغذائية داخل المصنع إلى مايأتى:

- مرحلة الإستلام.
- مراحل التصنيع.
- مرحلة التخزين.

١- مرحلة الإستلام:

ويتم فيها استلام المواد الأولية التي تصل إلي المصنع وفي العادة تنقل هذه المواد بواسطة الشاحنات أووسائل النقل الأخري لذا يجب أن يكون مكان الإستلام مجهز بمنطقة استلام مرتفعة ذات ارتفاع يكون موازى لارتفاع هذه الشاحنات وفي العادة يكون علي ارتفاع ٢ متر تقريبا.

وفى مصانع الاغذية الصغيرة تشمل هذه المساحة على وضع الاجزاء التى يتم فيها استلام المادة الغذائية ففى معامل الالبان مثلاً توفر اجهزة خاصة تقوم بغسل الادوات وتعقيمها بينما توفر ادوات تداول متابعة فى هذه المنطقة تأخذ على عاتقها نقل المادة الغذائية الى المرحلة التالية من التصنيع.

٢- مرحلة التصنيع:

بعد اجراء المعاملات الاولية للمادة الغذائية تنقل هذه المادة الى مرحلة التصنيع التى يتم فيها اجراء عملية التصنيع الرئيسية لهذا المصنع. وفى هذا الجزء من المصنع يجب ان توضع الاجهزة حسب نظام التصنيع وترتيب معاملة المادة الغذائية. فمثلا توضع المعاملة الحرارية قبل اجراء عملية المعاملة النهائية وهكذا يستمر وضع الاجهزة حسب انتقال المادة الغذائية من نقطة الى اخرى خلال عمليات التصنيع المختلفة.

٣- مرحلة التخزين:

يتم تسويق منتجات المصانع الغذائية فى العادة بعد الانتاج لمدة من الوقت ولاجل المحافظة على نوعية هذه المنتجات يجب توفير محلات خزن مناسبة تلائم مقدار الانتاج الكلى الذى يقوم بتصنيعه المعمل الغذائى .

الإشتراطات العامة الواجب مراعاتها عند إنشاء مصانع الألبان

الموقع والمساحة:

يجب توافر الاشتراطات التالية فى المصنع:

١. يكون فى منطقة غير معرضة بشكل مباشر أو غير مباشر لأى مصدر للتلوث.
٢. يكون بعيدا عن أى منشأة صناعية أخرى غير غذائية ذات تأثير سلبى على البيئة.
٣. ألا يكون له تأثير سلبى على البيئة المجاورة أو المحيطة.
٤. ألا يتسبب فى إحداث أضرار أو إزعاج للمجاورين.
٥. لا يتعارض مع الاشتراطات البلدية واستخدامات الأراضى.
٦. أن تتوفر به مصادر المياه والطاقة.
٧. توفر وسيلة مأمونة للصرف الصحى.
٨. تتناسب المساحة مع حجم العمل وكمية الإنتاج.
٩. يمنع منعا باتا اتصال المصنع بمصنع اخر ما لم ينص على ذلك صراحة فى تراخيص اى منهما.
١٠. يمنع منعا باتا التغيير فى مساحة المصنع بالزيادة أو النقص مع عدم تغيير غرض الاستعمال إلا بعد أخذ موافقة الجهة المختصة.

المبانى:

يجب توافر الاشتراطات الآتية:

١. يسمح التصميم الداخلى بانسياب وتسلسل الخطوات الإنتاجية بدء من مرحلة استلام المواد الاولية حتى مرحلة الإنتاج النهائى، بحيث يكون الانسياب فى اتجاه واحد لضمان سلامة المنتج.
٢. تكون من الطوب أو الأسمنت المسلح أو ما ماثلها من حيث الجودة أو المظهر وفقا للأصول الفنية المتعارف عليها وطبقا للنظام المعمول به.،
٣. يمنع منعا باتا استخدام الأسبستوس أو أى مادة تدخل فى تركيبها أو اى مادة ضارة.
٤. يسمح التصميم بإجراء عمليات النظافة والتطهير بسهولة ويسر ويسهل عمليات الإشراف اللازمة لضمان جودة المنتج.

٥. تكون المواد المستخدمة فى التشطيبات (الدهانات والسيراميك....الخ) سهلة التنظيف والتطهير ولا تنقل اى مواد غريبة للغذاء.
٦. لا تسمح بدخول وإيواء الحشرات والقوارض والحيوانات الضارة والأليفة وملوثات البيئة مثل الدخان والأتربة والغبار وخلافه.
٧. تركيب المعدات الثابتة على مسافات مناسبة من الجدران بحيث تسمح بالتنظيف المستمر حولها.
٨. وجود فصل واضح بين العمليات الإنتاجية التى يمكن أن تؤدى إلى التلوث الخلطى والمتبادل وذلك باستعمال الحواجز أو تغيير المواقع أو بأى وسيلة فعالة أخرى.
٩. تكون درجة الحرارة داخلها ملائمة حسب متطلبات التصنيع الجيد.
١٠. تكون استراحة العمال ودورات المياه معزولة تماما عن مناطق تداول الأغذية ولا تفتح عليها بشكل مباشر.
١١. يسمح تصميم المنشأة بالسيطرة على عمليات الدخول والخروج.

الطرق وممرات السير الداخلية:

١. تكون ذات اسطح قوية ومناسبة لسير وسائل النقل.
٢. تتوفر بها وسائل الصرف المختلفة والملائمة لتأمين عملية التنظيف.

مواقع تداول المواد الأولية والمنتجات النهائية:

يجب توافر الاشتراطات الآتية:

الأرضيات:

تكون من مواد غير منفذة للماء وغير ماصة له، وسهلة التنظيف والغسل، ومن مواد لا تتأثر بالمنظفات الصناعية وتكون ذات سطح مستوى خالى من التشقق والحفر، وتصمم بميل خفيف تجاه فتحات الصرف وتفضل ان تكون من البلاط والسيراميك الخشن عالى المقاومة للتاكل أو من الخرسانة المسلحة المغطاة بإحدى المواد العازلة عالية المقاومة.

- **الجدران:**

أ- تكون ملساء وخالية من الشقوق والمواد السامة ومقاومة للماء وغير ماصة له وقابلة للغسل والتطهير وذات ألوان فاتحة بقدر الإمكان ويفضل أن تكسى بالبلاط القيشانى أو السيراميك الأبيض اللون والجيد اللصق.

ب- تكون بارتفاع مناسب لعمليات الإنتاج ويتناسب مع تصميم المعدات.

ت- تحتوى على العدد المناسب من الفتحات والذى يمثل٦/١ مساحة الأرضية لتأمين التهوية والإضاءة الطبيعيتين.

ث- تكون الزوايا بين الجدران وكل من الأرضيات والأسقف غير حادة ويفضل ان يكون بها استدارة أو ميل بزاوية ٤٥° ليسهل تنظيفها وتطهيرها ولمنع تراكم الملوثات والأتربة.

- **الأسقف:**

تدهن بطلاء زيتى مناسب فاتح اللون أملس سهل التنظيف يحول دون تراكم الملوثات والقاذورات.

- **النوافذ:**

أ- تكون مصممة بحيث تحول دون تراكم الاتربة والملوثات ويفضل أن تكون قابلة للفتح لتأمين التهوية الطبيعية.

ب- تصنع من الالمنيوم والزجاج أو من أى معدن اخر غير قابل للصدأ وتكون سهلة التنظيف.

ت- يركب عليها سلك شبكى ضيق مصنع من مادة غير قابلة للصدأ ويكون قوى التحمل لمنع دخول الحشرات والقوارض.

ث- يمكن فك وتركيب النوافذ غير القابلة للفتح بسهولة للتنظيف والصيانة.

ج- تكون عتبات النوافذ من الداخل مائلة لمنع استخدامها كأرفف.

ح- يكون ارتفاعها عن سطح الأرض ملائما بحيث لا تكون قريبة أو بعيدة ويفضل أن تكون فى الثلث الأخير من ارتفاع الجدران.

- **الأبواب:**

أ- تكون محكمة وذاتية الإغلاق وبشكل وحجم مناسبين وذات أسطح ملساء ليسهل تنظيفها.

ب- تصنع من الألومنيوم والزجاج أو من أى مادة أخرى غير قابلة للصدأ بحيث تكون غير منفذة للماء.

ت- لا تفتح بطريقة مباشرة الى خارج المبنى أو الى اماكن خارجية تشكل مصدرا من مصادر التلوث مثل اماكن المواد الخام الاولية ودورات المياه وتكون محكمة الاغلاق وبحالة جيدة وصالحة دائما للاستخدام.

ث- يزود المبنى بأبواب للطوارئ تفتح مباشرة وتكون محكمة الغلق حيث يتم استخدامها فى حالة الضرورة.

ج- تزود مداخل الابواب بمغاطس ارضية بها محلول مطهر لتطهير الاحذية عند الدخول.

ح- تزود الابواب بستائر معدنيه لمنع دخول الحشرات الطائرة.

- **السلالم والمصاعد والهياكل المساعدة:**

أ- **السلالم:** تكون من الرخام أو الجرانيت أو المزايكو القوى الأملس ليسهل تنظيفها.

ب- **المصاعد:** تكون من الصلب الغير قابل للصدأ أو من الحديد المطلى بدهان مانع للصدأ ويحافظ على نظافتها وتطهيرها باستمرار.

ت- ألا يؤدى موقع مجارى تصريف النفايات وتصميمها الى تلويث الأغذية وان تزود بفتحات للتنظيف.

المرافق والخدمات :

- **مصدر الماء:**

يجب أن يكون آمناً وتتوفر فيه الأشتراطات الأتية:

١. يوفر المياه بكميات كافية تحت ضغط ودرجة حرارة مناسبين ويكون من مورد بعيد عن اى مصدر من مصادر التلوث وعن الصرف الصحى وصالح للاستهلاك الادمى بناء على تحاليل مخبرية معتمدة.

٢. توفير الوسائل المناسبة لتخزين وتوزيع المياه مثل الخزانات الارضية أو العلوية والتى يجب أن تكون بعيدة تماما عن مصادر التلوث وان تكون الخزانات العلوية اسطوانية الشكل ومصنعة من الفيبرجلاس أو من مواد غير قابلة للصدأ.

- **الصرف الصحى**

يجب توافر الاشتراطات التالية عند التخلص من المياه العادمة أو الصرف الصحى:

١. توافر شبكة داخلية للصرف للتخلص من المياه العادمة.

٢. تزويد خطوط الصرف بخزانات ترسيب للتخلص من الفضلات الصلبة قبل تصريف المياه على الشبكة العمومية للصرف الصحى.
٣. تكون خطوط الصرف بحجم يسمح بالتخلص من الاحمال القصوى للمنشأة.
٤. لا يسمح بتصميم وتركيب هذه الخطوط بتلويث مصدر مياه الشرب وشبكات التوزيع ويفضل أن يكون اتجاه الصرف عكس اتجاه خط الإنتاج.
٥. فصل مواسير صرف المياه العادمة عن خطوط تصريف دورات المياه والحمامات ومغاسل الايدى.

⊂ التوصيلات الكهربائية:

يجب توافر الاشتراطات التالية:

١. تكون نوعية الأسلاك والمواسير الكهربائية مطابقة للمواصفات القياسية المقررة.
٢. تتناسب قطاعات الأسلاك مع الأحمال الكهربائية.
٣. تشغل الأسلاك حيزاً لا يزيد عن نصف مساحة مقطع المواسير.
٤. فصل دوائر الإنارة الكهربائية العادية عن مآخذ القوى اللازمة لتشغيل المعدات على ان تكون دوائر القوى مستقلة.
٥. تنفذ جميع التوصيلات الكهربائية طبقا للمواصفات الفنية القياسية المقررة توفيراً للحماية الكافية للعاملين.
٦. تكون وحدات الإضاءة المستخدمة ضد تسرب الأتربة والأبخرة وضد الأنفجار.
٧. تكون لوحة التوزيع الكهربائية مطابقة للمواصفات القياسية المقررة من حيث خامة التصنيع ونوعيات المفاتيح الأوتوماتيكية وكافة المكونات الأخرى.
٨. تزود الشبكة الكهربائية بنظام لتجنب مخاطر الصعق الكهربائى.
٩. يفضل توفير مولد كهربائى ذى قدرة تتناسب مع أحمال التشغيل لإستخدامه فى إنقطاع التيار الكهربائى.

⊂ الإضاءة:

يجب توفير كل من الإضاءة الطبيعية والصناعية فى جميع أنحاء المنشأة على أن لا تغير الإضاءة الصناعية فى إستعمالها من طبيعة الألوان.

- **التهوية:**

يجب توفير التهوية الطبيعية والصناعية لمنع ارتفاع درجة الحرارة وتكاثف الأبخرة وتراكم الغبار والأتربة ولإزالة الهواء الملوث وليس العكس مع تزويد فتحات التهوية بشبكة من السلك أو أية أغطية واقية أخرى على أن تكون مصنوعة من مواد غير قابلة للصدأ سهلة الفك والتركيب لسهولة التنظيف.

- **دورات المياه ومغاسل الأيدى وأماكن الاستحمام وأماكن تغيير الملابس:**

يلزم توفير عدد مناسب من دورات المياه ومغاسل الأيدى والحمامات يتناسب مع عدد العاملين وفى مواقع ملائمة تكون بعيدة تماما عن صالات الإنتاج ولا تفتح عليها مباشرة وتكون مزودة بعدد كاف من الخزائن المغلقة.

ويجب توافر الأشتراطات التالية:

١. فصل المراحيض عن مغاسل الأيدى وأماكن الاستحمام بأبواب ذاتية الإغلاق محكمة من الالومنيوم أو من أى معدن اخر غير قابل للصدأ.
٢. توفر التهوية المناسبة والإضاءة الجيدة فى هذه الأماكن.
٣. يزود كل مرحاض بمروحة شفط وصندوق طرد (سيفون) وشطاف.
٤. تزود مغاسل الأيدى بالماء الساخن والصابون السائل أو أى مادة مطهرة مناسبة وبالمناشف الورقية وجهاز التجفيف بالهواء الساخن ووعاء النفايات.
٥. أن تكون صنابير مياه المغاسل من النوع الذى يعمل ذاتيا أو بالقدم لتجنب تلوث الأيدى.

- **مغاسل الأيدى بصالات الإنتاج:**

يجب أن تزود صالات الإنتاج بالعدد الكافى والمناسب من مغاسل الأيدى فى الأماكن المناسبة حسب حاجة وظروف التصنيع وذلك لتطهير الأيدى على أن تجهز المغاسل بالماء الساخن والبارد ومواد التنظيف والتطهير وجهاز تجفيف بالهواء الساخن واستخدام المناشف الورقية فقط للتخلص من المناشف بعد استعمالها. على أن توصل خطوط التصريف للمغاسل بخطوط المياه العادمة للمنشأة.

- **أوعية تجميع النفايات والمواد غير الصالحة للاستخدام:**

١. توفير العدد المناسب من أوعية النفايات للمواد الغير صالحة للإستخدام على أن تكون هذه الأوعية محكمة القفل وذاتية الإغلاق بحيث تمنع وصول الحشرات والقوارض بداخلها تجنبا لتلوث المواد الغذائية أو مياه الشرب أو المبانى.

٢. تصنع أوعية النفايات من مواد غير منفذة للسوائل ومانعة للتسرب أو تكون من النوع الذى يستعمل لمرة واحدة.

- **قسم المنتجات النهائية:**

يقع فى نهاية المصنع ويكون مخصصا لتخزين المنتجات النهائية المعدة للتوزيع على أن يجهز بأرفف للتخزين ويكون جيد الإضاءة والتهوية. مع ضرورة وجود روافع كهربائية لنقل المواد المنتجة إلى سيارات الشحن مع عدم السماح بدخول السيارات الى داخل المستودعات فى جميع الأحوال . كما يراعى عدم تعرض المنتجات للعوامل الجوية مثل أشعة الشمس أو الامطار أو الملوثات البيئية المختلفة مثل الدخان والأتربة والحشرات والقوارض.

- **المعامل:**

يزود المصنع بمعامل للجودة لتحليل المواد الاولية لتحديد مدى مطابقتها للمواصفات القياسية المعمول بها وكذلك لتتبع جميع مراحل التصنيع وتحليل المنتج النهائى على ان يزود المختبر بالأجهزة والادوات اللازمة لاخذ العينات والتحليل والإختبارات ويعمل به اشخاص مختصين ومدربين ذو خبره فى مجال التحاليل المعملية.

- **التجهيزات:**

الآلآت والمعدات والادوات:

يجب أن تكون الالات والمعدات المستخدمة والتى تلامس المادة الغذائية مباشرة مصنوعة من مواد غير قابلة للصدأ ولا تتفاعل مع المنتج ولاتسبب تغييراً فى الطعم أو الرائحة ومقاومة للتاكل وتتحمل عمليات التنظيف والتطهير المستمر وسهلة التنظيف ويفضل أن تكون مصنوعة من الصلب الغير قابل للصدأ على ان تكون اسطحها ملساء خالية من الخدوش والشقوق.

وتراعى الأشتراطات التالية فى الالات والمعدات المستخدمة:

١. يكون تصميمها بشكل يمنع المخاطر الصحية ويسمح بسهولة تنظيفها وتطهيرها جيداً

٢. يكون تركيب الالات الثابتة بشكل يسمح الوصول إليها بسهولة وتنظيفها جيدا .

٣. تكون سهلة الفك والتركيب لسهولة تنظيفها وتطهيرها.

٤. تكون سيارات نقل الكراتين من النوع الذى يعمل بالكهرباء أو البطاريات ويمنع استخدام الديزل لعدم تلوث مكان المنتج بالعادم.

التجهيزات العلوية فى حالة وجودها:

١. تكون جمبعها مثل الأوناش المعلقة داخل صالات الإنتاج وأماكن تداول الأغذية مركبة بطريقة تحول دون تراكم الملوثات المختلفة وتقلل من نمو الفطريات وتكون سهلة التنظيف.
٢. لا تعوق عمليات الإنتاج.

- **التشغيل والصيانة:**

يجب صيانة المبانى والالات والمعدات وكل ما يستخدم فى المنشأة بما فى ذلك شبكة الصرف الصحى لتكون فى حالة جيدة باستمرار.

الإشتراطات الصحية الخاصة بمصانع الألبان ومنتجاتها

عام:

يجب توافر مجموعة من الضوابط الخاصة بمراحل التصنيع المختلفة بدءا من اللبن الخام الطازج الوارد للمصنع وإنتهاءا بالمنتجات المختلفة بغرض توفير منتج عالي الجودة وصحي آمن للإستخدام.

اللبن الخام الطازج:

يجب أن تتوفر الاشتراطات التالية:

١- يكون مطابقا للمواصفة القياسية المقررة.

٢- يكون ناتج من مزرعة مرخصة.

٣- يكون ناتج من حيوانات غير مريضة وغير خاضعة للعلاج بأي من العقاقير البيطرية.

٤- يكون محتفظاً بجميع خصائصه الطبيعية والكيميائية.

٥- يكون خالياً من الطعم والرائحة الغير مرغوبين.

٦- يكون خالياً من الشوائب العالقة.

٧- يمنع منعا باتا إضافة أي مادة حافظة للبن.

٨- تكون خزانات (صهاريج) الحفظ من الصلب الغير قابل للصدأ وخالية من الزوايا الحادة ومزودة بوسيلة مناسبة للتبريد الميكانيكي.

٩- أن يكتب علي العبوة أنه مصنع من لبن طازج.

نقل اللبن الخام:

يجب أن يتوفر في وسيلة النقل ما يلى:

١- تزود بصهريج مصنوع من الصلب الغير قابل للصدأ الخالي من الزوايا الحادة والمحكم القفل.

٢- يزود الصهريج بوسيلة للتبريد الميكانيكي (الصناعي) يعمل طول فترة النقل.

٣- تكون وسيلة النقل مرخصة وأن يحمل جميع العاملين عليها شهادات سارية المفعول.

إستلام اللبن الخام الطازج:

يجب أن يراعى ما يلى:

١. يزود المصنع بمضخة مصنوعة من الصلب الغير قابل للصدأ لضخ اللبن الخام من وسيلة النقل إلي داخل المصنع مثل الطلمبات.
٢. يزود المصنع بعدد من الصهاريج لاستقبال اللبن الخام الطازج.
٣. تكون جميع المواسير بين المضخة والصهاريج من الصلب الغير قابل للصدأ علي أن يتم توصيل جميع الصهاريج ببعضها عن طريق شبكة من المواسير المصنوعة من الصلب الغير قابل للصدأ.
٤. تكون جميع التوصيلات مستقيمة قدر الإمكان وتكون زوايا اتصال المواسير (الأكواع) بشكل يسهل معه فكها وتنظيفها وتكون غير حادة.
٥. يصفي اللبن الخام الوارد إلي المصنع أثناء سحبه من وسيلة النقل وقبل تخزينه في صهاريج اللبن داخل المصنع بإمراره علي مجموعة من المصافي خلال نظام مغلق تماما للتخلص من أي شوائب أو مواد عالقة به.

إستخدام اللبن المجفف المسترجع:

فى حالة استخدام اللبن المجفف فى التصنيع يجب أن تتوافر الاشتراطات التالية:

١. يكون مطابقا للمواصفة القياسية المقررة.
٢. يكون سريع الذوبان.
٣. يكون محتفظاً بجميع خصائصه الطبيعية والكيميائية وصالحاً للإستهلاك الآدمي وغير متكتل (متكثف).
٤. تكون صلاحيته سارية المفعول.
٥. توفر صهاريج خاصة لاسترجاع اللبن المجفف مزودة بمقلبات وتكون بعيدة تماما عن صهاريج اللبن الخام الطازج.
٦. تتم عملية الاسترجاع بطريقة آلية تماما دون تدخل العامل البشري.
٧. يكون الماء المستخدم في عملية استرجاع اللبنالمجفف صالحاً للشرب ومطابقاً تماماً للمواصفات القياسية المقررة.
٨. في حالة استخدام اللبن المجفف المنزوع الدسم في عملية الإسترجاع وإضافة الزبد الطبيعي لرفع وزيادة نسبة الدسم في اللبن المسترجع النهائي لابد من توافر الاشتراطات التالية:

٩. توفر صهريج خاص لعملية خلط الزبد بحيث يسحب اللبن المسترجع بواسطة طلمبة خاصة إلي خزان الخلط ويضاف إليه الزبد المنصهر مع التقليب.

١٠. يزود القسم بجهاز للتجنيس لضمان الامتزاج الجيد للزبد باللبن المسترجع وعدم انفصاله بالتخزين.

١١. أن يكتب علي العبوة أنه مصنع من لبن مسترجع .

اللبن المبستر:

يجب توافر الاشتراطات التالية في عملية البسترة:

١. يزود المصنع بأحد أجهزة البسترة ذات الكفاءة العالية.

٢. يزود خط مواسير سحب اللبن الخام من خزانات اللبن إلي جهاز البسترة بمصافي لتصفيته وتنقيته من الشوائب.

٣. يتم توصيل جهاز البسترة بخطوط من المواسير لنقل اللبن المبستر إلي خزانات اللبن الخاصة به.

٤. تزود خطوط مواسير نقل اللبن المبستر بصمامات خاصة لسحب عينات للتحليل الدوري للتأكد من كفاءة عملية البسترة.

٥. يزود المصنع بالعدد الكافي من خزانات اللبن المبستر.

٦. تزود خطوط المواسير بعدد من الطلمبات لدفع وسحب اللبن من وإلي الخزانات.،

٧. ضرورة سحب عينات دورية من خطوط الإنتاج والمنتج النهائي المعبأ للفحص والتحليل للتأكد من صلاحيتها ومطابقتها للمواصفات القياسية المقررة.

٨. تكون جميع العبوات المستخدمة لتعبئة اللبن المبستر محكمة القفل تمنع حدوث أي تلوث خارجي للبن.

٩. تكون العبوات مطابقة للمواصفات القياسية المقررة ومصنوعة من مواد غير ضارة بالصحة ولا تؤثر في الخواص الطبيعية للبن المعبأ وتكون معقمة.

اللبن المعقم:

يجب توافر الاشتراطات التالية به:

١. يكون اللبن المعقم مطابقا للمواصفة القياسية المقررة الخاصة باللبن المعقم وتعديلاتها.
٢. توفر جهاز للتعقيم (بالطريقة الخاطفة).
٣. توفر كافة الاشتراطات والتركيبات والمعدات والتوصيلات السابق الإشارة إليها في اللبن المبستر.
٤. سحب عينات دورية من خطوط الإنتاج والمنتج النهائي للفحص والتحليل للتأكد من صلاحيتها للإستهلاك الآدمي ومدي مطابقتها للمواصفات القياسية المقررة.

تعبئة اللبن المبستر والمعقم:

يجب أن تتوفر الاشتراطات التالية:

١. يتوفر نظام مغلق لتعبئة اللبن المبستر والمعقم لمنع تعرضه للتلوث الخارجي.
٢. تستخدم آلات التعبئة الآلية في العبوات المناسبة لكل منهما.
٣. يفضل استخدام عبوات التتراباك في تعبئة اللبن المعقم حيث تقوم آلة التعبئة بتشكيل العبوة وتعقيمها وتعبئتها باللبن المعقم.
٤. تكون العبوات جديدة نظيفة ومعقمة وتحافظ علي خصائص اللبن ولا تغير من صفاته وخصائصه الطبيعية أو الكيميائية وتمنع تلوثه وتكون غير منفذة.
٥. تدون جميع البيانات الخاصة بالمنتج بطريقة واضحة وباللغة العربية وبحبر ثابت غير قابل للإزالة أو المحو علي أن يكون تاريخ الإنتاج ونهاية الصلاحية باليوم والشهر والسنة.
٦. يتم تخزين عبوات اللبن المعقم قبل تسويقها لمدة أسبوع علي الأقل للفحص والإختبار والتأكد من سلامة العبوة وكفاءة المعاملة الحرارية علي أن يتم فرز العبوات لاستبعاد التالف والغير صالح للتسوق.

اللبن المركز والمكثف:

يجب أن يراعى مايلى:

١. توفر جميع الاشتراطات السابق ذكرها في صناعة اللبن المبستر والمعقم مع وجود أجهزة التكثيف المناسبة.

٢. في حالة صناعة اللبن المكثف المحلي يتم استعمال سكر نقي مطابق للمواصفات القياسية المقررة للسكر.

٣. يعبأ اللبن المركز والمكثف في علب من الصفيح محكمة القفل بطريقة آلية أو في أي عبوات أخري صحية تضمن عدم حدوث أي تلوث داخلي أو خارجي علي أن يدون عليها كافة البيانات.

اللبن الرايب:

تراعى الاشتراطات التالية:

١. يصنع من اللبن الطازج أو المسترجع، علي أن ينص علي نوع اللبن المستخدم في بطاقة البيان.

٢. يزود المصنع بالعدد الكافي من صهاريج الخلط.

٣. تزود صهاريج الخلط بغطاء محكم و بوسيلة تسخين ومصنوعة من الصلب الذي لايصدأ، ويمكن أن تتم عملية التسخين بطريقة منفصلة قبل الخلط.

٤. يحضر البادئ من مزرعة نقية من البكتريا ذات الفاعلية الخاصة لإنتاج الطعم المميز، وتتم عملية إضافة البادئ بطريقة آلية.

٥. يمر اللبن خلال مواسير من الصلب الذي لايصدأ إلي جهاز التعبئة المناسب.

٦. تتم عمليات التخمر في غرفة خاصة للتخمر أو حضانات، وتكون مزودة بمنظم حراري للمحافظة علي درجة حرارة التخمر.

٧. تكون العبوات مناسبة ومطابقة للمواصفات القياسية المقررة ومصنوعة من مواد صحية غير سامة أو ضارة غير منفذة للماء نظيفة معقمة ولا تؤدي إلي تغيير خواص المنتج، وتقفل العبوات بإحكام بطريقة تمنع حدوث أي تلوث.

اللبنة:

عند إنتاج اللبنة يجب مراعاة ما يلى:

١. يزود المصنع بالأجهزة والأدوات المناسبة والتي يجب أن تتم فيها جميع مراحل التصنيع بطريقة آلية.

٢. يزود خط الإنتاج بصمامات خاصة لأخذ عينات التحليل قبل وبعد التصنيع .

٣. تكون العبوات مناسبة ومطابقة للمواصفة القياسية المقررة ومصنوعة من مواد غير ضارة ونظيفة ومعقمة ولا تؤدي إلي تغيير خواص المنتج .

٤. تحفظ عبوات المنتج داخل غرف تبريد مناسبة لحين توزيعها .

الجبن:

يجب مراعاة الأشتراطات التالية:

١. يصنع من اللبن المبستر.
٢. يزود المصنع بالأجهزة والأدوات المناسبة اللازمة لصناعة أنواع الجبن المختلفة تبعا لنوع المنتج والتي يجب أن تتم فيها جميع مراحل التصنيع بطريقة آلية.
٣. تكون أحواض تصنيع الجبن مصنوعة من الصلب الذي لا يصدأ ومزدوجة الجدران لإجراء عمليات التسخين ومزودة بمقلبات.
٤. تكون جميع المواد المستعملة والمضافة خلال مراحل التصنيع المختلفة نظيفة وصحية ومسموح باستعمالها ومطابقة للمواصفات القياسية المقررة.
٥. يتم إنضاج الجبن الجاف لمدة لا تقل عن ستين يوما والجبن نصف الجاف لمدة لا تقل عن ثلاثين يوما. ويمنع منعا باتا بيع الجبن الطري المصنوع من لبن خام أو عرضه للبيع أو التداول قبل مضي ستون يوما علي الأقل من تاريخ التصنيع.
٦. تكون أغلفة الجبن أو عبواتها من مواد لا تؤدي إلي تغير في صفاتها أو التأثير علي صحة المستهلك في ظل الظروف الملائمة للتخزين والتداول وأن تكون محكمة القفل.

القشدة والزبد:

يجب توافر ما يلى:

١. يصنع من اللبن المعامل حراريا.
٢. يزود المصنع بالأجهزة والأدوات المناسبة لصناعة أنواع القشدة المختلفة تبعا لنوع المنتج وكذلك الأجهزة والأدوات اللازمة لصناعة الزبدة علي أن تتم جميع مراحل التصنيع بطريقة آلية.
٣. في حالة صناعة القشدة المخمرة يجب أن يكون البادئ المستخدم من مزرعة نقية ونظيفا وخاليا من الميكروبات الممرضة.
٤. تكون المياه المستخدمة في صناعة الزبدة من مصادر نقية وصالحة للشرب ومطابقة للمواصفات القياسية المقررة.
٥. يعبأ المنتج بطريقة آلية في عبوات محكمة القفل ومستوفاه للشروط الصحية التي تحميها من التلوث الخارجي والفساد والتلف الداخلي.

٦. يتم تخزين عبوات المنتج تحت ظروف صحية بعيدة عن مصادر الحرارة والتلوث وعند درجة حرارة مناسبة.

المثلجات القشدية (الأيس كريم):

يراعي الآتى:

١. يصنع من اللبن المعامل حراريا.
٢. يمر اللبن من خزانات اللبن المبستر إلي الخلاطات الكهربائية خلال مواسير من الصلب الذي لايصدأ كما يجب أن تكون الخلاطات مصنوعة من الصلب الذي لايصدأ
٣. تنقل الخلطات إلي أجهزة صناعة الآيس كريم بطريقة آلية.
٤. تتم عملية التعبئة والتغليف آليا.
٥. تكون العبوات صحية ومحكمة القفل مصنوعة من البلاستيك أو الورق غير المنفذ للرطوبة والمغطي بطبقة شمعية.
٦. تكون العبوات نظيفة وخالية من المواد الغريبة والمواد الكيميائية المساعدة علي التفاعل وأنواع البكتريا الضارة.
٧. يتم تعقيم العبوات وأغطيتها قبل الاستعمال وتؤخذ كل الإحتياطات لمنع التلوث أثناء التعبئة.
٨. يتم تداول أغطية العبوات بطريقة تمنع تلوث محتويات العبوة.

نقل المنتجات:

يتم نقل اللبن ومنتجات الألبان من المصنع إلي مراكز التسويق والبيع بوسائل نقل مجهزة خصيصا لهذا الغرض ويجب أن يراعي ما يلي:

١. استخدام وسيلة نقل مبردة تتراوح درجة حرارتها بين (صفر و٤ ºم) لهذه المنتجات.
٢. يتم نقل الآيس كريم بطريقة تحمي العبوات من التعرض للشمس والغبار والتلوث. وأن تكون تحت ظروف تجميد وعند درجة حرارة منخفضة تمنعه من الفساد. كما يجب توافر إمكانيات مناسبة من التبريد لتخزين المثلجات بالتجميد (- ١٨ ºم).
٣. ضرورة توافر كافة الاشتراطات الصحية في وسيلة النقل طبقا للائحة مستودعات المواد الغذائية.

النظافة العامة:

يجب توافر الاشتراطات التالية:

١. توفير الوسائل والأجهزة والمعدات اللازمة لتنظيف وتطهير الأدوات والأواني والمعدات.
٢. وضع الملصقات الإرشادية الخاصة بإتباع قواعد النظافة العامة في مختلف أجزاء المصنع بحيث تكون ظاهرة لجميع العاملين وبلغاتهم وعليهم التقيد بها.
٣. يزود المصنع بنظام للغسل الآلي. للمعدات والخزانات وماكينات التعبئة والتغليف حيث توصل جميع الخزانات والوصلات والمحابس والمضخات (الطلمبات) بهذا النظام. ويتم فيه دفع الماء البارد ثم الماء الساخن المخلوط بالمنظفات الصناعية ثم إعادة الغسل بالماء العادي للتخلص من آثار مواد التنظيف ثم التجفيف بدفع الهواء الساخن.
٤. مكافحة الآفات داخل المصنع وفي الأماكن المحيطة به.
٥. استخدام الطرق الطبيعية مثل الصواعق الكهربائية لمكافحة الحشرات والأجهزة الفوق صوتية لمكافحة القوارض.
٦. استخدام المبيدات الحشرية في حالة عدم فاعلية الطرق الطبيعية السابقة في المكافحة مع ضرورة أخذ الاحتياطات اللازمة لحماية الأغذية والآلات والأدوات من التلوث.
٧. التنظيف الجيد بعد استعمال المبيدات الحشرية للتخلص من آثارها علي أن يتم التنظيف بالماء الساخن والصابون والمنظفات الصناعية للتخلص من بقايا المبيدات قبل إعادة استخدام الآلات والأواني والمعدات مرة أخري.
٨. لصق بطاقة بيان علي عبوات المبيدات والمنظفات والمطهرات وأي مادة كيميائية أخري والتي تشكل خطرا علي الصحة العامة، علي أن يوضح بها اسم الصنف وطريقة الاستعمال.
٩. يمنع منعا باتاً تخزين أي من هذه المواد في أماكن الإنتاج المختلفة أو مستودعات الأغذية.
١٠. تجميع النفايات في أكياس بلاستيكية داخل أوعية محكمة الغلق من النوع الذي يفتح غطاءه ذاتيا بالضغط بالقدم، مع ربط الأكياس تمهيدا للتخلص منها أولا بأول خارج المصنع في الأماكن المخصصة لذلك أو من خلال المتعهد إن وجد.
١١. غسل وتطهير أوعية النفايات يوميا باستعمال المطهرات المناسبة.
١٢. ضرورة تنظيف وغسل أرضيات وجدران المصنع يوميا.

الترخيص:

علي صاحب المصنع أو مديره المسئول الإحتفاظ بالترخيص في مكان ظاهر.

سجل الرقابة الصحية:

علي صاحب المصنع أو مديره المسئول الإحتفاظ بصفة دائمة بسجل الرقابة الصحية الذي يصرف له مع الترخيص، وعليه أن يقدمه للقائم بعملية الرقابة عند أي زيارة. ولا يجوز إحداث أي تغيير فيما يدون به من بيانات أو ملاحظات، سواء كان هذا التغيير بالكشط أو بالمحو أو بالإزالة أو بأي طريقة أخري.

العاملـــــون

١) إستخراج الشهادات الصحية:

لايجوز الإشتغال بتداول الأغذية إلا لمن كان حاصلا علي شهادات صحية من الجهة الصحية المختصة تفيد خلوه من الأمراض المعدية التي تنتقل عن طريق الغذاء وعدم حمله لجراثيمها. وتستخرج الشهادة الصحية بعد إجراء الفحوصات اللازمة علي العامل وتحصينه ضد بعض الأمراض.

❖ أولا: الفحوصات الطبية:

١- الكشف السريري (الإكلينيكي) علي العامل (صدر – بطن – أمراض جلدية).

٢- الفحوصات المخبرية المطلوبة وتشمل:

أ- فحص البراز للطفيليات.

ب- فحص الدم لكل من التيفويد والبراتيفويد.

ت- مزرعة براز للسالمونيلا والشيجلا والكوليرا.

ث- مسحة من الأنف والحلق (الدفتريا).

ج- أشعة علي الصدر.

ويتعين إجراء هذه الفحوصات والتحاليل في الوحدات والمراكز الصحية والمستشفيات الخاصة المصرح لها بذلك من قبل وزارة الصحة.

❖ ثانيا: التحصينات:

تتم في المراكز الصحية أو المستفيات التابعة لوزارة الصحة فقط وتشمل:

١- **التحصين ضد الحمي الشوكية :** مرة كل سنتين.

٢- **التحصين ضد التيفود:** جرعتان بينهما أسبوع علي الأقل كل سنتين.

٢) صلاحية الشهادة الصحية:

مدة صلاحية الشهادة سنة واحدة وتجدد فور انتهائها، ويتم اتباع نفس الخطوات السابقة للحصول علي شهادة أخري.

٣) الأمراض المعدية والإصابات:

❖ الأمراض المعدية:

عدم السماح لأي شخص يشتبه فيه أنه يعاني أو يحمل أي مرض معدي ينتقل عن طريق الغذاء، أو يكون مصاباً بجروح ملتهبة أو بالتهابات جلدية أو تقرحات أو إسهال وبالعمل في تداول الأغذية أو القيام بأي عمل له صلة مباشرة بالغذاء. وإذا كان هذا الشخص من العاملين بالمنشأة يجب استبعاده عن العمل ومراجعته لأقرب مستشفي أو مركز صحي حتي يتم علاجه وشفاؤه من المرض أو الإصابة، وفي حالة تعذر علاجه يستبعد نهائيا عن العمل.

❖ الإصابات:

إذا أصيب عامل أثناء العمل بجرح فيجب استبعاده فوراً عن العمل حتي تتم حماية موضع الإصابة بشكل تام بواسطة شريط لاصق طبي مقاوم للماء ذي لون مميز ومثبت بشكل محكم مع توفير الإسعافات الأولية لهذا الغرض. ولا يسمح للعامل بالعمل إلا بعد استخدام قفاز يغطي موقع الإصابة أو شفائه من الإصابة.

٤) المظهر والسلوك الشخصى:

١- علي كل شخص أثناء العمل في مناطق تداول اللبن ومنتجاته أن يغسل يديه مرارا بشكل جيد باستعمال الماء والصابون، ويجب غسل الأيدي قبل البدء في العمل وبعد الخروج من دورة المياه وبعد لمس أي مادة ملوثة أو تداول أي مادة يحتمل أن تكون مصدراً لنقل الأمراض، كما يجب غسل اليدين بعد الأكل أو لمس الشعر أو الأنف أو الأذن أو الفم أو الوجه، مع اتباع التعليمات السليمة لغسل الأيدي.

٢- للمحافظة علي النظافة الشخصية يجب علي العاملين ارتداء الملابس الواقية والملائمة أثناء العمل، بما في ذلك غطاء الرأس والأحذية. ويجب أن تكون جميع هذه الملابس قابلة للتنظيف ما لم تكن مصممة للاستعمال غير المتكرر، مع العناية بنظافة الاظافر وتقليمها.

٣- يمنع منعاً باتاً القيام بأي عمل ينتج عنه تلويث للغذاء مثل الأكل أو الشرب أو التدخين أو البصق أو التمخط وخلافه في مكان العمل.

٤- يجب استخدام القفازات المعقمة التي تستخدم لمرة واحدة فقط خصوصا في قسم التعبئة، مع مراعاة أن ارتداء القفازات لايغني عن غسل الأيدي جيدا. ويجب أن تصنع القفازات من مادة غير منفذة.

٥- علي جميع العاملين في أقسام التصنيع والتعبئة ارتداء كمامة لتغطية الفم والأنف أثناء العمل.

٦- يمنع منعاً باتاً ارتداء العاملين في أقسام التصنيع والتعبئة للمتعلقات الشخصية مثل الحلي والخواتم والساعات والدبابيس أثناء العمل.

٧- يمنع منعاً باتاً النوم في أماكن العمل أو المستودعات.

٥) التدريب على الشؤن الصحية:

يجب أن يدرب جميع العاملين بالمنشأة علي الاشتراطات والقواعد الصحية لتداول الأغذية لمنع تلوثها.

٦) الاحتياطات الخاصة بالزائرين:

يجب أن تتخذ الاحتياطات لمنع تلوث الغذاء من قبل زوار مواقع تداول الأغذية وتتضمن هذه الاحتياطات ارتداء الملابس الواقية وتمرير أحذيتهم علي المغاطس الأرضية عند الأبواب.

٧) مراقبة تنفيذ القوانين واللوائح:

تقوم الوزارات المتخصصة بمراقبة تنفيذ القوانين واللوائح الخاصة بتنفيذ وتشغيل مصانع الألبان في نطاق اختصاصها.

إحتياطات السلامة والأمان فى مصانع الألبان

➢ تعريف السلامة المهنية:

تعرف السلامة المهنية أوالسلامة والأمان داخل المصانع بأنها مجموعة الأنظمة والإجراءاتوالتدابير التي تؤدي لتوفيرالحماية المهنية للعاملين والحد من خطر المعدات والآلات على العمال والمنشأة ومحاولة منع وقوع الحوادث أو التقليل من حدوثها، وتوفير الجو المهني السليم الذي يساعد العمال على العمل .

كما تعرف السلامة والصحة المهنية بأنها العلم الذي يهتم بالحفاظ على سلامة وصحةالإنسان ، وذلك بتوفير بيئات عمل آمنة خالية من مسببات الحوادث أو الإصابات أوالأمراض المهنية ، أو بعبارة أخرى هي مجموعة من الإجراءات والقواعد والنظم في إطار تشريعي تهدف إلى الحفاظ على الإنسان من خطر الإصابة والحفاظ على الممتلكات من خطر التلف والضياع . كما تم تعريف السلامة والصحة المهنية بأنها مجال يهدف إلى حماية العاملين من مختلف المخاطر المرتبطة بالعمل أو شروطه من خلال معالجة العوامل التقنية أوالشخصية المؤدية إلى هذه المخاطر وتحسين بيئة العمل وشروطه ، بشكل يوفر تمتع .العمال الدائم بصحة بدنية وعقلية واجتماعية مناسبة .

➢ أهداف السلامة المهنية:

يكمن الهدف الأساسي من تطبيق إجراءات السلامة المهنية في الوصول إلى إنتاج جيد من دون حوادث وإصابات ، **عن طريق حماية الأفراد ويتمثل ذلك في:**

أ -الحماية من المخاطر:

١. إزالة الخطر من منطقة العمل نهائيًا .

٢. تقليل الخطر إلى الحدود الدنيا إذا لم تتم إزالته .

٣. توفير معدات الوقاية الشخصية للعمال عند استحالة تقليل الخطر .

ب –توفير الجو المهني السليم :من حيث الإضاءة والرطوبة ودرجة الحرارة المريحة للعمل حتى ولوكانت هذه الأمور لا تتجاوز الحد الذي يمكن اعتباره خطرا على العامل والمنشأةفمثلاً درجة الحرارة التي ينصح بوجودها في مكان العمل هي ٢٦ درجة .

ج –تثبيت الآمان والطمأنينة في قلوب العاملين : أثناء قيامهم بأعمالهم والحد من نوبات القلق والفزع الذي ينتابهم وهم يتعايشون بحكم ضروريات الحياة مع أدوات ومواد وآلات يكمن بين ثناياها الخطر الذي يتهدد حياتهم وتحت ظروف غير مأمونة تعرض حياتهم بين وقت وآخر لأخطار فادحة. حماية المنشأة :بما في ذلك الآلات ومواد العمل من المخاطر الممكن حدوثها كالصدم والحريق ...وغيرها.

كما حددت منظمة الصحة العالمية ومكتب العمل الدولي عام١٩٥٠أهداف الصحة المهنية بأنها :

- العمل على تحقيق أعلى درجات اللياقة البدنية والنفسية والاجتماعية للعاملين في كل قطاعات العمل والمحافظة عليها.
- ضمان عدم حرمان العمال من أسباب الصحة بسبب ظروف عملهم .
- حماية العمال في عملهم من الأخطار الناتجة عن وجود عوامل تضر بصحتهم .
- إلحاق العامل بالعمل الذي يتلائم مع استعداده البدني والنفسي لتحقيق الانسجام بين العامل وعمله .

➢ أسباب الحوادث:

لا يمكن أن تحدث حوادث العمل بشكل تلقائي ولكنها تحدث بمسببات ، لذلك يمكن منع الحوادث بتلافي أسبابها والتي تتمثل في:

١. **(أسباب سلوكية) تتعلق بالعامل:**

- إهمال العامل وشرود ذهنه .
- نقص المهارة أو الخبرة .
- الثقة الزائدة في النفس .

- وجود عاهة أو نقص بدني .
- التعامل الخاطئ مع الآلة .

٢. أسباب في بيئة العمل:

- عدم توفير حواجز واقية بالآلات .
- استعمال أدوات ومعدات معيبة .
- عدم توفر النظام والترتيب في بيئة العمل .
- الإضاءة غير السليمة .
- التهوية غير المناسبة .
- الضوضاء أثناء العمل .
- عدم استخدام أو توافر أدوات وملابس الوقاية الشخصية .

مخاطر بيئة العمل

وهى تنقسم إلى عدة مخاطر منها :

١. المخاطر البيولوجية
٢. مخاطر العنصر البشرى
٣. المخاطر الكيميائية
٤. المخاطر الطبيعية
٥. المخاطر الهندسية

❖ أولاً : المخاطر البيولوجية الحيوية

تنشا المخاطر البيولوجية نتيجة التعرض المهني للكائنات الدقيقة الحية المعدية ،وإفرازاتها السامة والطفيليات ، **وتنتقل الفيروسات والجراثيم عن طريق:**

- العدوى من المرضى.
- الطعام أوالشراب من المكان الملوث.

❖ ثانياً : مخاطر العنصر البشري

- **الخبرة :** تعتبر الخبر في العمل من أساسيات الحماية من المخاطر ويمكن أن تكتسب الخبرة من خلال ندوات توعية وحلقات تدريب على العمل تجرى للعمال قبل تسليمهم العمل.
- **الإهمال :** إن إهمال العامل في عمله قد لا يعرضه للخطر لوحده إنما يعرض زملائه معه للخطر .
- **الحالة الصحية والنفسية :** تؤثر الحالة الصحية أو النفسية المتعبة للعامل على أدائه وكفاءته في تنفيذ العمل مما قد يعرضه للمخاطر.
- **التعب :** إن إرغام العامل على العمل المضني والشاق لفترات طويلة دون راحة قد يؤثر على أدائه ويعرضه للمخاطر.

- **السن** : يعتبر عامل السن من العوامل الأساسية الأخرى حيث أن العمل الخطر يجب أن يعتمد على عمال بأعمار متوسطة، حيث أن العامل صغير السن (الحدث) لا يدرك طبيعة المخاطر وقد يلهو بتجربة شيء ما يؤدي لحدوث كارثة ، أما العامل المسن فتصبح ردّات فعله بطيئة لتجنب الخطر.

❖ ثالثاً :المخاطر الكيميائية

معظم المخاطر الصحية تنتج من استنشاق مواد كيميائية على شكل أبخرة ، غازات ،أتربة ، أدخنة ، أو من ملامسة الجلد لهذه المواد ، تعتمد درجة الخطورة للتعرض للمواد الكيميائية على درجة تركيز المادة ، ومدة التعرض لها.

يوجد أربعة طرق للعرض للمخاطرالكيميائية هي:

- **الاستنشاق** : هو أسرع طريق لدخول المواد الكيميائية الضارة إلى جسم الإنسان .
- **الامتصاص من خلال الجلد والعينين** .
- **البلع** .
- **الحقن الخاطئ** .

❖ رابعاً : المخاطر الطبيعية : تنقسم إلى :

١. الحرارة :

هي إحدى أشكال الطاقة ويمكن أن تنتج الحرارة في بيئة العمل من مصادر طبيعية مثل أشعة الشمس أو صناعية مثل الأفران وغيرها .حيث يتم تبادل الحرارة بين هذه المصادر والأجسام الموجودة في حيز العمل بطرق تبادل الحرارة المعروفة (إشعاع – توصيل – حمل).

التأثيرات المرضية :

- **الصدمة الحرارية** :إن ارتفاع الرطوبة النسبية أو ارتفاع درجة الحرارة بشكل مفاجئ يؤدي إلى فشل التنظيم الحراري في الجسم مما يسبب نقص التبادل الحراري عن طريق التبخرويحدث اضطرابات في الدورة الدموية.
- **الإجهاد الحراري** :عند العمل في أجواء ذات درجات حرارة مرتفعة لفترات طويلة تحدث حالة انهيار للجسم نتيجة زيادة توسع الأوعية الدموية ونقص فعالية الدوران ونقص ضغط الدم ونقص فعالية القلب ونقص الدم الوارد إلى الكلية وزيادة نسبة الأملاح في الدم.
- **التقلص الحراري** :عند العمل في أجواء ذات درجات حرارة مرتفعة ورطوبة نسبية منخفضة فإن العرق يزداد مما يؤدي إلى فقدان الجسم لكميات كبيرة من الأملاح وهذا ما يسبب تقلصات غير إرادية في العضلات .

٢. **الضجيج :** هو الصوت المرتفع غير المرغوب فيه .

التأثيرات الصحية للضجيج:

- فقدان السمع المؤقت أو الدائم .
- التأثير على نفسية العامل وسلوكه .
- إضطرابات النوم .
- إرتفاع ضغط الدم وإمكانية تأثر القلب.

٣. **الإشعاع :** هو إصدار طاقة على شكل أمواج أو جسيمات من مصادر طبيعية أوصناعية.

مصادر الإشعاع:

- **مصادر طبيعية** : وتنقسم إلى الأنواع التالية:

١. **أشعة كونية** : هى التي تصل إلى الأرض من الفضاء الخارجي وتنشأ من الإنفجارات الشمسية.

٢. **أشعة أرضية** : منبعثة من باطن الأرض وسطحها بفعل وجود بعض المواد المشعة في الصخور كالبوتاسيوم واليورانيوم وغاز الرادون المشع الذي يتسرب من الأرض في كل أنحاء العالم بفعل تفكك بعض الفلزات المشعة كاليورانيوم.

- **مصادر صناعية** : وتنقسم إلى الأنواع التالية:
  - أجهزة توليد الأشعة السينية
  - في مجال التعليم والبحث العلمي :مخابر الفيزياء النووية، بحوث الصيدلة الإشعاعية، التطبيقات الزراعية .
- **مصادر طبية :**
  - تطبيقات إشعاعية تشخيصية وتداخلية
  - معالجة إشعاعية
  - طب نووي
  - المفاعلات والتفجيرات النووية
  - الممارسات الإشعاعية في المجال الصناعي والزراعي
  - تصوير إشعاعي صناعي

٤. **الاهتزازات** : هي عبارة عن الارتجاجات (التذبذبات)التي تولدها الآلة ويشعر بها الإنسان.

*** يتم السيطرة على الاهتزازات عن طريق :**

١. الاعتماد على مخمدات الحركة الجيدة النوعية لتخميد الاهتزاز على كامل الجسم
٢. استعمال مخمدات أصلية لكل نوع من الآليات.
٣. استعمال مخمدات هوائية للمطارق الهيدروليكية.
٤. الصيانة المستمرة للآلات لضمان عملها بشكل جيد مما يخفف الإهتزازات .
٥. استعمال قفازات واقية ذات نوعية جيدة يخفف من تأثير الاهتزاز على الأيدي

❖ خامساً : المخاطر الهندسية :

تنقسم المخاطر الهندسية إلى المخاطر التالية:

أولاً : المخاطر الميكانيكية : وهى المخاطرالناتجة من تشغيل العدد والآلات والماكينات.

أسباب حوادث العدة : تتم الحوادث في هذه الحالة غالبًا من:

١. استخدام العدة غير المناسبة لنوع العمل.

٢. إساءة استخدام العدة.

٣. استخدام عدة مصنوعة من مواد غير مطابقة للمواصفات الفنية.

٤. سقوط العدة لعدم حفظها في أماكن صحيحة.

٥. عدم استخدام أدوات الوقاية المناسبة.

الوقاية من حوادث العدة : لتجنب الحوادث الناجمة عن استخدام العدة وأدوات العمل:

١. اختيار العدة المناسبة للعمل من حيث الشكل والوظيفة والناحية الآمنية .

٢. اختيار عدة مصنوعة بمواصفات جيدة.

٣. حفظ العدة في أماكن مناسبة يسهل الوصول إليها وتمنع سقوطها.

٤. منع استخدام العدة التي تطلق الشرر كالجلخ واللحام بجانب المواد القابلة للاشتعال.

الوقاية من مخاطر الآلات: تتوقف الوقاية من حوادث الآلات على:

١. الصيانة الدائمة والمستمرة للآلات وبقائها في وضع جاهز دومًا.

٢. مراعاة تعليمات وإرشادات التشغيل الخاصة بكل آلة.

٣. تأهيل العمال بشكل جيد فنيًا وعلى الطريقة الصحيحة للتشغيل.

٤. عدم تعطيل وسائل التحكم والأمان الموجودة على الآلة.

٥. ارتداءالملابس و الأدوات الوقائية المناسبة.

٦. عدم تبديل المشغولات إلا بعد توقف الآلة عن الدوران وفصل الحركة.

٧. التنسيق بين العمال للآلات التي تعمل بالتتابع.

مخاطر المواد المضغوطة: قد تؤدي أنابيب المواد المضغوطة مثل أنابيب الغاز أو ضواغط الهواء إلى خطر كبير من جراء انفجارها لذلك يجب مراعاة الآتى:-

١. بالنسبة لأنابيب المواد المضغوطة:

- حفظها في أماكن بعيدة عن تواجد العمال وفي حال استخدامها في العمل مد أنابيب توصيل تتحمل هذا الضغط.
- حفظهابعيدًا عن مصادر الحرارة مثل الشمس والأفران.
- إجراء كشف دوري لها للتأكد من سلامتها.

٢. بالنسبة للضواغط :

- وضعها في غرفة مستقلة خارج المنشأة.
- توصيل أنابيب تتحمل ضغوط موقع العمل .
- إجراء صيانة دوريةطبقاً لتعليمات الكتالوج المرفق مع الآلة .

ثانياً : المخاطر الكهربية :

تكمن الأخطار الكهربية في :

١. التوصيلات والتجهيزات الكهربائية .

٢. الكهرباء الساكنة .

٣. الحرائق الناجمة من التوصيلات الكهربية .

٤. الصدمات الكهربية للعاملين .

ونتيجة أخطار الكهرباء فانه يجب إتباع مايلي:

أخذ الاحتياطات اللازمة في التوصيلات الكهربائية والمفاتيح والمنصهرات والتركيبات الكهربائية وأجهزة التحكم الكهربائي وكذلك بالنسبة لخطر التسرب الكهربائي والعمل علي تصريف شحنات الكهرباء الساكنة(الاستاتيكية) . إن موقع العمل ووضع وترتيب الآلات فيه يلعب دورًا كبيرًا في تخفيف حوادث العمل ،

لذا يجب مراعاة ما يلي:

١. أن يكون موقع العمل مبني على أرض متينة منعًا للتصدع والانهيار.

٢. أن تكون شروط الإنارة والتهوية جيدة لتأثيرها الجيد على أداء العمل.

٣. أن يكون قريبًا من مصادر الطاقة (كهرباء – بترول – ماء – ...) وقريبًا من المواد الأولية.

٤. ترتيب الآلات داخل الصالات بحيث يراعى التسلسل المنطقي للإنتاج.

٥. ترك فراغات بين الآلات حسب نوع العمل لتسهيل حركة العمال والمواد الخام والمنتج.

٦. نظافة وسلامة الممرات والمخارج.

٧. تسوير مناطق الخطر (السلالم والأسطح - الحفر – والأجزاء المتحركة المكشوفة)

و تعتبر مصانع الألبان من المصانع الهامة لإنتاج المواد الغذائية والتى تستخدم كثير من الآلات والمعدات التى قد تسبب خطورة بالغة على العاملين مثل أجهزة توليد البخار واستخدام هذا البخار فى عمليات التصنيع وكذلك أستخدام المحركات الكهربية والطلمبات التى تستخدم فى نقل اللبن من الخزانات إلى أماكن التصنيع وأجهزة التقطيع والتعبئة والتغليف وللحفاظ على حياة العاملين من المخاطر التى قد تنشأ نتيجة الأستعمال الخاطئى وللحفاظ على المنشأة من أخطار الحرائق والكهرباء والحفاظ على المنتجات المصنعة يجب عمل برامج تدريبية للعمال القائمين على عمليات التصنيع داخل المنشأة ووضع لافتات ارشادية وتحذيرية .

يجب توافر الاشتراطات الاتية:

١. وضع لافتات إرشادية توضح طرق مكافحة الحريق فى حالة حدوثه.
٢. وضع لافتات ارشادية توضح كيفية إخلاء المكان عند الطوارئ .
٣. وضع لافتات تنبيهيه للنظافة العامة والتطهير .
٤. توفير طفايات الحريق بالعدد والحجم المناسبين حسب تعليمات الدفاع المدنى على ان تثبت عليها بطاقة توضح تاريخ الصلاحية للعمل ومواعيد إجراء الاختبارات الدورية عليها وذلك بجميع مرافق المبانى وتجهيزاتها. كما يجب توفر اشتراطات الأمان والسلامة حسب تعليمات الدفاع المدنى.
٥. توفير صندوق للإسعافات الأولية يكون مزودا بالمواد الضرورية مثل الأربطة الطبية والقطن والشاش والمواد المطهرة.
٦. إتباع قواعد الأمن الصناعى خصوصا فى اقسام المنشأة التى تمثل خطرا على العاملين.
٧. الحصول على التراخيص اللازمة من الدفاع المدنى.
٨. تدريب العاملين على كيفية عمل أسعافات أولية لمصاب بالحريق .
٩. تدريب العاملين على كيفية أستخدام أدوات الأطفاء .
١٠. وضع لافتات إرشادية تبين كيفية تشغيل المعدات الكهربية .
١١. وضع علامات تحذيرية تحذرمن مخاطر الكهرباء .
١٢. عدم القيام بأى أعمال للصيانة أو الأصلاح بالآلات وهى فى وضع التشغيل .
١٣. عمل برامج تدريبية على كيفية استخدام الغلايات وكيفية تشغيلها .
١٤. التأكد من سلامة وصلات البخار ووضع المواد العازلة حرارياً عليها .
١٥. عمل أغطيه عازلة على المحركات والأجزاء المتحركة .
١٦. يجب وضع لوحات التحذير بالقرب من التوصيلات الكهربائية وخاصة فى الأماكن الخطرة
١٧. يجب توصيل أجسام المحركات الكهربائية المعدنية أو أية أجهزة أخرى بالأرض لتفريغ التيار الكهربى الذى يصل إلى جسم هذه الأجهزة والمحركات .
١٨. يجب تجهيز مكان معزول عن العاملين لوضع المحركات الكهربائية وعمل حواجز واقية وبالأخص للأجزاء المتحركة .

تذكـــــر أن

- **هندسة تصنيع الأغذية :** أنه ذلك الفرع من العلوم التطبيقية الذى يستعمل فى تطويع العلوم الهندسية الأساسية والعلوم الرياضية والطبيعة فى خدمة التصنيع الزراعى جنباً إلى جنب مع العلوم الحيوية والكيميائية لتكوين النظم المثلى لتحويل المحصول الزراعى والحيوانى من الصورة الأولية إلى الصورة المناسبة للتداول والاستهلاك والحفظ .
- **يجب علي الشخص الذى يعمل في مصانع الألبان الصناعات الغذائية الإلمام بما يلي :**

وحدات السيطرة علي العلميات .

عمليات تنظيف الوحدات .

وحدات توليد الطاقة الكهربائية واستعمال الطاقة .

وحدات التبريد .

وحدات توليد البخار .

تصميم معامل الأغذية .

صيانة الأجهزةووحدات التبادل الحرارى :

(أ) وحدات التبريد (ب) وحدات التسخين

- **يمكن تقسيم وحدات التسخين التى قد تتوفر فى معامل الأغذية بما يلى:**

١- تسخين المادة الغذائية دون التغيير في طبيعتها.

٢- التسخين لإعطاء بعض الصفات للمنتج.

٣- التسخين لتركيز المواد الغذائية .

٤- التسخين لتجفيف المواد الغذائية .

- **مراحل المادة الغذائية داخل المصنع:**

مرحلة الإستلام- مراحل التصنيع - مرحلة التخزين

- **طرق التنظيف التى تتبع في مصانع الأغذية :**

التنظيف بالتنقيع -التنظيف بالرش -التنظيف بالترسيب -التنظيف بالطفو -التنظيف بالترشيح

- **العوامل التي تؤثر على نجاح المصنع الغذائى:**

نوع المصنع الغذائي- توفر المواد الأولية -توفر الأيدي العاملة - ظروف التسويق ظروف الجو والمناخ.

- **إحتياطات السلامة والأمان فى مصانع الألبان :**

١. وضع لافتات إرشادية توضح طرق مكافحة الحريق فى حالة وجوده.
٢. وضع لافتات ارشادية توضح كيفية إخلاء المكان عند الطوارئ.
٣. توفير طفايات الحريق بالعدد والحجم المناسبين .
٤. توفير صندوق للإسعافات الأولية يكون مزوداً بالمواد الضرورية .
٥. إتباع قواعد الأمن الصناعى خصوصا فى أقسام الفشأة التى تمثل خطراً على العاملين.
٦. الحصول على التراخيص اللازمة من الدفاع المدنى.

- **مخاطر بيئة العمل**

وهى تنقسم إلى عدة مخاطر منها :

١. المخاطر البيولوجية
٢. مخاطر العنصر البشرى
٣. المخاطر الكيميائية
٤. المخاطر الطبيعية
٥. المخاطر الهندسية

- **المخاطر البيولوجية الحيوية :**

تنشا المخاطر البيولوجية نتيجة التعرض المهني للكائنات الجية الدقيقة المعدية ،وإفرازاتها السامة والطفيليات .

- **مخاطر العنصر البشرى :**تتمثل فى الخبرة ، الإهمال ، الحالة الصحية والنفسية ، التعب ،السن
- **المخاطر الكيميائية :** وهى تنتج من استنشاق مواد كيميائية على شكل أبخرة ، غازات ، أتربه ، أو ملامسة الجلد لهذه المواد .
- **المخاطر الطبيعية :** وهى تنشأ من تأثير الحرارة والضوء والضجيج ، الأشعاع .
- **المخاطر الهندسية** : وهى تنشأ من المخاطر الميكانيكية نتيجة للأستخدام السيء للآلات والمعدات

س١ : أذكر تقسيم وحدات التسخين التى تتوفر فى معامل الأغذية والألبان؟

س٢ : أذكر أهم طرق التنظيف المتبعة فى مصانع الألبان؟

س٣ : ماهى أهم العوامل التى تساعد على نجاح المصنع الغذائى؟

س٤ : أكمل ما يلى:

أ) من وحدات التبادل الحرارى.....،.....

ب) من أهم طرق التنظيف الجافة ١-..... ٢- .....٣- .....٤- ..... ٥- .....

ت) من أهم الأشتراطات الصحية الواجب فى الموقع المحدد كمصنع للألبان.....،.....، .....، ..... ،.....،.....؟

ث) تمر المادة الغذائية داخل المصنع الغذائى بالمراحل التالية.....، .....، ..... .

س٥ : أذكر أهم الوحدات فى مصانع الألبان ومنتجاتها؟

س ٦ : ما الأشتراطات الواجب مراعاتهاعند تصميم نوافذ مصانع الألبان ؟

س٧ : ماهى أحتياطات السلامة والأمان فى مصانع الألبان؟

س٨ : علل لما يأتى :

١. تزود مداخل الأبواب بمغاطس أرضية بها محلول مطهر .

٢. توفير التهوية الطبيعيه والصناعية داخل مصانع الألبان .

٣. تصنع الآلات والمعدات المستخدمة فى التصنيع من الصلب الغير قابل للصدأ .

الوحدة الثانية

١- أجهزة القياس

- أجهزة قياس درجات الحرارة
- أجهزة قياس الضغط
- أجهزة قياس الوزن والحجم
- أجهزة قياس الوزن النوعى
- أجهزة قياس نسبة الحموضة
- أجهزة قياس نسبة الدهن

٢- المضخات

- المضخات الطاردة المركزية
- المضخات الترددية
- المضخات الترسية

أجهزة القياس

أجهزة قياس درجات الحرارة

تعتبر درجة الحرارة هي أكثر المتغيرات التى يتم قياسها والتحكم فيها ، وتوجد صناعات كثيرة تحتل فيها قياسات درجة الحرارة مكانة حساسة وخاصة فى الصناعات الغذائية وذلك لمعرفة درجة الحرارة التى يجب تصنيع المنتج عليها ، معرفة درجة تجميد المنتج ، درجة التخزين ، درجة الحفظ و التداول وانصهار التجميد للمنتجات مهما جدا **لسببين هما:**

١. إمكانية الحصول على درجة حرارة المنتج المجمد بشكل دقيق.
٢. الحصول على درجة الحرارة الحقيقية والممثلة التي تقود إلى اتخاذ إجراء معين.

وتوجد صعوبة في طريقة قياس درجة الحرارة للمنتجات سواء قبل وبعد التجميد، وتظهر هذه المشكلة بوضوح في معظم المنتجات المجمدة أي الموجودة فى صناديق الورق المقوى، التي يصل سمكها إلى١٥ سم، **وعليه لضمان سلامة الإنتاج يفضل مراقبة العوامل الآتية:**

- حرارة السلعة المراد تجميدها.
- حرارة هواء التبريد.
- سرعة الهواء.
- معدل سرعة انصهار المواد المجمدة.
- المدة الفعلية للتخزين.

ويمكن استعمال أنواع مختلفة من الأجهزة البسيطة لقياس الحرارة، بوضعها في المجمد أو في مخزن التبريد، أو في سيارة النقل المبردة، أو بواسطة نظم معقدة يتم التحكم فيها، تعطى هذه الأجهزة معلومات عن حالة التيارات الموضعية، ووظيفتها: التسجيل وإعطاء المعلومات الكاملة حول تاريخ النظام الحرارى (أثناء التخزين والنقل) وهذا يساعد على معرفة مدى حدوث التغييرات في جودة المنتج.

وتقاس درجة حرارة أسطح المنتجات بأجهزة مستعرضة الشكل توضع مباشرة على سطح المنتج، أو بواسطة ترمومتر إشعاعي للقياس السطحي لدرجة الحرارة قياسا وسطيا بين درجة حرارة

المنتج ودرجة حرارة الهواء المحيطة به، ولا يمكن تطبيق هذا النظام في الأغذية التى ليس لها شكل منتظم **وقد تسبب هذه الأجهزة بعض المشاكل أهمها:**

- تهشم بعض أجزاء عينة المنتج، وأغلفته
- تصبح عينة المنتج غير مقبولة من قبل المستهلك.
- تصبح عينة المنتج سريعة الفساد.

يجب تعقيم أجهزة قياس الحرارة قبل وضعها في المنتج الغذائى حتى لاتتسبب فى تلوث الأغذية وذلك عن طريق ثقب العينة بواسطة مثقاب آلي أو بمسمار مناسب لحجم المجس أو الترمومتر، كما يجب غرس المجس داخل المنتج، من خلال ثقب صغير في سطحه إلى منتصفه وتبدأ قراءة جهاز قياس الحرارة، بعد وضعه بدقائق في المنتج إلى أن تستقر درجة الحرارة، وذلك لتقليل بعض الأخطاء البسيطة التي يسببها سلك التوصيل الموجود بأجهزة القياس، وقد تصبح هذه الأخطاء كبيرة نتيجة حدوث حرارة من المثقاب في المنتجات المجمدة.

أنواع أجهزة قياس الحرارة

توجد أجهزة كثيرة لقياس درجة الحرارة ، يمكن تصنيف هذه الأجهزة تبعاً لطبيعة التغير الذي يحدث في الجسم المختبر نتيجة لتغير درجة حرارته . كما توجد أجهزة كثيرة لقياس درجة الحرارة ومنها ترمومترات تعتمد على التمدد الحجمى للسوائل أو التمدد الطولى للمعادن وترمومترات الغاز ، ترمومترات تعتمد على كمية الأشعاع المنبعث من الجسم الساخن .

أولاً : ترمومترات تعتمد على التمدد الحجمى للسوائل :

الترمومتر الزئبقى :

يتكون الترمومتر الزئبقى من بصيلة زجاجية ذات جدار رقيق ، متصل بساق من الزجاج الرقيق على هيئة أنبوبة شعرية مغلقة عند طرفها الآخر . وتملأ البصيلة وجزء من الساق بالزئبق . ويوجد على الساق أو حوله تدريج من درجات الحرارة ويعطى طرف عمود الزئبق عند قراءته على هذا التدريج قيمة درجة حرارة البصيلة أو الجزء المراد قياس درجة حرارته .

أساس عمل الترمومترات الزجاجية :

تعتمد الترمومترات الزئبقية فى عملها على خاصية تمدد الأجسام بالحرارة وإنكماشها بالبرودة ونظراً لأن معامل تمدد السوائل أكبر من تمدد البصيلة الزجاجية فإن أى زيادة فى درجة الحرارة تؤدى إلى دفع الزئبق من البصيلة إلى الأنبوبة الشعرية ، فيحدث تغير ملحوظ فى وضع الزئبق داخل الأنبوبة الشعرية الذى يتحرك فيمكن قراءة درجة الحرارة على التدريج .

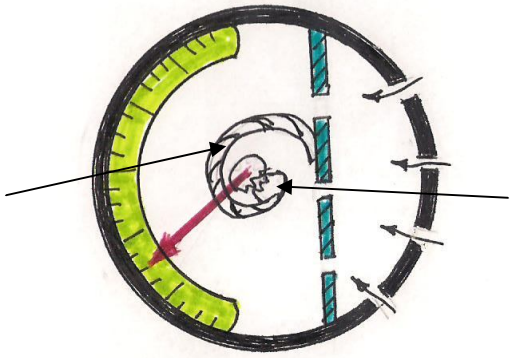
ولزيادة دقة القراءة يجب وضع الترمومتر فى الوسط المقيس (المراد قياس درجة حرارته) والإنتظار فترة كافيه لضمان وصول الترمومتر إلى درجة حرارة الوسط المقيس . وأن نتجنب وجود مصادر للحرارة أو البرودة بالقرب من الترمومتر لدرجة أنها تؤثر على بياناته .

ثانياً : ترمومترات تعتمد على التمدد الطولى للمعادن :

وتسمى الترمومترات الميكانيكية حيث يتم نقل التمدد الطولى للمعدن عن طريق مجموعة من الروافع إلى مؤشر يتحرك على تدريج ليعطى قراءه تدل على درجة الحرارة **ومن أهم الترمومترات الميكانيكية :**

ترمومتر الازدواج المعدني :

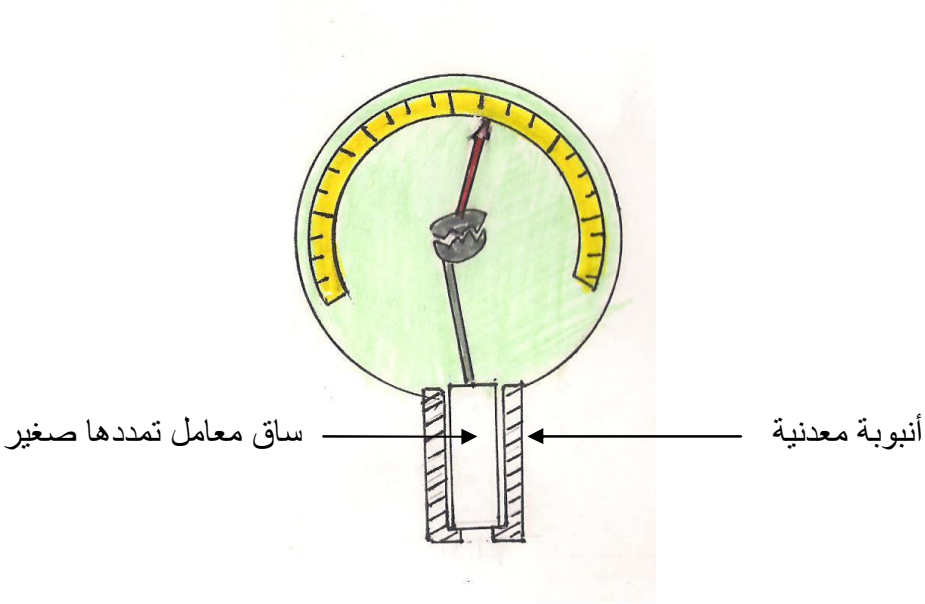
في هذا النوع يكون العضو الحساس للحرارة (المجس الحراري) عبارة عن شريطين من معدنين مختلفين ملفوفين حول بعضهما ومعاملي تمددهما مختلفين والتغير في درجات الحرارة يؤثر على الشريطين فيتمددا وهذا التمدد يظهر على شكل انحناء يحرك طرف الشريط الحر وبالتالي تتحرك الجريدةالمسننة المتصلة بهذا الطرف ويتحرك تبعاً لها الترس ثم المؤشر الذي يتحرك على تدريج ليبين درجات الحرارة شكل (١-٢).



شكل (١-٢) ترمومتر الازدواج المعدني

ترمومتر التمدد المعدنى :

وفيه يعتمد القياس على فارق التمدد بين جسمين مختلفين والمجس الحرارى فى هذا الترمومتر عبارة عن ساق مصنوعه من مادة معامل تمددها صغير جداً مثل الكوارتز وتتصل الساق من الخارج بمحيط من مادة معامل تمددها كبير جداً والساق الِداخلية تتصل برافعه وجريدة مسننه وترس ومؤشر عند وضع الترمومتر فى وسط درجة حرارته مرتفعه فإن الفرق فى تمدد كل من الساق والأنبوبة الخارجية يظهرعلى شكل تمدد يحرك الجريدة المسننة والترس والمؤشر الذى يتحرك على تدريج يبن درجات الحرارة شكل (٢-٢) .



شكل (٢-٢) ترمومتر التمدد المعدنى

ثالثاً : ترمومترات المقاومة الكهربية :

وهى تعتمد على تغير قيمة المقاومة الكهربيه بارتفاع درجة حرارتهما وبتغير درجة الحرارة تتغير شدة التيار المار فى هذه الدائرة وهذا التغير فى التيار يمكن أعتباره مقياس لتغير درجات الحرارة .

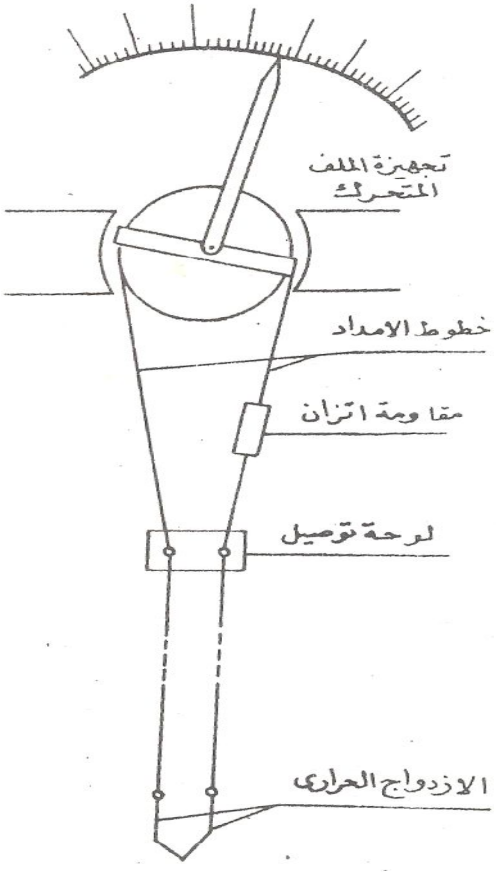
رابعاً : ترمومترات تعتمد على قياس كمية الاشعاع المنبعث من الجسم الساخن :

حيث تتجمع الحرارة المنبعثة من الجسم الساخن عن طريق عدسة محدبة مما ينشأ عنه جهد كهربى يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المؤثره ويقاس قيمة فرق الجهد هذا ليكون دلالة على درجة الحرارة وهذا النوع يستخدم فى قياس درجة حرارة الأفران الصناعيه .

ترمومتر الازدواج الحراري (يعتمد فى القياس على فرق الجهد):

وهو يعتمد على أنه إذا اتصل طرفى ساقين أو سلكين من معدنين مختلفين وعرضت نقطة الأتصال إلى تغير فى درجة الحراره فتتولد قوة دافعة كهربيه معتمده على الفرق بين درجتى حرارة نقطة الإتصال الباردة والساخنة وكذلك على نوع معدنى السلكين فإنه ينشأ فرق جهد كهربى صغير يعتبر دلاله على درجة الحرارة ويقيس هذا النوع حتى ١٨٠٠ درجة مئويه شكل (٣-٢).

وهو يستخدم فى قياس درجة الحرارة فى الأفران ويتم ذلك عن طريق وضع الازدواج الحراري داخل الفرن ثم يوصل طرفا الازدواج بجهاز قياس كهربي (فولتميتر) يمكن بواسطته قياس الفرق بين القوة الدافعة الكهربية المتولدة فى الإزدواج عند إرتفاع درجة حرارة الفرن والتى تناسب طردياً مع الإرتفاع فى درجةالحرارةولذلك يدرج جهاز القياس الكهربى بحيث يقرأ درجات الحرارة مباشرة .



شكل (٣-٢) ترمومتر الازدواج الحراري

الترمومتر ومقياس درجات الحرارة

الترمومتر هو أداة تستخدم لقياس درجات الحرارة، والترمومتر يعمل من خلال تغير أحد الخصائص الفيزيائية بتغير درجة الحرارة مثل خاصية تمدد الأجسام مع زيادة درجة الحرارة وتغير الضغط أو مقاومة السلك الكهربي بتغير درجات الحرارة.

وفيما يلي نذكر الأنواع المختلفة للترمومتر ،،

نوع الترمومتر	المادة المحتوى عليها مستودع الترمومتر	الخاصية الطبيعية المستخدمة فى الترمومتر
الترمومتر السائل	كحول أو زئبق	التغير فى طول عمود الكحول أو الزئبق
الترمومتر الغازى	هيدروجين	التغير فى الضغط
ترمومتر المقاومة	بلاتين	التغير فى المقاومة
ترمومتر الثرموكابل	كروم ونحاس	التغير فى التوصيل الكهربائى
الترمومتر الإشعاعى		تغير اللون الإشعاعى
الترمومتر المغناطسى		التغير فى الحساسية

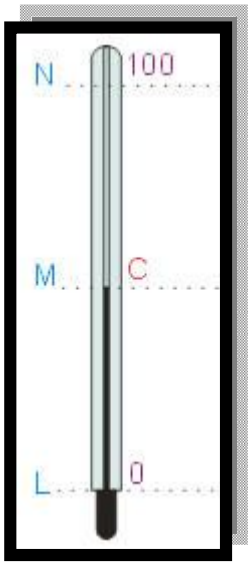
من الجدول السابق نجد أنه يمكن تصميم عدة أنواع من مقاييس درجات الحرارة بالإعتماد على تغير الخصائص الفيزيائية بتغير درجة الحرارة.

ولعمل ذلك يمكن أن يكون هناك تدريج محدد لقياس درجة الحرارة حيث أن كل خاصية فيزيائية مما سبق تتغير بعلاقة محددة مع تغير درجة الحرارة .

وبالتالي يكون في النوع الأول من مقياس درجة الحرارة حيث تتمدد مادة الزئبق بزيادة درجة الحرارة أو إزدياد الضغط أو المقاومة بزيادة درجة الحرارة كما في النوعين الثانى والثالث في الجدول أعلاه، ولهذا لابد من إيجاد مقياس أو تدريج يعبر عن درجة الحرارة بغض النظر عن تغير الخاصية الفيزيائية **من هذه التدريجات المقياس المئوي أو المقياس الفهرنهيتى أو المقياس المطلق.**

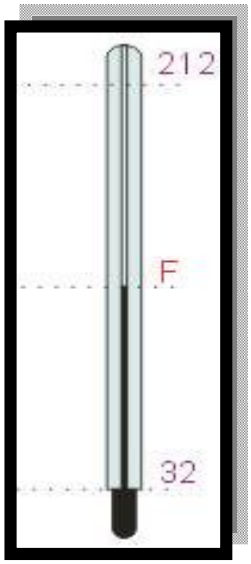
المقياس المئوي Celsius scale

يعتمد هذا التدريج لقياس درجة الحرارة على نقطة تحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة وهي درجة الإنصهار، ونقطة التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية وهي درجة الغليان للماء وفيه يعتبر درجة التجمد هى الصفر المئوى بينما درجة الغليان هي درجة ١٠٠ °م.



المقياس الفهرنهايتى Fahrenheit scale

يعتمد هذا التدريج لقياس درجة الحرارة عند نقطة تحول الماء أيضا ولكن تم اعتبار درجة الإنصهار هي درجة ٣٢ °فبدلاً من الصفر المئوى، ودرجة الغليان للماء وهي درجة ٢١٢°فبدلاً من ١٠٠°م.

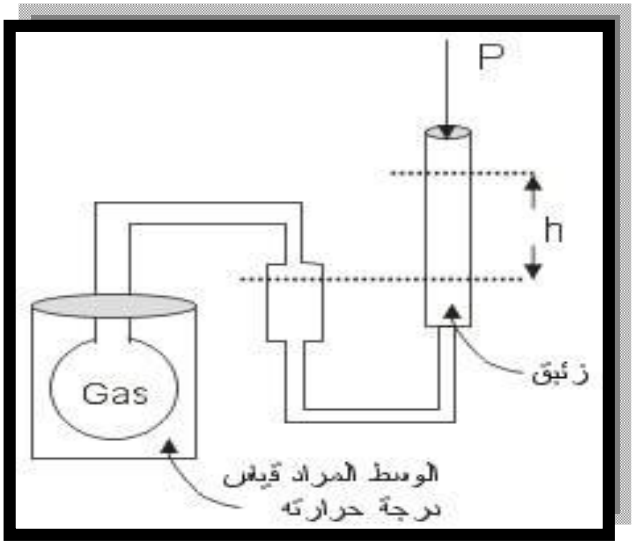


ولتوضيح العلاقة بين التدريج المئوي والتدريج الفهرنهايتي استعن بالقانون التالي:

درجة الحرارة المئوية = (درجة الحرارة الفهرنهيتية -٣٢) x $\frac{٥}{٩}$

درجة الحرارة الفهرنهيتية ={ (درجة الحرارة المئوية x $\frac{٩}{٥}$ } + ٣٢

المقياس المطلق Kelvin scale

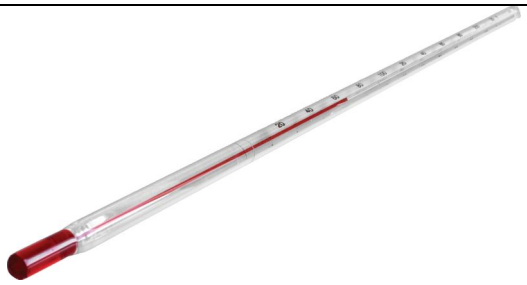


مما سبق نجد أن كلا التدريجين اعتمدا على نوع مادة السائل وهو الماء حيث تم اعتبار نقطة الإنصهار ونقطة الغليان كأساس للتدريج، وحيث أن هاتين النقطتين تعتمدان على الضغط وعدد من العوامل الأخرى لذا فإننا بحاجة إلى تدريج مطلق لا يعتمد على طبيعة المادة وهذا ما قام به العالم كلفن في تحديد تدريج مطلق لدرجة الحرارة.

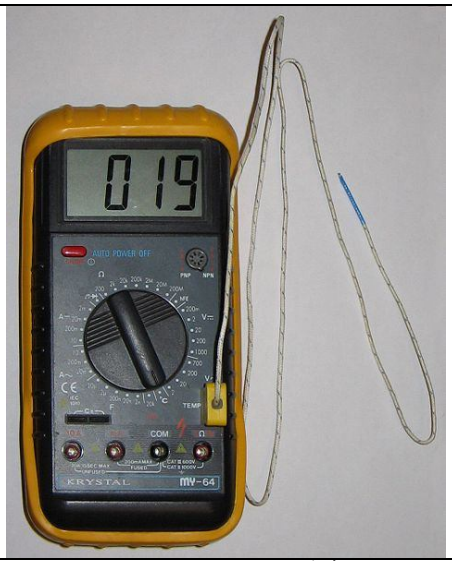
قام العالم كلفن باستخدام الترمومتر المعتمد على التغير في الضغط Gas thermometer ودرس العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة، وذلك لأكثر من غاز ووجد أن جميع الغازات يقل ضغطها بنقصان درجة الحرارة وأن الضغط يصبح صفر نظرياً عند درجة حرارة وقدرها ٢٧٣. وقد تم اعتبار هذه الدرجة هي الصفر المطلق وأنها لا تتغير بتغير نوع الغاز وعليه تم معايرة باقي التدريجات الأخرى بالنسبة للصفر المطلق. ويبين شكل (٤-٢) أنواع مختلفة من الترمومترات المستخدمة فى قياس درجات حرارة المواد الغذائية .

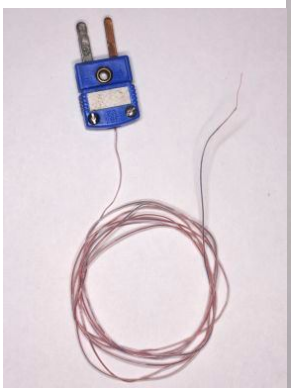
وعليه فإن العلاقة بين التدريج المئوي والتدريج المطلق هي:

التدريج المئوي = التدريج المطلق ٢٧٣



جهاز ثرموكابل يقيس درجة حرارة البطاطس





شكل (٤-٢) يبين أنواع مختلفة من الترمومترات المستخدمة فى قياسدرجات حرارة المواد الغذائية

الدرجة \المقياس	مقياس مئوى	مقياس فهرنهيتى	مقياس كلفن
درجة غليان الماء	١٠٠ درجة مئوية	٢١٢ درجة فهرنهيتى	٣٧٣ درجة كلفنية
درجة تجمد الماء	الصفر المئوى	٣٢ درجة فهرنهيتى	٢٧٣ درجة كلفنية

➢ **مثال :**

إذا كانت درجة الحرارة على المقياس الفهرنهيتى ١٠٠ درجة فهرنهيتيه . أوجد درجة الحرارة المناظرة لها بالمقياس المئوى .

➢ **الحل**

درجة الحرارة المئوية = (ف – ٣٢) × $\frac{٥}{٩}$

= (١٠٠ -٣٢) × $\frac{٥}{٩}$ = ٥و٣٧ درجة مئوية

أجهزة قياس الضغط

الضغط : هو القوة المؤثرة على وحدة المساحة

الضغط = وحدة القوة / وحدة المساحة

➢ **ويقاس الضغط بالوحدات الآتية :**

- النظام الإنجليزى : رطل /البوصة المربعة أو رطل / القدم المربعة
- النظام الفرنسى : الكيلوجرام / السنتيمتر المربع .
- وهناك وحدات آخرى لقياس الضغط (يطلق عليها الوحدات العالمية) :

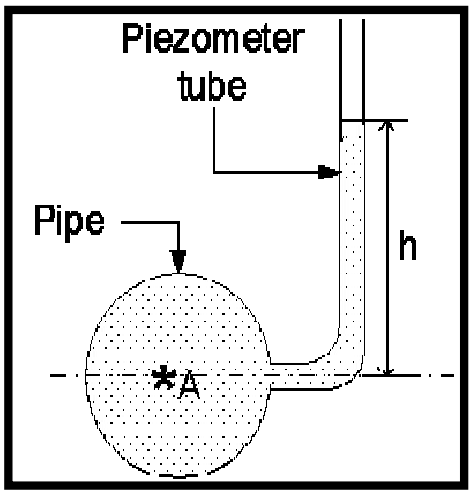
البار - البسكال .

➢ **قياس الضغط :**

يعتبر إكتساب أو توليد الضغوط المختلفة إعتباراً من الخلخلة وحتى الضغوط العالية من السمات المميزة لكثير من العمليات الإنتاجية الصناعية والطبيعية ، وبطبيعة الحال فإن توليد هذه الضغوط يعنى فى نفس الوقت قياسها .

البيزوميتر أو المانوميتر: شكل (٥-٢)

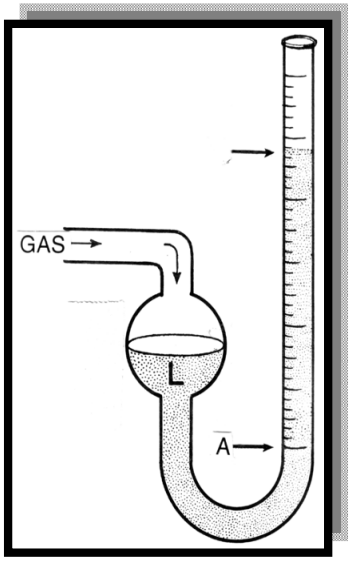
وهو أكثر أجهزة قياس الضغط سهولة ويعرف بأسم البيزوميتر أو أنبوب البيزوميتر. وهو عبارة عن أنبوب مغموس فى مجرى سريان المائع المراد قياس ضغطه. والضغط الذى يراد قياسه فى أنبوب السريان هو عبارة عن أرتفاع المائع فى أنبوب البيزوميتر عند مرحلة الأتزان مع المحيط المكتنف والذي يمثله ضغط الهواء.



شكل (٥-٢)جهاز البيزوميتر لقياس الضغط

مانومتير حرف U :شكل (٦-٢)

وهو عبارة عن أنبوبة زجاجية على شكل حرف U عليها تدريج من الخارج على كل طرف ويوجد بداخلها زئبق أو ماء ملون وعند قياس الضغط يوصل أحد طرفى الأنبوبة بالأناء المراد قياس ضغطه ويترك الطرف الأخر حر تحت تأثير الضغط الجوى فإذا كان الضغط داخل الأناء أكبر من الضغط الجوى فإنه يؤثر على الزئبق ويعمل على رفعه فى الطرف الآخر ويكون الضغط المراد قياسه مساوياً للضغط الجوى مضافاً إليه وزن عمود الزئبق المرتفع فى الطرف الحر .



شكل (٦-٢)مانومتر حرف U

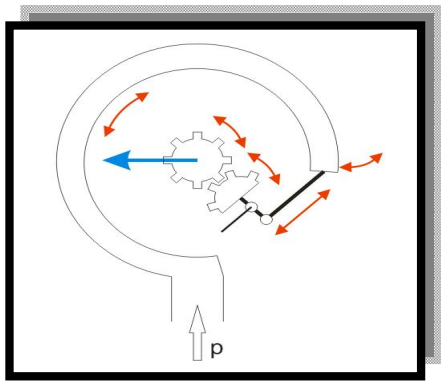
أما إذا كان الضغط داخل الأناء أقل من الضغط الجوى فإن الضغط الجوى يعمل على رفع الزئبق فى طرف المانومتر لمتصل بالإناء ويكون الضغط فى هذه الحاله مساوى للضغط الجوى مطروحاً منه وزن عمود الزئبق المرتفع فى الطرف المتصل بالإناء .

ويتم وزن عمود الزئبق بضرب الأرتفاع × الكثافة على أعتبار المسافة هى وحدة المساحات أى السم^{٢}

ويعتبر هذا النوع من المانومترات أبسطها وأرخصها ويستخدم فى قياس الضغوط العالية والمنخفضة .

مانوميتر بوردون : شكل (٧-٢)

ويستخدم هذا النوع من المانومترات مع المراجل لقياس الضغوط وذلك عن طريق أنبوبة تسمى أنبوبة بوردون تصنع من النحاس الأصفر أو الصلب والأنبوبة على شكل حلقة يتصل طرفها المقفول بمجموعة من الروافع تتصل بالمؤشر ويتصل طرفها المفتوح بأنبوبة توصيل.



شكل (٧-٢) مانومتر بوردون

وعند تأثير الضغط داخل الأنبوبة فإنها تعمل عمل الياى وتتحرك إما تمدد للخارج في الضغط المرتفع أوانكماش للداخل في الضغط المنخفض وعلى ذلك يتم نقل حركة أنبوبة بوردون إلى الروافع ثم المؤشر الذي يقرأ الضغط على التدريج .

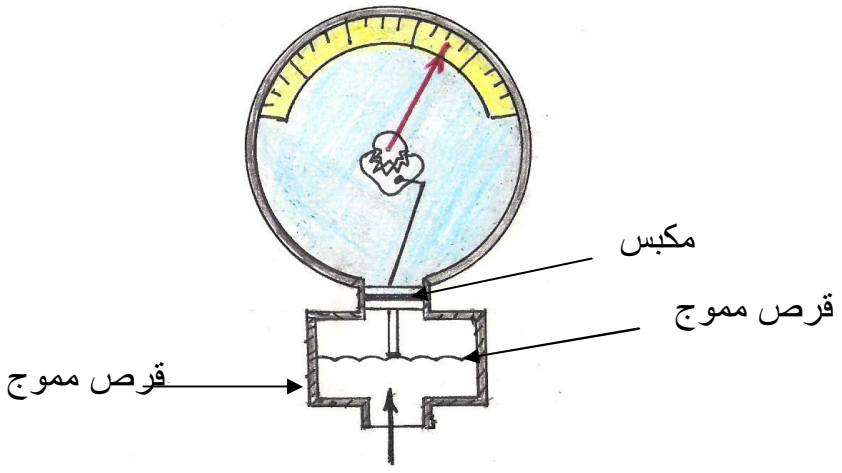
وتتوقف درجة تمدد أو إنكماش أنبوبة بوردون على العوامل الآتية :

١. قطر الإنحناء وبالتالى طول الأنبوبة .
٢. سمك جدار الأنبوبة .
٣. المادة المصنوع منها الأنبوبة .
٤. الضغط داخل الأنبوبة .

مانوميتر القرص الزنبركى : شكل (٨-٢)

ويستخدم هذا النوع فى جميع أنواع قياسات الضغوط إلا انه لايصلح لقياس الفرق بين ضغطين أو أكثر وهو يقيس ضغوط الغازات والبخار والسوائل .

وهو يتكون من علبة محكمة القفل يوجد بها رقيقة معدنية مموجه ومثبته بإحكام بين النصف السفلى والنصف العلوى للعلبة حيث يتعرض الحيز السفلى للرقيقه عن طريق رافعه تعمل عمل زراع المكبس الذى تنقل الحركة إلى مجموعة من الروافع ثم إلى المؤشر الذى يتحرك على التدريج .



شكل (٨-٢) مانومتر القرص الزنبركى

أجهزة قياس الوزن والحجم

أولاً : أجهزة قياس الوزن

الوزن : هو قوة جذب الأرض للجسم .

الكتلة : هى مقدار ما يحتويه الجسم من مادة .

➢ **وحدات قياس الكتلة :**

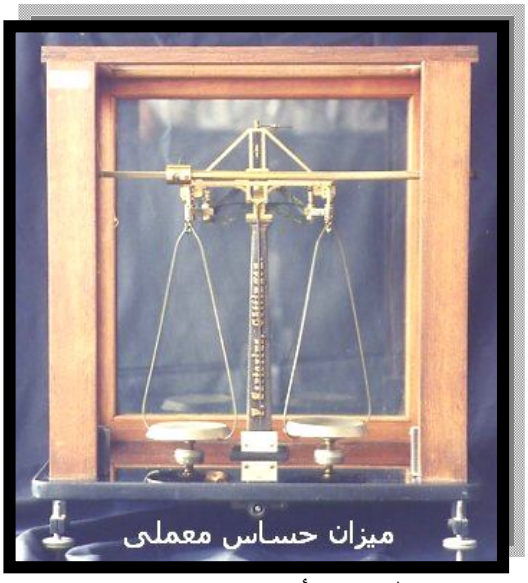
١. النظام الفرنسى (الجرام – الكيلو جرام – الطن) .

٢. النظام الإنجليزي (الباوند – الطن) .

➢ **ومن الموازيين المستخدمة فى قياس الكتلة نذكر منها :**

١. **الميزان الحساس :** شكل (٩-٢ أ،ب)

وهو ميزان ذو دقة عالية ولذاك يستخدم لتقدير وزن المواد الكيميائية والمعادن النفيسة مثل الذهب والفضة والبلاتين وغيرها وهو يتركب من :



شكل (٩-٢أ)

أ – القاعدة :

وهى تصنع من الخشب ويمكن جعلها أفقية عن طريق مسامير محواه توجد أسفل القاعدة .

ب – القائم الأجوف :

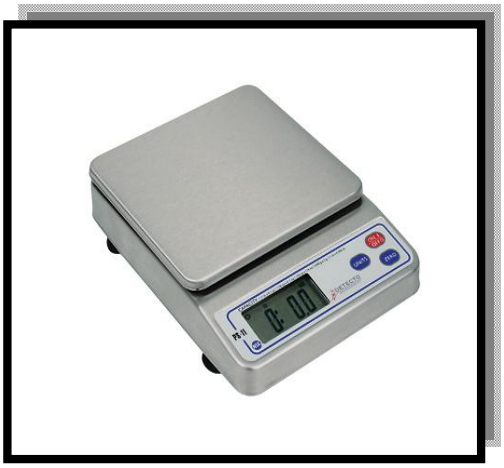
وهو يتصل بالقاعدة مباشرة ويوجد بداخله قائم مصمت عند رفعه يعمل على رفع قب الميزان كما يوجد على القائم الأجوف من أسفل تدريج يتحرك عيه مؤشر ليدل على أفقية القب ، كما يوجد فى الطرف الأعلى للقائم الأجوف ساند عمود الكفتين عند عدم عمل الميزان .

ج – قب الميزان :

وهو يرتكز على ساند يتصل بالقائم الأجوف كما يوجد بنهايته منطقتين لتعليق الكفتين .

د – الكفتين :

وتعلق كل منهما على سن ارتكاز فى تهاية القب ويلاحظ إن سن الارتكاز يساعد على دقة الحركة ومنع الإحتكاك .



شكل (٩-٢ ب)موازين حساسة

➢ **طريقة عمل الميزان :**

عند استخدام الميزان يجب ضبط القاعدة أفقياً ثم يرفع القب وهو فارغ على سن ارتكاز القائم الداخلى ويتم ضبط أفقية القب عن طريق المسماريين المحويين بالقب ويلاحظ أن يكون المؤشر فى منتصف التدريج عند الضبط وبعد ذلك يخفض القب وتوضع المادة المراد وزنها فى احد الكفتين ثم توضع الصنج فى الكفة الأخرى .

ويوجد حالياً موازين حساسة الكترونية حيث يتم معرفة الوزن عن طريق شاشة تظهر وزن المادة مباشرة بعد وضعها على كفة الميزان .

٢. الميزان المعتاد :

وهو أبسط أنواع الموازيين وهو عبارة عن قب يرتكز من منتصفه على محور ارتكاز فى قاعدة الميزان ويوضع على طرفي القب كفتين متساويتين وعند منتصفة يوجد مؤشر ويجب أن تكون الكفتين في مستوى أفقي واحد قبل عملية الوزن .

الميزان ذو الكفتين والمؤشر : وهونفس فكرة الميزان السابق غير أن الكفتين مخصص أحدهما للمادة المراد وزنها والأخرى لوضع الصنج ويوجد بمنتصف الميزان تدريج يتحرك عيه مؤشر يبين الفرق فى الكتلة بين الكفتين فمثلاً فى الموازين ذات التى يكون تدريجه من صفر – ١٠٠٠ جرام يعطى المؤشر قيمة الوزن مباشرة إذا كانت الكتلة المراد وزنها أقل فى حدود الكيلو جرام أما إذا كانت الكتلة المراد وزنها أكبر من ذلك فإننا نضع بعض الصنج فى كفة الميزان وتكون قراءة المؤشر مضافه على هذه الصنج .

٣. الميزان القبانى :

وهو ميزان يستخدم لوزن الأوزان الكبيره نسبياً مثل بالات القطن وأجولة الخضار والفاكهة وغيرها وهو قائم معدني مدرج ينتهي من أحد طرفيه بمنطقة تعليق الكتله المراد وزنها وبعدها بمسافة صغيرة منطقة لتعليق الميزان كما يوجد كتلة معدنية تتحرك على قب الميزان تسمى الرمانه وهى تتزن مع الكتلة المراد وزنها .

٤. ميزان الطبلية : شكل (١٠-٢)

وهو عبارة عن قاعدة معدنية ترتكز على مجموعة من الروافع بحيث يمكن نقل الضغط الذي يقع على هذه القاعدة إلى رافعة تسمى قب الميزان فتعمل على إمالته وبتحريك الرمانة على القب يستعيد أفقيته عند التدريج الذي يدل على قيمة الوزن .

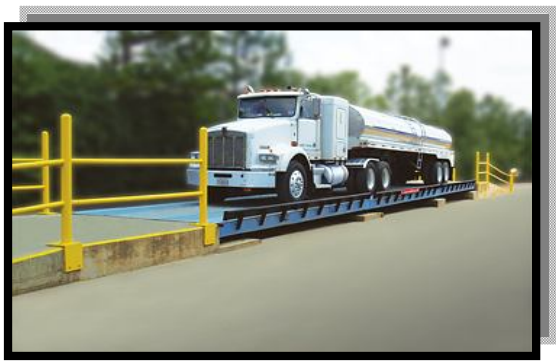
شكل (١٠-٢) **ميزان الطبلية**

٥. الميزان الزنبرك :

وهو ميزان يستخدم لوزن الأوزان الصغيرة وهو ميزان بسيط يشكل حيز صغير ويتكون من غلاف معدنى به تدريج زجاجى على أحد جوانبه ويوجد داخل الغلاف ياى ينتهى من أسفل بمؤشر يتحرك على هذا التدريج بحيث يكون المؤشر عند صفر التدريج فى حالة عدم تحميل الميزان وعند تعليق الجسم المراد وزنه فى خطاف الميزان فإن الياى يستطيل وتتناسب استطالته مع الحمل المعلق ومن عيوبه أن الياى يفقد مرونته وعلى ذلك تكون قراءته غير دقيقة .

٦. ميزان بسكول :

وهو يستخدم فى وزن السيارات المحملة بالمواد الخام الداخلة لمصانع الأغذية شكل (١١-٢).



شكل (١١-٢) ميزان بسكول

ثانياً : قياس وتقدير حجم الأجسام :

الحجم :هو مقدار مايشغله الجسم من فراغ ويقدر الحجم بالوحدات المكعبة للطول فمثلاً يقاس الحجم فى النظام الفرنس بالوحدات (السنتيمتر المكعب - اللتر - المتر المكعب) أما فى النظام الإنجليزى يقاس الحجم بالقدم المكعب .

١. **قياس حجم السوائل** :

يتم حساب حجم السوائل بوضعها فى أوانى ذات سعه ثابته مثل المكاييل اللتر أو بوضعها فى مخبار مدرج يمكن منه بسهولة معرفة الحجم أو بوضعها فى اناء منتظم الشكل يمكن معرفة أرتفاع السائل به وبحساب مساحة القاعدة فى الأرتفاع ينتج حجم السائل المراد معرفة حجمه .

٢. **قياس حجم الأجسام الصلبة :**

الجسم المنتظم الشكل : يتم حساب حجمه بالطرق الحسابية مثل :

- حجم الأسطوانة = مساحة القاعدة × الأرتفاع
- حجم الكره = $\frac{٤}{٣}$ ط نق^{٣}
- حجم المنشور القائم = مساحة القاعدة × الأرتفاع
- حجم متوازى المستطيلات = مساحة القاعدة × الأرتفاع
- حجم المخروط = ١/٣ مساحة القاعدة × الأرتفاع

الجسم الغير منتظم : يتم حساب حجمه عن طريق وضعه فى اناء به سائل معلوم الحجم فيعمل الجسم على ازاحة الماء وتكون الزيادة فى الحجم هى مقدار حجم الجسم الغير منتظم .

ثالثاً : أجهزة قياس الوزن النوعي

➢ **الوزن النوعي Specific Gravity:**

يعرف الوزن النوعي لأي مادة ، بأنه وزن حجم معين لهذه المادة علي درجة حرارة معينة منسوب إلي وزن نفس الحجم من الماء علي نفس درجة الحرارة.

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{وزن حجم معين من المادة عند درجة حرارة معينة}}{\text{وزن نفس الحجم من الماء على نفس درجة الحرارة}}$$

ويحتوي اللبن علي جوامد ذات أوزان نوعية أعلي من الماء ولذلك فإن وزنه النوعى أعلى من الواحد الصحيح.

يعتبر الدهن هو المركب الوحيد من هذه الجوامد الذي له وزن نوعي أقل من الواحد الصحيح لذا فإن زيادة نسبته في اللبن تؤدي إلي انخفاض الوزن النوعي للبن.

الوزن النوعي للبن يتراوح ما بين ١.٠٢٦ – ١.٠٣٦ بمتوسط ١.٠٣٢ علي درجة حرارة ٦٠° ف (١٥.٥°م).

ويقاس الوزن النوعي بميزان وستفال أو اللاكتوميتر وهو الشائع حاليا وأسرع في طريقة تقديره ويرجع اختلاف الوزن النوعي إلي اختلاف مكونات اللبن وأوزانها النوعية. شكل ( )

أولا :الوزن النوعي للبن :

يعتبر اختبار الوزن النوعي من أهم الإختبارات الطبيعية التي تجري علي اللبن ، ويجدر بنا قبل الدخول في تفاصيل هذا الإختبار، توضيح الفرق بين الكثافة والوزن النوعي.

الكثافة : هي النسبة بين كتلة وحدة الحجوم لهذه المادة أي هي وزن وحدة الحجم أي وزن السنتيمتر المكعب من المادة علي درجة حرارة معينة.

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} \text{ على نفس درجة الحرارة}$$

الوزن النوعي للبن : يتراوح ما بين ١.٠٢٧ – ١.٠٣٦ بمتوسط ١.٠٣٢ وهو المتوسط الحسابي لمكونات اللبن (ماء – دهن – بروتينات – سكر – أملاح).

➢ **أهمية إجراء الاختبار:**

١- أحد الإختبارات المكملة للحكم علي سلامة اللبن من الغش.

٢- يساعد في إيجاد تقدير المادة الصلبة الموجودة باللبن.

٣- يساعد في معرفة تصافي المنتج.

٣- يساعد في تقدير سعر اللبن.

➢ **العوامل التى تؤثر على الوزن النوعى للبن:**

١- **تركيب اللبن** :كلما زادت الجوامد الكلية في اللبن زاد وزنه النوعي.

٢- **دهن اللبن:** عند إضافته يقلل من الوزن النوعي لانخفاض وزنه النوعي عند نزع جزء منه يرفع الوزن النوعى وعلى ذلك فالوزن النوعى للبن الفرز أعلي من اللبن الكامل(اللبن الفرز ١.٠٤٠) بينما الوزن النوعي للقشدة أقل من اللبن الكامل (٠.٩٨) تقريبا.

٣- **إضافة الماء:** يقلل من وزنه النوعي ويتوقف ذلك حسب كمية الماء المضافة.

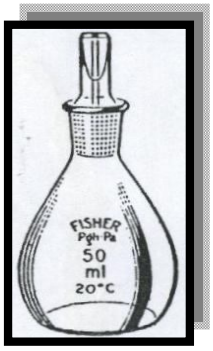
٤- **إضافة مادة صلبة:** ترفع من الوزن النوعي.

٥- **درجة الحرارة:** كلما انخفضت زاد الوزن النوعي لزيادة لزوجته ونقص حجمه مع ثبات وزنه والعكس عند ارتفاع الحرارة.

٦ - **الفترة بعد الحلابة:** يزداد الوزن النوعي للبن بتقدم فترة حفظه بعد الحلب حتى تثبت بعد ١٨-٢٢ ساعة وذلك نتيجة التبريد وخروج الغازات.

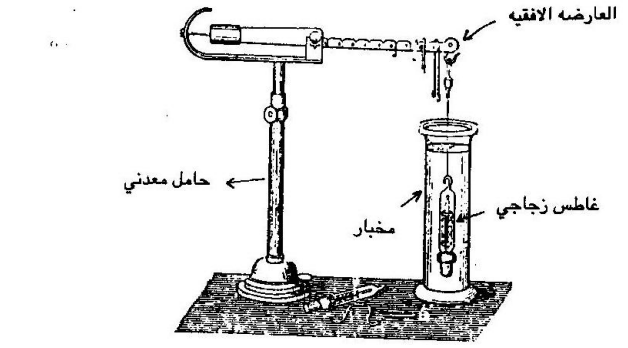
➢ **طرق تقدير الوزن النوعى:**

١- طريقة قنينة الكثافة.

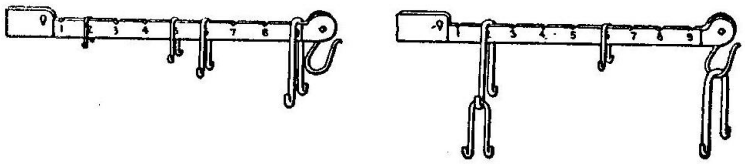


شكل يوضح قنينة الكثافة

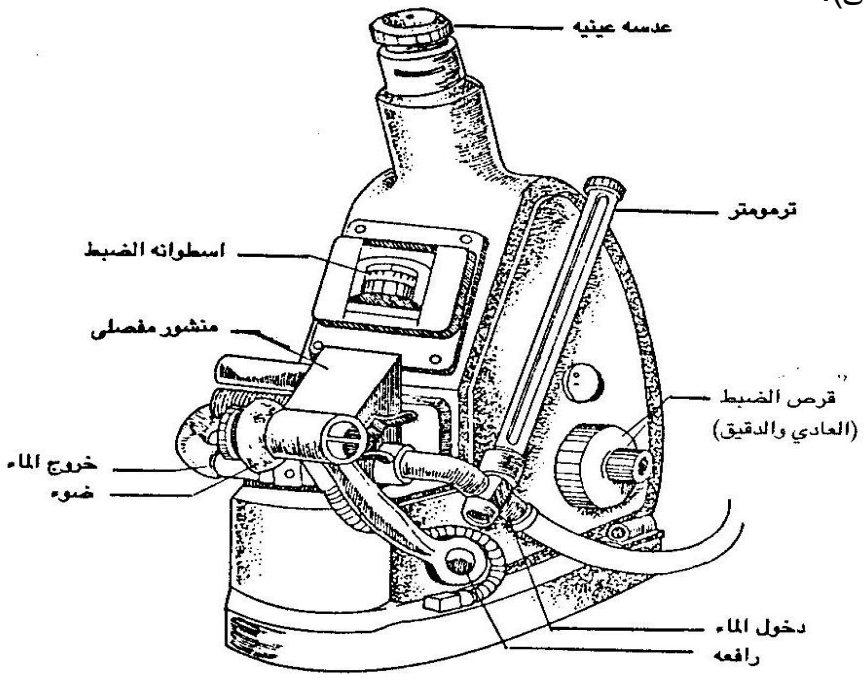
٢- طريقة ميزان ويستيفال.



ميزان ويستفال



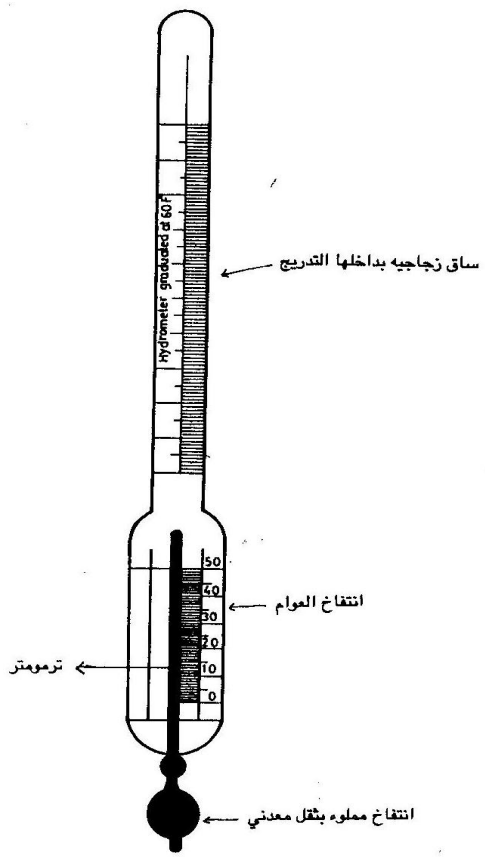
٣- الرافركتوميترات (عن طريق قياس معامل الإنكسار ومن خلاله يمكن حساب الوزن النوعى).



شكل يوضح الرفراكتوميتر

٤- طريقة اللاكتوميتر شكل (١٢-٢).

والأخيرة هي الأكثر شيوعا في معامل الألبان لسهولة إجرائها ولسرعة نتائجها، وسنقتصر في الشرح علي هذه الطريقة بغرض التدريب علي إتقان وتفهم طريقة الأداء لعملية تقدير الوزن النوعي والأجهزة المستخدمة له.



شكل (١٢-٢) يوضح اللاكتوميتر

❖ **<u>تقدير الوزن النوعى للبن بواسطة اللاكتوميتر</u>**

الأدوات :

١- لاكتوميتر

٢- مخبار زجاجي قطره الداخلي أوسع من قطر اللاكتوميتر.

٣- ترمومتر فهرنهيتي أو مئوي ويتم تحويل الحرارة .

٤ – إناء مسطح.

خطوات العمل:

١ - تعديل درجة حرارة عينة اللبن ما بين ٥٠- ٧٠ ْ ف ويفضل ٦٠ ْ ف (١٥.٥ ْ م).

٢- تقلب العينة جيدا بمقلب نظيف أو تصب العينة عدة مرات لتجانسها.

٣-يوضع اللبن باحتراس في المخبار الزجاجي مع إمالته بزاوية ٤٥ ْ ويكون الصب علي الجدار الداخلي لمنع تكوين رغاوى تعيق قراءة اللاكتوميتر مع ملأ المخبار حتى النهاية.

٤-يوضع المخبار داخل الإناء لاستقبال اللبن المزاح.

٥-يمسك اللاكتوميتر من أعلي الساق المدرجة باليد اليمني ويغمر برفق داخل اللبن مع دفعه إلي أسفل وا ٍدارته وذلك لضمان حرية الحركة واتركه حتى يثبت رأسيا وسط المخبار.

٦-تؤخذ القراءة المحاذية لسطح اللبن وتدون وهي القراءة الأصلية.

٧-ضع طرف الترمومتر داخل اللبن وسجل درجة حرارة العينة نفرض أنها (د).

٨- عدل قراءة اللاكتوميتر كالآتي:

أ - أضف ٠.٥ ْ لاكتومترية إلي قراءة اللاكتوميتر المسجلة لتصحيح الخطأ الناشئ عن الجذب السطحي الواقع بين اللبن والسطح الزجاجي للاكتومتر.

ب- إذا كانت درجة الحرارة المسجلة ٦٠ْف بالضبط فإن قراءة اللاكتوميتر بعد إضافة الجذب السطحي تعتبر قراءة معدلة ونهائية.

جـ- فى حالة اختلاف درجة الحرارة.

أولا: عند زيادتها عن ٦٠ ْ ف يضاف ١.٠ درجة لاكتوميترية لقراءة اللاكتوميتر لكل ١ °ف زيادة عن ٦٠ ْ ف.

ثانيا: وعند النقص يخصم ١.٠ درجة لاكتومترية بالقراءة من قراءة اللاكتوميتر لكل ١ °ف تقل عن ٦٠ ْ ف وتعرف القراءة الناتجة بعد التعديل بالقراءة المعدلة.

٩- حساب الوزن النوعي:

- تعديل فرق درجات الحرارة =(د –٦٠ْ ف) × ١.٠

- القراءة المعدلة (ل) = قراءة اللاكتوميتر الأصلية + ٠.٥ للجذب السطحي ± تعديل فروق درجات الحرارة × ٠.١

❖ الوزن النوعي = $\frac{\text{قراءة اللاكتوميتر المعدلة (ل)}}{١٠٠٠}$ +١

مثال : (١)

إذا كانت قراءة اللاكتوميتر لعينة من اللبن هي ٣١ ودرجة الحرارة ٦٥° ف . فما هو الوزن النوعي لعينة اللبن .

الحل :

١ - تعديل فرق درجات الحرارة = (٦٥ – ٦٠) × ٠.١ = ٥ × ٠.١ =+ ٠.٥

٢ – القراءة المعدلة (ل) = ٣١ + ٠.٥ + ٠.٥ = ٣٢°

٣- الوزن النوعي = $\frac{٣٢}{١٠٠٠}$ +١ = ١.٠٣٢

مثال : (٢)

إذا كانت قراءة اللاكتوميتر لعينة من اللبن هي ٢٨ ودرجة الحرارة ٥٥° ف . فما هو الوزن النوعي لعينة اللبن .

الحل :

١ - تعديل فرق درجات الحرارة = (٦٠ – ٥٥) × ٠.١ = ٥ × ٠.١ =- ٠.٥

٢ – القراءة المعدلة (ل) = ٢٨ + ٠.٥ - ٠.٥ = ٢٨°

٣- الوزن النوعي = $\frac{٢٨}{١٠٠٠}$ +١ = ١.٠٢٨

ويجب مراعاة الآتى عند أستخدام اللاكتوميتر :

١. يجب جفاف المخبار واللاكتوميتر وأن يكون قطر المخبار أكبر من قطر اللاكتوميتر
٢.تصفية اللبن جيداً بحيث يكون خالياً من المواد الغريبة العالقة ومزج اللبن جيداً ولايكون فى المخبار أى فقاقيع هوائية .
٣. عدم قراءة اللاكتومتر إذا كان ملاصقاً لجدار المخبار .
٤. تسجل درجة حرارة اللبن عند أخذ قراءة اللاكتومتر لعمل التصحيح اللازم .
٥. قراءة اللاكتومتر عند السطح العام للبن مع مراعاة أن يوضع المخبار على سطح أفقى

أجهزة قياس نسبة الحموضة

حموضة اللبن:

اللبن الطازج له خاصية أمفوترية. بمعني أنه يمكنه تحويل صبغة عباد الشمس الحمراء إلي زرقاء والزرقاء إلي حمراء وهذا نتيجة لوجود كازين اللبن والأملاح الحمضية (الفوسفات والسترات) ، غاز ثاني أكسيد الكربون ، وهذه جميعها تؤثر في درجة الـ **pH** والتي تصل إلي ٦.٦. وعند تقدير الحموضة بالمعايرة تكون ٠.١٤ –٠.١٦ % وهذه تعرف بالحموضة الأساسية (الطبيعية) للبن.

وبترك اللبن فترة من الزمن علي درجة الحرارة العادية تزداد الحموضة أو يقل الـ pH تدريجيا نتيجة لتحول سكر اللبن إلي حامض اللاكتيك بفعل بعض الميكروبات الموجودة أصلا في اللبن أثناء حلابته والتي انتقلت إليه أثناء تداوله ، وهذه الحموضة الكلية وتشمل (الحموضة الأساسية + الحموضة المتكونة) .

وتعرف الحموضة الكلية للبن بأنها :

عدد جرامات حمض اللاكتيك الموجودة في ١٠٠ جرام أو ١٠٠سم^{3} لبن تجاوزا – وسبب اتخاذ حمض اللاكتيك كمقياس للحموضة ، ما هو إلا تسهيلا للعمل ولأنه يعتبر من النواتج الأساسية عند تخمر اللبن وازدياد حموضته.

❖ العوامل المؤثرة علي حموضة اللبن:

أ- عوامل تختص بحيوان اللبن وهي:

١- **تغذية الحيوان:** تزداد الحموضة عند التغذية علي حشائش حامضية والأعلاف التي تزيد بها نسبة المواد الحامضية.

٢- **فردية الحيوان:** تختلف الحموضة من حيوان لأخر لإختلاف تركيب اللبن تبعا للمكونات الحمضية به.

٣- **الحالة الصحية:** تقل الحموضة فى اللبن الناتج من الحيوانات المصابة بالتهاب الضرع .

٤- **موسم الحلب**: في أول موسم الحلب (فترة السرسوب) ترتفع الحموضة لارتفاع نسبة الكازين الألبيومين والجلوبيولين وتصل إلي معدلها الطبيعي بعد انتهاء فترة السرسوب وتنخفض في نهاية موسم الحلب إلي ٠.١٢%.

ب- عوامل تختص بظروف إنتاج اللبن وتداوله:

١- **درجة تلوث اللبن**: ترتفع الحموضة بازدياد درجة تلوث اللبن بالميكروبات التي تساعد علي سرعة تخمره.

٢- **درجة الحرارة**: تزداد الحموضة بارتفاع درجة الحرارة التي تساعد علي ازدياد نشاط الميكروبات الموجودة به.

٣- **تبريد اللبن** : خفض درجة الحرارة للبن إلي ٤-٥°م توقف ازدياد الحموضة لذلك تطول مدة حفظه أثناء النقل صيفا.

٤- **مدة نقل اللبن**: تزداد الحموضة بطول الفترة التي يتعرض لها اللبن أثناء نقله وتداوله دون تبريده.

٥- **إضافة المواد الحافظة أو المواد القلوية أو الغش بالماء**: تخفض من درجة الحموضة.

❖ اختبارات الحموضة :

كما سبق ذكره أن حموضة اللبن الطازج عند حلابته ٠.١٤ – ٠.١٥% وهي تسمي بالحموضة الطبيعية أو الأساسية ثم تزيد هذه الحموضة بعد فترة بتأثير تحول سكر اللاكتوز إلي حمض لاكتيك وعند تقدير الحموضة للبن يتم تقدير الحموضة الكلية مقدرة كحمض لاكتيك .

❖ طرق تقدير الحموضة:

أ - اختبار التجبن بالغلي:

أساس الاختبار :

إذا وصلت حموضة اللبن ٠.٢٤% أو أكثر فإنه يتجبن عند تسخينه إلي درجة الغليان (١٠٠.٥°م) ويظهر التجبن علي هيئة قطع صغيرة ويعرف باللبن القاطع. وتكون الحبيبات أصغر في حالة الحموضة الأقل . ويتجبن اللبن عند ملامسته للحرارة إذا كانت حموضته ٠.٥% فأكثر ويبين شكل (١٣-٢)أجهزة قياس أيون الهيدروجين الموجود فى المادة المراد قياس درجة الحموضة بها .

اختبار التجبن بالكحول :

وهذا الإختبار أدق من اختبار التجبن بالغلي ولكنه لا يحدد درجة الحموضة بالضبط .

أساس الاختبار :

أن اللبن يتجبن عند رجه مع كحول الايثايل ٦٨% إذا وصلت حموضته ٠.٢١% فأكثر.

تقدير الحموضة بالتعادل (المعايرة) :

أساس الاختبار:

تعادل قلوي معلوم العيارية مع حمض اللبن في وجود جوهر كشاف (دليل الفينولفثالين) لتحديد نقطة التعادل .

الأدوات اللازمة :

١. سحاحة مدرجة مثبتة علي حامل .
٢. ماصة ١٠سم٣ .
٣. جفنه صيني أو دورق مخروطي .
٤. ساق زجاجي .

الخامات والمحاليل اللازمة :

١. محلول صودا كاوية $\frac{١}{٩}$ عياري .
٢. دليل الفينولفثالين ٠.٥% .

٣. عينة اللبن المراد اختبارها .

خطوات إجراء الاختبار :

١- إعداد السحاحة وملئها بالقلوي ويتبع الأتى:

(أ) تغسل السحاحة جيداً بالماء المقطر .

(ب)تغسل بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH ويمرر المحلول من الصنبور لإزالة أثار الماء.

(ت)تملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** $\boxed{\frac{١}{٩}}$ لأعلي من نهاية التدريج.

(ث)يفتح الصنبور تدريجيا ويسمح بمرور المحلول مع عدم وجود فقاعات هوائية ثم يقفل ويدون القراءة الموجود عندها المحلول (قراءة أولى).

٢- تقلب عينة اللبن ويؤخذ بالماصة ١٠سم٣ وتوضع في الجفنة أو الدورق مع ملاحظة – ملامسة طرف الماصة لجدار الجفنة أو الدورق وعدم النفخ .

٣- يضاف ٤-٥ نقط دليل الفينولفثالين مع الرج أو التقليب.

٤- توضع الجفنة أو الدورق أسفل صنبور السحاحة وينقط محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH مع التقليب أو الرج حتى ظهور نقطة التعادل وهي اللون الأحمر الوردي الخفيف الذي يستمر نحو دقيقة عندها يوقف التنقيط .

٥- خذ القراءة للتدريج المقابل لسطح الصودا الكاوية ودونها (قراءة ثانية) .

٦- طريقة الحساب :

حجم الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) اللازمة للتعادل = القراءة الثانية – القراءة الأولى

٧- تدوين النتائج للعينات :

(أ) القراءة الأولى = سم٣ (ب) القراءة الثانية = سم٣

حجم NaOH اللازمة للتعادل = القراءة الثانية للسحاحة- القراءة الأولى = سم٣

$$\% \text{ للحموضة} = \frac{\text{حجم الصودا الكاوية المستخدمة (سم٣)}}{١٠}$$

مثال : (١)

إذا كانت القراءة الأولى للسحاحة ٣.١ سم٣ والقراءة الثانية ٥ سم٣ فما هي النسبة المئوية لحموضة العينة .

الحل :

حجم NaOH اللازم للتعادل = ٥.٠ – ٣.١ = ١.٩ سم٣

$$\% \text{ للحموضة} = \frac{١.٩}{١٠} = ٠.١٩\%$$

➢ **أهمية إجراء اختبار حموضة اللبن :**

١.تحديد قبول أو رفض اللبن حيث يرفض اللبن الذي تزيد حموضته عن ٠.٢% .

٢. تحديد مدي صلاحية اللبن للمعاملة الحرارية فاللبن الذي تزيد حموضته عن ٠.٢٣% لا يصلح للصناعات اللبنية التي تحتاج معاملة حرارية مثل: (البسترة ، التعقيم ، الغلي ، التكثيف ، التجفيف ، الزبادي) .

٣. يمكن به الاستدلال علي مدي نظافة اللبن والظروف التي تعرض لها أثناء الإنتاج ومعاملة اللبن بعد الحلب من تصفية وتبريد.

٤. الإستدلال علي الحالات المرضية فاللبن الذي تنخفض حموضته عن الحموضة الطبيعية يدل علي إصابة الحيوان بالتهاب ضرع أو الغش بإضافة مادة حافظة أو مواد قلوية أو ماء .

شكل (١٣-٢) يوضح نماذج لأجهزة قياس تركيز أيون الهيدروجين

أجهزة قياس نسبة الدهن

تقدير نسبة الدهن باللبن

الغرض من إجراء الإختبار :

١- يحدد مدي مطابقة اللبن للحدود القانونية والتشريعات.

٢- يمكن تحديد سعر اللبن علي أساس سعر البنط (مباشر – غير مباشر).

٣- يتم علي أساسها توجيه اللبن للصناعات المختلفة إما إنتاج جبن أو لبن شرب في حالة انخفاض نسبة الدهن أو منتجات دهنية في حالة ارتفاعها.

٤- يتوقف عليه تصافي المنتجات اللبنية في حالة ارتفاعها.

٥- تفيد منتجي اللبن في تحديد الكفاءة الإنتاجية للماشية وأسس انتخابها وحساب كمية العلائق اللازمة لها.

الأســاس العلمي:

تفاعل حامض كبريتيك مركز ذو كثافة معلومة معينة مع مكونات اللبن ويتم هضم البروتين وانطلاق الدهن في حالة سائلة وذلك بعد تحطيم غشاء الفوسفوليبيدات المحيط بالحبيبة ووجود كحول إيمايل يسهل فصل الدهن رائقا ، ويتم تجميعه بالطرد المركزي لقياس حجمه.

الأدوات المستخدمة:

١- أنابيب جربر الخاصة باللبن: شكل (١٤-٢)

هي أنبوبة زجاجية سعتها ٢٢ سم٣ تتكون من مستودع به ساق مدرجة من صفر إلي ٩ أو ١٠ أقسام كل منها يدل علي ١% من الدهن ، ويسمي (بنط) وكل قسم مقسم إلي عشرة أجزاء كل منها ٠.١% من الدهن ويسمي (ريشه) ، وينتهي الساق المدرجة بانتفاخ كمثري الشكل مقفل به دائرة من الزجاج المصنفر لكتابة رقم العينة ونوعها ، وهناك أنواع كثيرة من أنابيب جرير تختلف في التدريج حسب نوع المنتج فهناك (القشدة – الزبد – السمن- الجبن- اللبن الفرز).

٢-سدادات مطاط مخروطية الشكل خاصة للأنابيب لا تتأثر بالأحماض.

٣-مجموعة من الماصات أو الأجهزة البديلة:

أ- ماصة ١٠ سم٣ للحمض ولها فقاعتان أمان أو فقاعة واحدة ومستودع ، وهناك جهاز بديل يسمي بغراب الحمض وهو أسهل في الإستعمال وأقل خطورة.

ب- ماصة ١١ سم٣ للبن وليس لها فقاعات أمان ولها مستودع.

ج- ماصة١ سم٣ لكحول الإيمايل ولها فقاعة أمان وليس لها مستودع وهناك جهاز لها يسمي بغراب الكحول.

٤-جهاز الطرد المركزي:

ويعرف بصينية جربر وهي تدار إما يدويا أو كهربائيا سرعتها ١٢٠٠ دورة / الدقيقة وبها أماكن أسطوانية لوضع الأنابيب السابق إعدادها مزدوجة ومتقابلة ، ويوجد بغطائها زجاجة بيان للسرعة ، ومنها ما قد يكون بها سخان كهربيا للمحافظة علي حرارة الأنابيب.

٥-حمام مائي : وهو صندوق معدني به أنابيب يوضع به ماء ساخن لدرجة ٦٥°م ويستغنى عنه في حالة وجود السخان بجهاز الطرد المركزى.

٦-حامل للأنابيب .

الخامات والمحاليل اللازمة :

١- حامض كبريتيك قوته ١.٨٢٠ ــ١.٨٢٥ وهو يعمل علي تجبن اللبن ثم إذابة الخثرة المتكونة وكربنه اللاكتوز ونتيجة لذلك تنطلق حرارة تعمل علي انصهار الدهن.

٢- عينة اللبن المراد تقدير نسبة الدهن بها.

٤- كحول إيمايل قوته ٠.٨١٥ ــ٠.٨٢٥ وهو يساعد علي سرعة فصل الدهن رائقا.

خطوات إجراء الاختبار:

١- خذ ١٠ سم٣ حامض كبرتيك بواسطة الماصة الخاصة أو بالجهاز البديل ويصب باحتراس علي جدار أنبوبة جربر الداخلي.

٢- يؤخذ ١١ سم٣ لبن من العينة بعد تدفئتها وتقليبها جيدا لتجانسها وتستعمل الماصة الخاصة ويصب اللبن باحتراس علي الجدار الداخلي للأنبوبة دون ملامسة طرف الماصة بالحامض.

٣- يؤخذ ١ سم٣ كحول إيمايل بواسطة الماصة أو الجهاز البديل وتصب فوق سطح اللبن داخل أنبوبة جربر .

٤- تمسك الأنبوبة من السدادة باليد اليمني والجزء الكمثري باليد اليسري وترج بحركة اهتزازية رحوية حتى تمام ذوبان الخثرة ، ثم تقلب الأنبوبة رأسا علي عقب مرتين إلي ثلاث لضمان مزج وتجانس جميع المحتويات.

٥- ضع الأنبوبة (الأنابيب) بعد ترقيمها داخل الأسطوانة بجهاز الطرد المركزي علي أن تكون متقابلة والساق المدرجة في اتجاه محور الدوران (في حالة أنبوبة واحدة توضع في الجهة المقابلة أنبوبة أخري بها ماء لحفظ التوازن) ويدار الجهاز بسرعة ١٢٠٠ دورة / الدقيقة لمدة ٥ دقائق .

٦- يترك الجهاز ليقف تلقائيا ثم تخرج الأنابيب والساق المدرجة لأعلي.

٧- اضبط عمود الدهن بواسطة السدادة المطاط علي بداية التدريج بتحريك السدادة لأسفل أو لأعلي ثم يقرأ عمود الدهن بطرح تدريج البداية والنهاية ما لم تكن البداية صفر والقراءة تمثل النسبة المئوية للدهن.

٨-اقلب الأنبوبة ثم افتح السدادة باحتراس أفرغ محتوياتها في زجاجة فارغة حتى يمكن تجميع المحتويات واستعمالها في عمليات تنظيف المعامل ثم أغسل الأنبوبة بالماء الدافئ لإزالة أثار الحامض والدهن ثم تغسل بفرشاة بمحلول منظف ١% صودا كاوية ثم شطفها جيدا بماء ساخن وأحفظ الأنابيب مقلوبة علي الحامل.

ما يجب مراعاته عند تقدير نسبة الدهن باللبن بطريقة جربر:

١-وضع الحامض أولا ثم اللبن باحتراس ثم كحول الإيمايل لأن هذا الترتيب مبني علي أساس الوزن النوعي لهذه المواد الأعلى وزن ثم الأقل.

٢-التأكد من كثافة كل من الحامض والكحول.

٣-التأكد من الكمية المستخدمة.

٤-منع تلوث رقبة الأنبوبة من الداخل بالمحاليل أو اللبن وأن تجفف جيدا.

٥-استخدام سدادات جافة.

٦-إذابة جميع مكونات الأنبوبة قبل وضعها في جهاز الطرد المركزي.

٧-إذا لوحظ أن حجم محتويات الأنبوبة لا يرتفع في الساق المدرجة لمسافة يمكن بها التقدير فإنه يمكن إضافة ١ سم٣ كحول إيمايل إلي المحتويات قبل وضعها في جهاز الطرد المركزي.

٨-عند تقدير عينة تحتوي علي فورمالين يجب تخفيف العينة بنسبة ١: ١ قبل إجراء التجربة حتى لا يحدث لها فوران والقراءة النهائية تضرب × ٢.

٩-إذا لوحظ أن عمود الدهن متصلب توضع الأنبوبة مغمورة في حمام مائي ٦٥°م لمدة ٣-٥ دقائق حتى ينصهر الدهن.

١٠-إذا لوحظ أن الخثرة مازالت متواجدة رغم عملية الرج فهذا يرجع إلي انخفاض في كمية الحامض أو انخفاض الكثافة.

- **الظواهر التي تحدث داخل أنبوبة جربر وأسبابها:**

١-عند وضع اللبن علي الحامض يحدث عملية تجبن نتيجة تفاعل الحامض مع كازين اللبن.

٢-زيادة كمية الحامض تؤدي إلي هضم الخثرة المتكونة وإذابتها ويترك الدهن حر.

٣-يتحد الحامض مع الماء الموجود باللبن فترتفع درجة حرارة الأنبوبة فتعمل علي إسالة الدهن فيسهل تجميعه.

٤-يؤثر الحامض علي سكر اللبن فيكربنه وتتلون المحتويات باللون البني.

٥-يتفاعل الحامض مع أملاح اللبن وتتكون كبريتات الكالسيوم المترسبة وتظهر عند عنق الأنبوبة بجوار السدادة ويتكون كبريتات صوديوم الذائبة.

٦-كحول الإيمايل يساعد في سرعة وسهولة ووضوح عمود الدهن.

شروط خاصة لاستخدام أجهزة القياس :

١. يجب على المستخدم قراءة الكتالوج الخاص بالجهاز للإلمام بالطريقة السليمة لتشغيله .
٢. حماية الأجهزة من أشعة الشمس المباشرة والأتربة .
٣. استخدام الوصلات والكابلات وأطراف القياس بطريقة صحيحة .
٤. الالتزام بالمواعيد المحددة فى خطة المعايرة للأجهزة .
٥. يجب تداول الأجهزة برقة حيث تؤدى الصدمات إلى تلف الأجهزة مما يتسبب عنه زيادة الخطأ .
٦. عند بداية القياس يجب التأكد من وجود المؤشر عند نقطة الصفر .
٧. يجب اختيار الجهاز المناسب لكل نوع من أنواع القياسات المختلفة .

شكل (١٤-٢) يوضح جهاز سوكسلت وأنابيب جربر اللذان يستخدمان فى تقدير الدهن

المضخـــات

تعتبر المضخة(الطلمبة) جهاز لتحويل الطاقة الميكانيكية من مصدر خارجي (محرك متصل بالمضخة) إلي الطاقة الهيدروليكية تعطي للسائل .

وهذه الطاقة تسبب ارتفاع مفاجئ في الطاقة الكلية ويستخدم هذا الارتفاع إما لرفع السائل من مستوي منخفض إلي مستوي أعلي منه أو لزيادة التصرف المار من مستوي مرتفع إلي مستوي منخفض .

والمضخات هي عبارة عن معدة هيدروليكية تستخدم لزيادة طاقة المائع وحيث أن الطاقة الهيدروليكية لها ثلاث صور هي : طاقة وضع – طاقة حركة – طاقة ضغط .

فعمل المضخة زيادة لهذه الصور من الطاقة لكن تصبح هذه الصور من الطاقة مفيدة عملياً ، يجب أن يكون علي صورة ضاغط فتقوم المضخة برفع الماء أو السوائل من مستوي منخفض إلي مستوي آخر مرتفع أو تقوم بدفع السوائل كالعصائر واللبن الخام في الأنابيب أو تقوم المضخات بالتزييت الجبري في أجزاء الماكينات ، وهذه العمليات تتطلب من المضخة ضاغطاً ولقد ارتبطت المضخة علي مر العصور بالماء .

أي أن أي مائع يمكن أن يسري في الأنابيب ، يكون قابلاً للضخ . فهناك مضخات تتعامل مع سوائل خفيفة كالماء واللبن .

وهناك مضخات تتعامل مع سوائل ثقيلة مثل الزيوت والشحوم ومن المضخات ما يقوم بنقل سوائل خليطه أو سوائل حامضية وقلوية .

- **ويمكن تقسيم المضخات إلى الآتى:**

١. **مضخات ذات إزاحة إيجابية** : وفيها تسحب وتضغط كمية معلومة ومحددة من السوائل فى كل دورة او لفة من عمود إدارة الطلمبة، وهى قسمين :- المضخات الترددية والمضخات الدوارة.

٢. **مضخات ذات إزاحة غير إيجابية (المضخات الديناميكية الدوارة)** وهى تنقسم إلى:

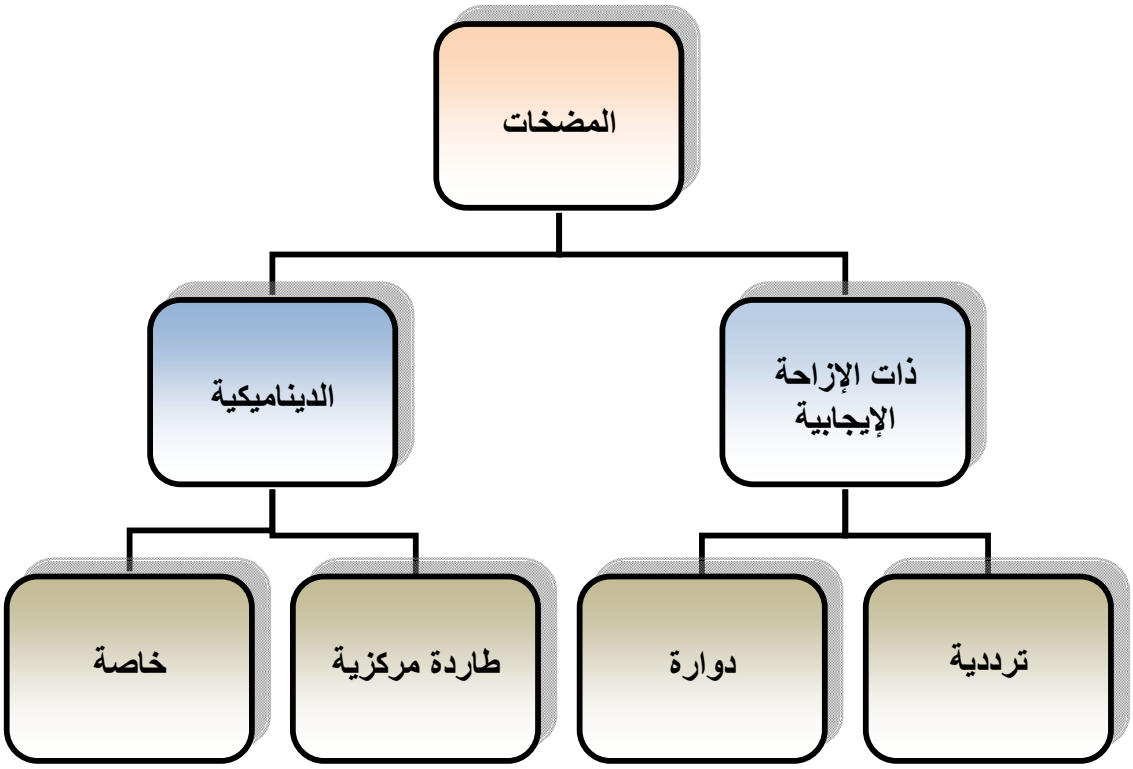
(أ) **المضخة الطاردة المركزية** : وهى شائعة الإستعمال فى عمليات التصنيع المختلفة وتمتاز بأنه يمكن تصريف كمية متغيرة من السائل مع تغير مقدار الرفع عند سرعة دوران ثابتة.

(ب) المضخات الخاصة وأهمها:

١. **مضخة النافورة** : وتستخدم الطاقة الناتجة عن سرعة مرور سائل فى ماسورة دفع السائل من مستوى إلى مستوى آخر.

٢. **مضخة دفع الهواء** : وتستخدم هواء مضغوط فى دفع السائل بعد أن يختلط به.

وأسماء كل هذه المضخات السابقة تدل على طريقة تحريكها للموائع.



مضخات الإزاحة الإيجابية

- تعمل تحريك للموائع عن طريق حجز كمية من المائع ثم تجبر هذه الكمية المحصورة على التحرك إلى أنبوبة التفريغ.
- تضيف الطاقة دوريا وتتحول الى طاقة ضغط مباشرة.
- لها سعة محدودة.
- تستخدم في مصانع الزيوت حيث تعطى ضغوطا عالية وبتصرفات صغيرة.
- يتناسب التصرف طرديا مع السرعة الدورانية لها.
- يتم التحكم في التصرف عن طريق دائرة رجوع وليس عن طريق صمام الطرد.

المضخة الترددية والمضخة الدوارة كأمثلة على المضخات ذات الأزاحة الإيجابية

١. المضخة الترددية:

هذا النوع من المضخات يضيف طاقة ضغط إلى السائل بواسطة مكبس أو ضاغط يتحرك داخل اسطوانة مصنوعة من الحديد الزهر أو النحاس المسبوك، ويصنع المكبس من الصلب أو النحاس ويوجد علي سطحه تجاويف دائرية توضع فيها حلقات أو شنابر من الصلب المرن أو الكاوتشوك فائدتها تقليل احتكاك معدن المكبس مع معدن الأسطوانة وعدم السماح للسائل داخل الأسطوانة أو لزيوت التشحيم داخل صندوق المرفق من الإختلاط وبذلك يمكن التحكم في ضغط السائل داخل أسطوانة المضخة كما أنها تساعد في نقل الحرارة الناتجة عن الإحتكاك إلي الهواء المحيط بالمضخة فلا يتسبب عنها زيادة في درجة حرارة السائل المراد دفعه.

ويوجد في رأس الأسطوانة صمامان أحدهما لدخول السائل والآخر لخروجه، وهي علي هيئة أقراص صغيرة من الجلد أو المعدن تفتح وتقفل حسب حركة المكبس، وتكون فتحتها في اتجاه حركة خروج السائل بحيث تسمح بمرور السائل إلي ماسورة الطرد ولا تسمح له بالإرتداد ثانيا.

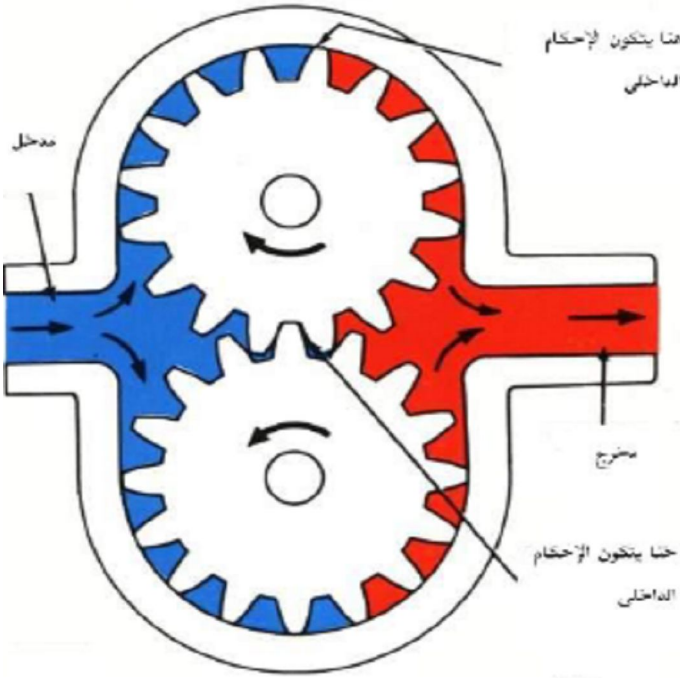
وفي كل مرة يعمل فيها المكبس مشوارا كاملا تتصرف كمية ثابتة من السائل خارج الأسطوانة وتعتمد كمية السائل المدفوعة علي حجم أسطوانة الطلمبة وعدد المرات التي يقوم فيها المكبس بالحركة داخل الأسطوانة ويلاحظ أن التصرف الحقيقي للمضخة في المشوار الواحد يقل عن حجم الأسطوانة الفعلي وذلك يرجع إلي فقد كمية من السائل نتيجة إما إلي تسربها من بين المكبس والأسطوانة لعدم احكام الشنابر أو إلي عدم ملأ الأسطوانة بالسائل ملأ تاما. لذلك تستخدم الكفاءة أو الجودة الحجمية للمضخة الترددية.

وتتراوح قيمتها عادة بين ٨٥ و ٩٥% ويلاحظ أن تصرف المضخة يكون علي دفعات ويمكن تنظيم التصرف وجعله مستمرا باستخدام مضخة متعددة الأسطوانات أو مضخات ذات وجهين (ثنائية التأثير).

وتستخدم هذه المضخات في حالة الإحتياج إلي تصرف بسيط نسبيا ولكن تحت ضغط مرتفع مثل مضخات تجنيس اللبن ويكون ضغطها مرتفع جدا. والمضخات الترددية تكون عادة بطيئة، وسرعة عمود الدوران تتراوح بين ٢٠ و٢٠٠ لفة في الدقيقة. ويراعي عدم استخدام هذه المضخات للسوائل التي تكون بها مواد معدنية عالقة حتي لاتتآكل جدران الأسطوانة نتيجة لاحتكاك هذه المواد المعدنية.

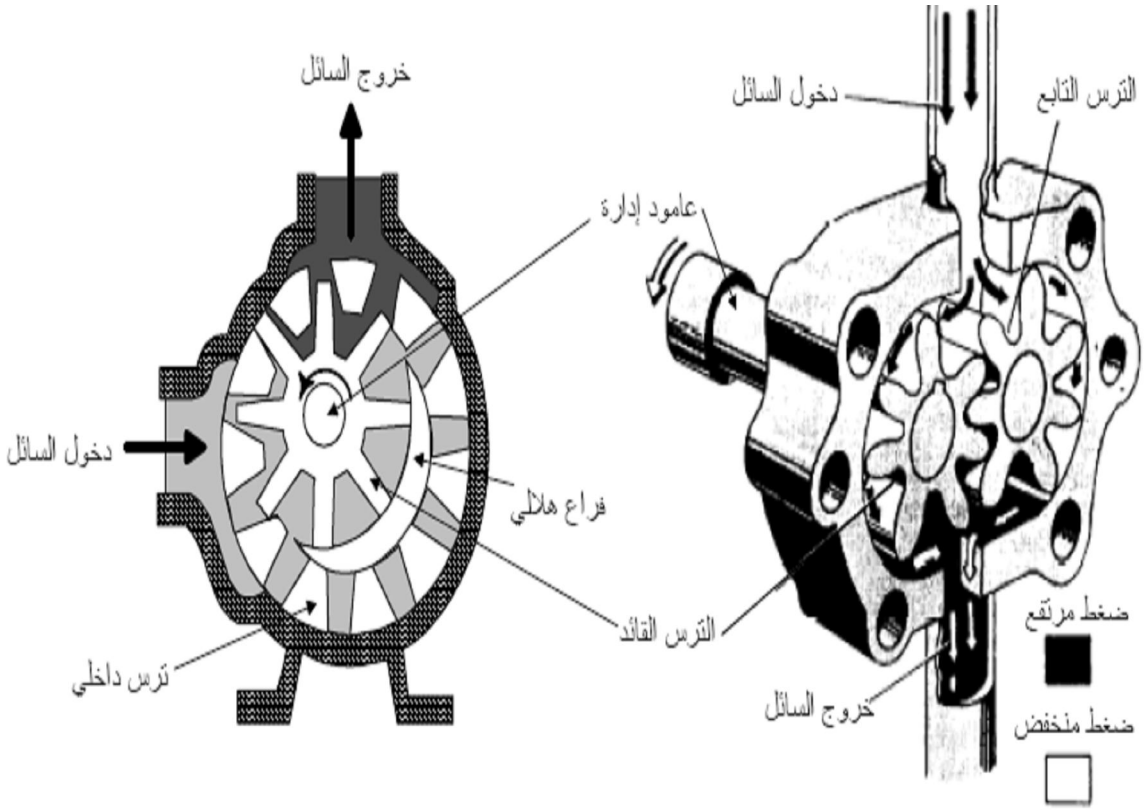
٢. المضخات الدورانية (المضخة الترسية):

هذا النوع من المضخات يعمل علي سحب كمية محدودة من السائل المراد دفعه شكل (١٥-٢ أ ،ب)حيث يحبس بين قلب المضخة والغلاف المحيط به، وعند الدوران يدفع السائل المحجوز إلي فتحة الخروج. ومن أهم تصميمات المضخات الدورانية المضخة الترسية وهي تتكون من ترسين معشقين مع بعضهما، أحدهما يأخذ حركته الدورانية من عمود محرك أو موتور كهربائي، ويسمي بالترس القائد ويدور الترسان داخل غلاف خارجي به فتحتان إحداهما متصلة بماسورة السحب والأخري بماسورة طرد السائل بعد زيادة الضغط الواقع عليه.



شكل (١٥-٢ أ) يوضح المضخة الترسية

وسرعة هذه المضخات بطيئة نسبيا وتستخدم عند الإحتياج لنقل كميات صغيرة من السائل عند ضغوط متوسطة وقد يصل مقدار السحب فيها من عمق يصل إلي ٧ متر. وهذه المضخات تستخدم عادة لدفع السوائل ذات اللزوجة العالية مثل الزيوت والعسل والسوائل المركزة والصابون السائل.



شكل (١٥-٢ب)يوضح التركيب الداخلي للمضخة الترسية

المضخات الديناميكية الدواره

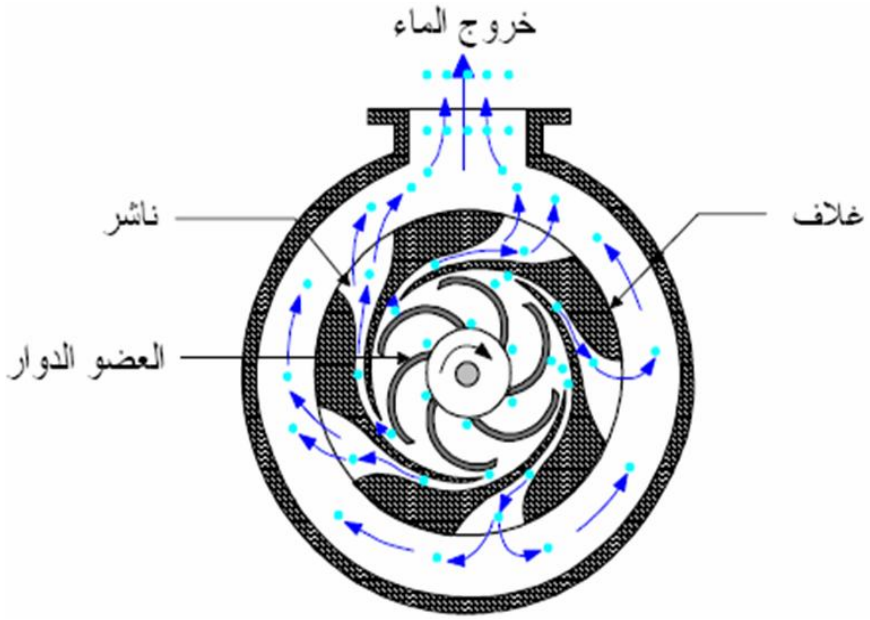
- تضيف الطاقة باستمرار لتتحول الطاقة المضافة الى سرعة ثم الى طاقة ضغط .
- تستخدم في مصانع الألبان والعصائر ومنها المضخات الطاردة المركزية.
- يتحكم في التصرف عن طريق صمام الطرد مباشرة.
- تستعمل في حالة نقل المياه والمحاليل بين التنكات.

المضخة الطاردة المركزية والمضخة الخاصة كأمثلة على المضخات الديناميكية الدوارة

١. المضخات الطاردة المركزية:

تتوقف نظرية عمل هذا النوع من المضخات شكل (١٦-٢)علي نظرية الطرد المركزي حيث أنه عند دوران كتله حول مركز ثابت فإنه يتولد في هذه الكتلة قوة تعمل علي طردها في اتجاه نصف قطر الدوران للخارج .

وعلي ذلك فإن المضخة الطاردة المركزية هي عبارة عن مروحة تدور في غلاف محكم فتعمل عل سحب السائل الموجود داخل الغلاف عند المركز ودفعه في محيط الغلاف تكون هي فوهة التصريف



شكل (١٦-٢) يوضح المضخة الطاردة المركزية

وتتكون المضخة الطاردة المركزية من مجموعتين من الأجزاء هي :

١. **الأجزاء الدوارة** : وتشتمل علي عمود الإدارة والمروحة .

٢. **الأجزاء الثابتة** : وتشتمل علي الغلاف به فتحتان فتحة السحب عند المركز وفتحة الطرد علي المحيط .

❖ **أولا : الأجزاء الدوارة :**

- **المحور :** وهو عبارة عن عمود حديدي يخترق جسم الطلمبة من الوسط ومثبت علي مساند مقفلة من الجانبين لمنع تسرب الماء إلي خارج جسم الطلمبة عند دورانها .
- **المروحة** : تثبت المروحة علي المحور وتدور داخل جسم الطلمبة وتتركب من ريش منحنية للخلف بالنسبة لاتجاه الدوران وتزداد مساحة مقطع الفراغ الموجود بين المرحة وجسم الطلمبة تدريجياً حتى تصل إلي أكبر قيمة لها أمام فتحة الطرد .

وتختلف المراوح في تصميمها فقد تكون الريش مكشوفة أو مغطاة من جهة واحدة أو مغطاة من الجهتين بمعني أن تكون ريش المروحة داخل غلاف يتكون من نصفين يربط كل منهما بالآخر بمسامير في حالة التغطية من الجهتين أو يكتفي بنصف الغلاف في حالة التغطية من جهة واحدة .

وتختلف الطلمبات الطاردة المركزية في التصميم فقد تحتوي علي مروحة واحدة أو مروحتين مثبتتين علي محور الإدارة وتعملان معاً في آن واحد في سحب وطرد السوائل كما قد تحتوي بعض التصميمات علي عدد من المراوح المتتالية المثبتة علي محور الإدارة .

❖ **ثانياً : الأجزاء الثابتة :**

- **جسم الطلمبة :** وهو غلاف دائري أو حلزوني الشكل يتكون عادة من نصفين متصلين ببعضهم ويوجد في جسم الطلمبة فتحتان الأولي تقع في منتصف الطلمبة ووظيفتها سحب الماء والثانية تقع علي المحيط الخارجي ووظيفتها تفريغ الماء كما توجد فتحة صغيرة لتفريغ الطلمبة من الهواء عند تشغيلها .
- **صمام القاعدة :** وهو صمام يثبت في نهاية ماسورة السحب حيث يغمر في مصدر الماء ووظيفته منع تسرب الماء . ولا تتمكن الطلمبات الطاردة المركزية من سحب الماء أو السائل إلا إذا كان فراغ جسمها وماسورة السحب ممتلئاً به وتسمي عملية الملء هذه بعملية تحضير الطلمبة .

❖ **تحضير الطلمبة الطاردة المركزية للعمل :**

يقصد بتحضير الطلمبة الطاردة المركزية أو تهيئتها لعمل هو جعل جسم الطلمبة وماسورتي السحب والطرد مملوءة بالماء وطرد جميع الهواء بداخلها وذلك حتى يمكن تشغيلها . وهناك عدة طرق لتحقيق ذلك أكثرها شيوعاً استخدام مصدر ماء خارجي أو استخدام طلمبة تحضيره .

١. تحضير الطلمبة باستخدام مصدر ماء خارجي :

لبدء التشغيل يقفل صمام الصرف ثم يسمح للماء بالتدفق من الخزان إلي الطلمبة بينما يقوم صمام عدم الرجوع بمنع خروج الماء من نهاية ماسورة السحب ويتم طرد الهواء الذي يحل محله الماء خلال فتحة مسمار التهوية الذي يوجد أعلي الجسم الحلزوني للطلمبة .

وعند خروج الماء من فتحة مسمار التهوية بدلاً من الهواء يكون ذلك دلاله علي أن جسم الطلمبة قد خلا تماماً من الهواء ويكون التحضير قد تم حيث يقفل مسمار التهوية ويقفل صمام التصرف ثم تشغيل الطلمبة حتى تكتسب المروحة السرعة المناسبة وتفتح فتحة الطرد تدريجياً وببطء ليسمح بتدفق الماء إلي المكان المطلوب .

٢. تحضير الطلمبة عن طريق مضخة تحضير :

مضخة التحضير مضخة هوائية بسيطة يدوية التشغيل يتم توصيلها بماسورة السحب قريباً من الطلمبة . ولتهيئة الطلمبة الرئيسية للعمل يقفل صمام التصرف ثم يسحب كل الهواء المتجمع داخل جسم الطلمبة وماسورة السحب حتى يبدأ خروج الماء في الاتجاه العكسي ويمكن حينئذ تشغيل الطلمبة معفتح صمام التصرف تدريجياً وببطء ليتدفق الماء أو السائل .

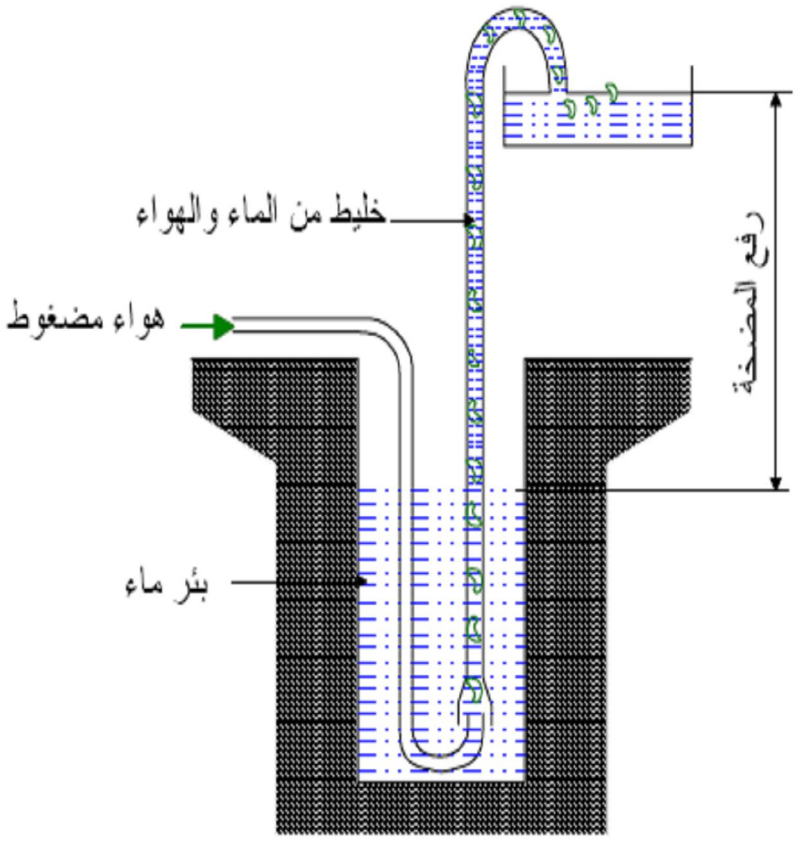
٢. المضخات الخاصة:

ا- مضخة النافورة:

تستخدم في دفع السوائل ذات الكثافة العالية والتي بها مواد عالقة بكثرة كالمعلقات وفضلات التصنيع المختلفة والتي لايلائمها استخدام المضخات الطاردة المركزية ونظرية تشغيل هذه المضخة تتلخص في وجود نافورة من السوائل من اختناق أو عنق ماسورة التشغيل. هذه النافورة متصلة بمضخة طاردة مركزية تقوم بسحب السائل بدون المواد العالقة به من ماسورة التشغيل الرئيسية وتدفعه إلي النافورة. ونتيجة لسرعة مرور السائل من النافورة بفعل القوة الطاردة المركزية يحدث تفريغ أو منطقة ضغط منخفض في اختناق ماسورة التشغيل وبذلك يسحب السائل المراد نقله إلي المنطقة التي توجد أمام النافورة.

ب-مضخة دفع الهواء:

وتستخدم في دفع السوائل ذات الكثافة العالية شكل (١٧-٢)أو التي بها نسب مرتفعة من الأحماض والتي لايلائمها استخدام المضخات الأخري نتيجة لتآكل معدنها من هذه الأحماض. ويستخدم فيها هواء تحت ضغط يساوي علي الأقل ارتفاع عمود السائل في الخزان ونتيجة لذلك يرتفع مخلوط الهواء والسائل (كثافة المخلوط تكون أقل من كثافة السائل) في ماسورة الرفع إلي المستوي المراد نقل السائل إليه.

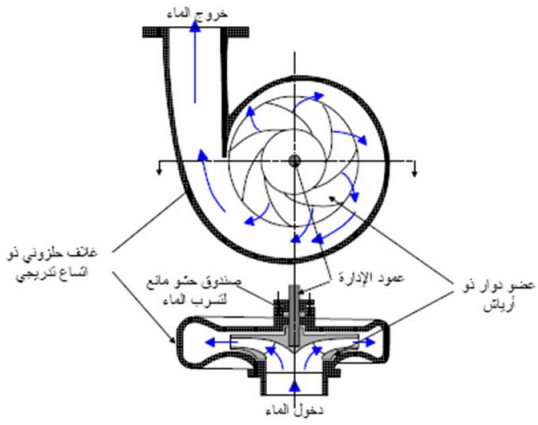
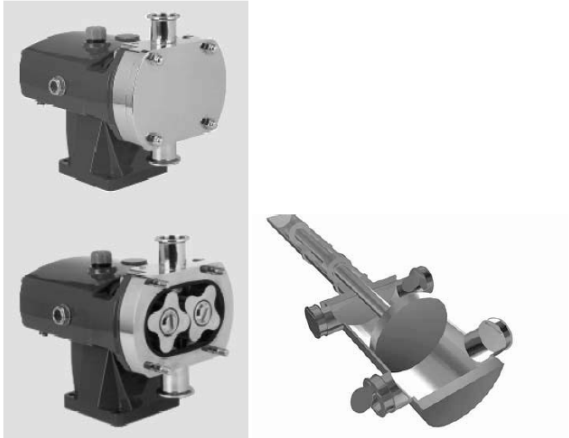


شكل (١٧-٢) يوضح مضخة دفع الهواء

الفرق بين المضخات ذات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية

- **المضخات ذات الإزاحة الايجابية** : تعطي حجم معين من السائل في فترة محددة ثم يتوقف أندفاع السائل لفترة أخري أثناء دورة تشغيل واحدة.
- **المضخات الديناميكية الدوارة** : تعطى تصرفا مستمرا للسائل

مقارنة بين المضخات الطاردة المركزية والمضخات ذات الإزاحة الإيجابية

وجه المقارنة	مضخة طاردة مركزية	مضخة ذات إزاحة إيجابية
سرعة الدوران	عالية	منخفضة
الحجم	كبير	صغير وبالتالى الوزن اقل والثمن أقل
تآكل الأجزاء	تأكل أجزاءها بسرعة أقل لأن الخلوصات بين الاجزاء المتحركة كبير نسبيا.	تتآكل أجزاءها بسرعة أكبر
الصيانة	لا توجد صمامات مما يسهل عملية الصيانة	تحتوى صمامات تسبب صعوبة في الصيانة
معدل التصرف	يرتبط التصرف والضاغط والسرعة معا ، ومعدلات التصرف عالية تصل الي ٤٠٠٠٠٠ لتر/دقيقة ولكن عند صغوط محدودة	تعطي تصرف محدد عند سرعة ثابته ومعدلات التصرف تصل الي ٢٥ لتر/دقيقة
الشكل		

مقارنة بين المضخات الدوارة والمضخات الطاردة المركزية

وجه المقارنة	المضخات الدوارة	مضخة طاردة مركزية
التصرف	تصرف المضخة مستقل عن ضغط خروج المائع	تصرف المضخة مرتبط بضغط خروج المائع
الكفاءة	يمكن تغيير تصرف المضخة بدون التاثير على كفاءة المضخة	ترتبط كفاءة المضخة بالتصرف
التحضير	ذاتية التحضير	تحتاج إلى تحضير
نوع المائع	تتعامل مع الموائع ذات اللزوجة العالية	تزداد كفاءتها كلما إنخفضت لزوجة السائل
السرعة	يعتمد التصرف على سرعة المضخة أما الضغط فهو مفتوح إى أن تصل إلى القدرة الكاملة للمضخة	يتغير التصرف بزيادة السرعة ويلازم ذلك تغير فى الضغط
الإهتزاز	تعطى تشغيل خالى من الأهتزازات	قد يشوبها بعض الأهتزازات

تذكـــــر أن

- **الحرارة** : هي ذلك المؤثر الذي يسبب الإحساس بالسخونة أو البرودة وتقاس درجات الحرارة بوحدات مختلفة تبعا للتدريج الذي تقاس به .
  - درجة الحرارة المئوية = (درجة الحرارة الفهرنهيتية -٣٢) x ٥/٩
  - درجة الحرارة الفهرنهيتية ={ (درجة الحرارة المئوية x ٩/٥ } + ٣٢
  - التدريج المئوى = التدريج المطلق ٢٧٣
- **الضغط** : هو القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات من السطح .
- **من أجهزة قياس الضغط** : مانومتر بوردون – مانومتر القرص الزنبركى – البيزومترات – مانومتر على شكل حرف U .

- **الوزن النوعي:** يعرف الوزن النوعي لأي مادة ، بأنه وزن حجم معين لهذه المادة علي درجة حرارة معينة منسوب إلي وزن نفس الحجم من الماء علي نفس درجة الحرارة.

- يحتوي اللبن علي جوامد ذات أوزان نوعية أعلي من الماء ولذلك فإن وزنه النوعي أعلى من الواحد الصحيح.

- **العوامل التي تؤثر علي الوزن النوعي للبن:**

تركيب اللبن - دهن اللبن- إضافة الماء-إضافة مادة صلبة -درجة الحرارة -الفترة بعد الحلابة

- **وتعرف الحموضة الكلية للبن بأنها:** عدد جرامات حمض اللاكتيك الموجودة في ١٠٠ جرام أو ١٠٠سم^{٣} لبن تجاوزا – وسبب اتخاذ حمض اللاكتيك كمقياس للحموضة ، ما هو إلا تسهيلا للعمل ولأنه يعتبر من النواتج الأساسية عند تخمر اللبن وازدياد حموضته.

- **طرق تقدير الوزن النوعي:** طريقة قنينة الكثافة - طريقة ميزان ويستيفال - الرافركتوميترات -طريقة اللاكتوميتر

- **المضخات:** هي آلات تستخدم في رفع السوائل من مستوى إلى مستوى آخر. ونظرية عمل المضخات تشابه كثيرا نظريات عمل الضواغط والمراوح ويمكن القول بأن الاختلاف الأساسي بين هذه الآلات هو أن المضخات أو الطلمبات تستخدم في دفع السوائل بينما تدفع الغازات بواسطة الضواغط والمراوح ولو أن هناك بعض المضخات تستخدم في سحب الغازات والأبخرة مثل طلمبات التفريغ.

- **الفرق بين المضخات ذات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية**

- **المضخات الايجابية** : تعطي حجم معين من السائل في فترة محددة ثم يتوقف اندفاع السائل لفترة أخري أثناء دورة تشغيل واحدة.
- **المضخات الديناميكية** : الدوارة تعطى تصرفا مستمرا للسائل .

التقويـــم

س١ : قارن بين كل من:

- المضخة الطاردة المركزية – والمضخات ذات الأزاحة الأيجابية
- المضخات الدوارة - المضخات الطاردة المركزية

س٢ : أذكر أهم أنواع المضخات مع شرح إحداها مستعينا بالرسم كلما أمكن ذلك؟

س٣ : أكمل الجمل التالية:

- من أهم أنواع الترمومترات .....،.....،..... .
- تعرف المضخات بأنها ..... .
- تقسم المضخات الديناميكية إلى ..... ،..... .
- تقسم المضخات ذات الإزاحة الإيجابية إلى .....،..... .
- العوامل التي تؤثر علي الوزن النوعي للبن..... .
- تعرف الحموضة الكلية للبن بأنها..... .
- طرق تقدير الوزن النوعي..... .٠

س٤ : ما هي درجة الحرارة التي عندها يتساوى التدريج المئوى والتدريج الفهرنهايتي؟

س٥ : أمامك عينات من اللبن أوجد الوزن النوعي لها بواسطة اللاكتوميتر مسجلا النتائج في جدول:

نوع اللبن	قراءة اللاكتوميتر	درجة الحرارة	القراءة المعدلة	الوزن النوعي
بقرى				
جاموسى				
ماعز				

س٦ : أمامك عينات من اللبن المطلوب منك تقدير نسبة الدهن بها وكتابة النتائج في الجدول مع المقارنة بينهما:

نوع اللبن	نسبة الدهن	ملاحظات
بقرى		
جاموسى		
ماعز		

س٧ :أكمل الجدول التالى:

نوع الترمومتر	الخاصية الطبيعية المستخدمة فى الترمومتر
الترمومتر السائل	.....
الترمومتر الغازى	.....
ترمومتر المقاومة	.....
ترمومتر الثرموكابل	.....
الترمومتر الإشعاعى	.....
الترمومتر المغناطسى	.....

س٨ :أذكر أهم النقاط التى يجب مراعاته عند تقدير نسبة الدهن باللبن بطريقة جربر؟

س٩ : أشرح مع الرسم نظرية عمل الترمومتر الزئبقى ؟

س١٠: أكمل العبارات الآتية :

أ – تتجمد المياه عند درجة حرارة ..... مئوية بينما تغلى عند درجة حرارة..... كلفنية

ب – يستخدم جهاز بوردون في قياس ..... بينما يستخدم اللاكتومتر فى قياس .....

الوحدة الثالثة

- ✓ طرق توليد البخار (المراجل والأجهزة الملحقة بها).
- ✓ إتزان المادة والطاقة.
- ✓ أسس وتطبيقات الإنتقال الحرارى فى عمليات تصنيع الألبان.

١.طرق توليد البخار (المراجل والأجهزة الملحقة بها)

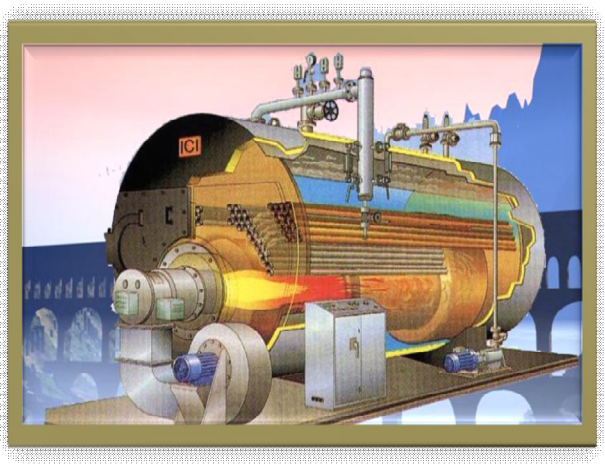
الغلايات

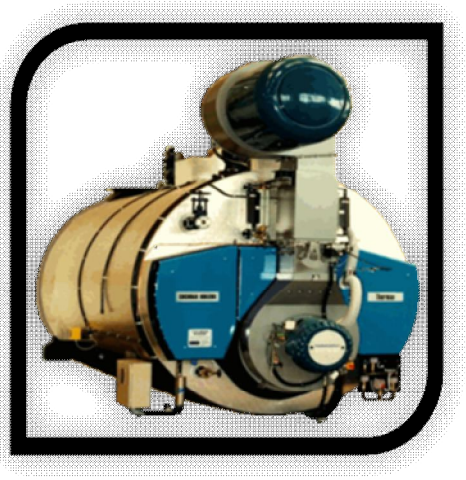
الغلاية البخارية ببساطة جدا هي عبارة عن وعاء به ماء يسخن إلى درجة حرارة الغليان فينتج عن ذلك بخار وباستمرار الغليان وتغذية المياه وإحكام الوعاء ينتج ضغط لهذا البخار وتقوم الغلاية بإنتاج البخار steam عند ضغط يصل إلى ١٠٠ بار ودرجة حرارة عالية تصل إلى ٥٢٠ °م.

ويستخدم البخار في أغراض كثيرة في مصانع الأغذية والألبان منها على سبيل المثال مصانع الألبان ومنتجاتها، السكر، الزيوت والدهون، الحلوى والشيكولاتة ، تجفيف الفواكه، المشروبات والعصائر الغذائية ..... إلخ. **وهناك متطلبات ينبغى أن تكون متوفرة فى الغلايات لتفى بالغرض المطلوب مثل:**

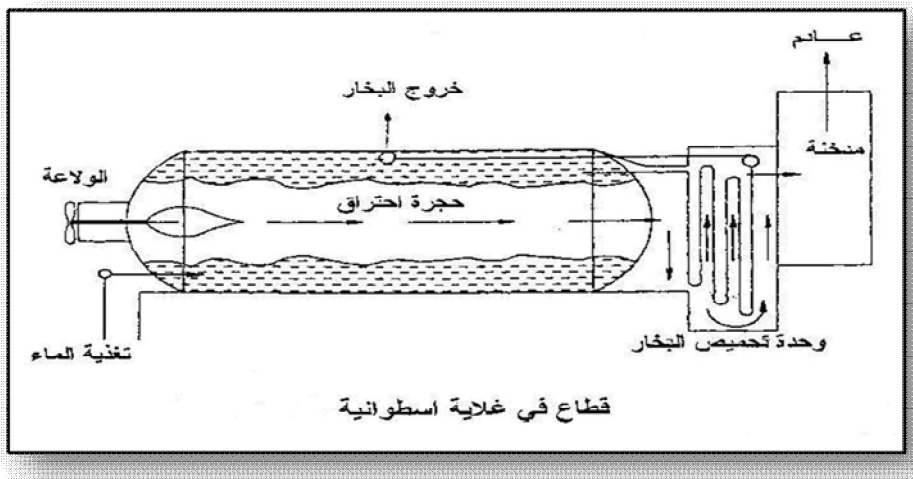
١. أن تكون الغلاية قادرة على إنتاج الحد الأقصى من البخار والأدنى من استهلاك الوقود.
٢. أن تكون سعة الغلاية مناسبة للاستهلاك وتغيرات المستقبل من أحمال التشغيل.
٣. أن تعمل في بدء التشغيل بسرعة.
٤. تحمل الاجهادات الحرارية والضغوط.
٥. أن تكون مجهزة بوسائل أمان من الحوادث والانفجار.
٦. سهولة الصيانة.
٧. أن لا تشغل حيز كبير من العنبر أو المكان الذى توجد به.
٨. اقتصادية من حيث استهلاك الوقود والطاقة.
٩. أن يكون هناك فراغ من جميع الجهات يسمح بسهولة التحرك للمتابعة والصيانة.
١٠. من المهم جدا حماية جدران الغلاية والأنابيب من الصدأ ويكون ذلك بفصل وطرد أكبر نسبة ممكنة من الأملاح بالإضافة إلى القيام بطرد الأكسجين للابتعاد عن ظاهرة التآكل.

وتحتوى الغلاية من الداخل على مجموعة خلايا من الأنابيب شكل (١-٣) مرتبة بطريقة هندسية تضمن انتقال الحرارة بكفاءة، وتأتى الحرارة عبر مدافع تطلق اللهب وتسمى Burners or Flame gun وتصل درجة حرارة هذا اللهب إلى ١٢٠٠ °م وتكون هذه المدافع مثبته في جدار الغلاية. دائما تكون الأنابيب التي بداخل الغلاية معلقة من أعلى إلى أسفل لإعطاء الإمكانية لعملية التمدد (تمدد الأنابيب بفعل درجة الحرارة الشديدة) في الاتجاه الطولي لجسم الغلاية.





شكل (١-٣) يوضح المنظر الخارجى للغلاية



قطاع في غلاية اسطوانية

❖ أنواع الغلايات:

١. **غلايات مواسير اللهب Fire tube** : وهى الغلايات التي تعتمد في عملها بأن يكون اللهب بداخل المواسير والمياه في الحيز الخارجي بين المواسير.

٢. **غلايات مواسير المياه Water tube** : وهى الغلايات التي تعتمد في عملها بأن يكون اللهب خارج المواسير في الحيز الخارجي والمياه داخل المواسير.

٣. **غلايات رأسية وأفقية :** وذلك من حيث محور وضع جدار الغلاية بالنسبة للأرض vertical &horizontal boilers

٤. **غلايات طبقا للوقود المستخدم** :(مازوت - سولار - غاز طبيعي).

بعض البيانات الخاصة بسعات واستهلاكات الغلايات

الصفة	سعات واستهلاكات الغلايات						
السعة (طن/ ساعة)	١	٢	٤	٦	٨	١٠	١٢
القدرة	٧٥	١٥٠	٣٠٠	٤٥٠	٦٠٠	٧٥٠	٩٠٠
مساحة سطح التسخين (م٣)	٢٦	٥٣.٥	١١٧	١٦٣	٢١٤	٢٦٠	٣٣٩
وزن المرجل بدون مياه (طن)	٥.٢	٨.٣	١٤.٥	٢٠	٢٥.٥	٣٠	٣٣
حجم المياه داخل الغلاية (م٣)	٣.٦	٥.٣	٩.٣	١٣	١٧.٥	٢٧	٢٨.٤
حجم البخار (م٣)	٠.٧	١.٦	٢	٢.٨	٤.٢	٦.٤	٨.٣
استهلاك الوقود (كجم/س)	٨١	١٧٥	٣٣٥	٤٦٦	٦٠٠	٧٥٠	١٠٠٠

❖ الأجزاء الرئيسية فى الغلاية:

الفرن – محمصات البخار - محمص البخار الراجع من التربين - نظام التحكم بدرجة حرارة البخار.

❖ الأنظمة الرئيسية فى الغلاية:

نظام دورة البخار والماء – نظام الهواء والغازات ونظام الوقود اللازمين للإحتراق.

❖ الأجزاء المساعدة:

الحارقات- مراوح دفع الهواء- مراوح سحب الغازات- مراوح تدوير الغازات- مسخنات الهواء- المدخنة وغيرها من المعدات الأخرى والتى يطلق عليها ملحقات أو متممات الغلاية.

❖ ملحقات الغلايات:

لو نظرنا نظرة عمومية للغلايات نجد أنها تحتوى على:

١. جسم الغلاية.
٢. ولاعة أوتوماتيكية للوقود (غاز - سولار – مازوت).
٣. سخان وقود.
٤. طلمبة مازوت أو سولار.
٥. طلمبة تغذية المياه.
٦. عوامة رأسية أوتوماتيكية لفصل الغلاية عند نقص المياه.
٧. عوامة جانبية أوتوماتيكية لتشغيل الطلمبة وكذلك فصل الغلاية عند نقص المياه.

٨. زجاجة بيان لمنسوب المياه داخل الغلاية.
٩. مانوميتر لقياس الضغط.
١٠. بلف أمان لتفريغ الضغط الخاص بالبخار عند زيادة الضغط عن المسموح به وهذا خطر.
١١. في الغلايات القديمة كان هناك مسمار رصاص (مسمار غفير أو مسمار آمان) ينصهر في حالة نقص المياه داخل الغلاية ليتدفق البخار والمياه لإطفاء الغلاية.

❖ وصلات البخار:

تعتبر وصلات البخار من الأجزاء الهامة الملحقة بالغلايات أو مولدات البخار وهى الأنابيب أو المواسير التي تستخدم في نقل البخار من الغلاية أو المرجل إلى أماكن استخدامه داخل المصنع .

ويجب أن تتوافر فى هذه المواسير شروط معينة نذكر منها :

١. يجب أن تتحمل الضغط ودرجة الحرارة .
٢. أن تكون مصنوعة من مادة غير قابلة للصدأ .
٣. يجب أن تكون معزولة أو مغطاة بطبقة من مادة عازلة للحرارة مثل الأسبستوس أو الصوف الزجاجي .
٤. يجب أن تكون جيدة التوصيل ولا يوجد بها أي تسريب .
٥. يجب أن يكون بها صمامات تحكم أو محابس يمكن عن طريقها التحكم في البخار المنتج .

طريقة تشغيل الغلايات والتعليمات المطلوبة لفنيين التشغيل

❖ أولا : تعليمات عامة :

١. علي رئيس الوردية ملاحظة تشغيل وأداء الغلاية.
٢. تسجيل جميع الأعطال والمتغيرات في التشغيل في سجل المتابعة اليومية وإبلاغ رئيس القسم بها بعد اتخاذ الإجراءات اللازمة والسريعة لمنع زيادة العطل.
٣. عدم ترك رئيس الوردية لمكان العمل إلا بعد تسليم زميله وتبليغه بأي أعطال حدثت خلال الوردية.
٤. يجب علي رئيس الوردية عند تسليمه الوردية الالتزام بالآتي :
أ - مراجعة مستوى المياه في زجاجات البيان واختبارها.
ب- مراجعة شكل اللهب.
ج - تفوير الغلاية.
د- تجربة صمامات الأمان.
ه- مراجعة طلمبة المياه واختبار العوامة الجانبية.
و- مراجعة تقرير الوردية.
٥. ترك عنبر الغلاية نظيف لمسئول الوردية التالية عند التسليم.
٦. ترك أبواب عنبر الغلاية مفتوحا دائما للحفاظ على سلامة العاملين.
٧. يجب على مباشر القسم والمسئول عن الصيانة الاحتفاظ ببعض قطع الغيار الحرجة داخل القسم وكذلك العدد اللازمة للصيانة السريعة والطارئة.

❖ ثانيا: تعليمات تجهيز الغلاية للتشغيل:

١. التأكد من أن المياه التي تغذي الغلاية مياه معالجة.
٢. يتم مراجعة خزان المياه للتأكد من وجود المياه به

٣. على مباشر القسم والمسئول عن الصيانة وكذلك مسئول الوردية ملاحظة اتجاه دوران طلمبة تغذية المياه.

٤. التأكد من سلامة أجهزة البيان وذلك عن طريق تفوير زجاجة البيان للتأكد من رجوع المياه إلي منسوبها الطبيعي بعد الاختبار ومتابعة قراءات مانوميتر الضغط.

٥. التأكد من منسوب المياه داخل الغلاية عن طريق أجهزة البيان

٦. التأكد من سلامة العوامة الجانبية وذلك بتفوير المياه منها والتأكد من عمل طلمبة المياه بها لتعويض الغلاية بالمياه.

٧. التأكد من سلامة العوامة الرأسية وذلك بتفوير الغلاية حتى تعمل الطلمبة ويدق جرس الإنذار وسماع صوت صفارات الإنذار وإضاءة إشارة الولاعة علي تابلوه الكهرباء.

٨. يتم إعادة ضبط العوامة حسب المستويات المختلفة في حالة عدم قيام العوامة بإعطاء الإشارة المحددة للطلمبة والولاعة عند هذه المستويات.

٩. التأكد من أداء العوامة الرأسية (الداخلية) وذلك بفتح صمام التفوير للغلاية حتى يظل مستوي الماء داخل الغلاية للحد الأدنى الذي يجب أن تفصل فيه العوامة الولاعة ولا يتم إعادة التشغيل بعد رجوع مستوي المياه للغلاية للمستوي الطبيعي إلا بتدخل عامل التشغيل لإعادة التشغيل مرة أخرى.

١٠. يجب التأكد من عمل محبس التفوير للغلاية وذلك بتفوير بعض المياه وملاحظة تسرب المياه من ماسورة التفوير.

١١. التأكد من قراءة مانوميتر ضغط (الوقود) الغاز الطبيعي بحيث ألا يقل عن (150 Mb) أو حسب تصميم الولاعة.

١٢. التأكد من وجود مسافة بعد قطبي الشرارة وهو حوالي (٣،٤،٥ مم) وكذلك بعد القطبين عن فتحة خروج الغاز علي أن يكون (٤-٦ مم).

١٣. التأكد من نظافة موجه الهواء وفوهة خروج (الوقود) الغاز.

١٤. التأكد من نظافة الخلية الضوئية **(photo cell).**

١٥. التأكد من نظافة فلاتر (الوقود) الغاز.

١٦. التأكد من أن بلوف السحب والطرد لطلمبات تغذية المياه مفتوحة.

❖ ثالثا: تعليمات بدء التشغيل:

١. التأكد من سلامة جميع توصيلات الكهرباء ومراجعة دائرة كهرباء الولاعة.
٢. التأكد من ضغط منظمات الضغط على ضغط التشغيل والفصل المطلوب.
٣. التأكد من أن فوهة خروج (الوقود) الغاز في مركز موجه الهواء.
٤. التأكد من أن العوامة مركبة بإحكام وتعمل جيدا.
٥. التأكد من أن (ميكروسويتش) الولاعة موصل وسليم.
٦. التأكد من سلامة ونظافة الخلية الضوئية.
٧. ضبط المسافة بين قطبي الشرارة لتكون حوالي (٣ – ٤.٥مم) وبينهما وبين فوهة الغاز حوالي (٤-٦ مم) واختبار الشرارة والتأكد من أنها تعمل جيدا.
٨. مراجعة تابلوه الكهرباء و التأكد من سلامة التوصيلات لمفاتيح التشغيل ولمبات الإشارة ولوحة التحكم و البروجرام.

❖ رابعا: تعليمات أثناء تشغيل الغلاية:

١. اختبار زجاجات البيان للتأكد من عدم انخفاض مستوي المياه عن العلامة المحددة وإذا انخفض يتم إيقاف الغلاية فورا.
٢. يتم مراقبة مانوميتر الضغط باستمرار.
٣. يتم اختبار صمامات الأمان في كل وردية برفع الضغط عن ضغط التشغيل أو شد ذراع الصمام ليساعد ذ ّلك في التخلص من الأملاح المترسبة داخل الصمام.
٤. يتم تفوير العوامة الجانبية مرتين في كل وردية على الأقل.
٥. يتم اختبار العوامة الرأسية مرة كل وردية.
٦. يراعي فتح وغلق المحابس تدريجيا.
٧. التأكد من أن مصائد البخار تعمل بحالة جيدة.
٨. التأكد من عدم تغيير لون القصعة الأمامية أو الخلفية للغلاية أو احمرارهما وإذا لوحظ ذلك عليهما أو على أي نقطة في سطح الغلاية يتم توقف الغلاية فورا.
٩. التأكد من عدم تغيير لون الباب الخلفي للغلاية أو احمراره وإذا لوحظ ذلك يتم توقف الغلاية فورا.
١٠. يراعي عدم وجود تسريب من المحابس أو الفلانشات ويعاد تربيطها.
١١. يراعي إعادة ضبط الحريق ومراقبة شكل الحريق كل وردية.

١٢. يتم تفوير المرجل لتقليل الأملاح المترسبة في قاع الغلاية ويحدد الزمن اللازم وعدد مرات التفوير أمين معمل معالجة المياه بناءاً على التحاليل الكيميائية للمياه.

١٣. التفوير هو **Blowdown** حيث يتم فتح المحبس أسفل الغلاية لتصريف المياه من الغلاية إلى المجارى وذلك لتقليل ترسيب الأملاح الذائبة الكلية **(Total dissolved solids)** والتي بوجودها بتركيز داخل الغلاية تعمل على وجود تكلسات وترسبات على جدار ومواسير الغلاية فتقلل من كفاءة الغلاية وتمنع انتقال الحرارة وبزيادة هذه الترسبات ربما يؤدى إلى انهيار ماسورة اللهب أو مواسير الدخان أو انفجار الغلاية وذلك لعدم ملاصقة المياه لجسم الغلاية.

❖ خامسا- تعليمات إيقاف الغلاية اضطراريا عن التشغيل:

١. عند حدوث تغيير في شكل الغلاية عند التشغيل.
٢. عند الإنخفاض المفاجئ في مستوي المياه.
٣. عند تعطل طلمبة تغذية المياه.
٤. عند تعطل صمامات الأمان.
٥. عند ظهور شروخ أو انبعاج في جسم الغلاية.
٦. عند ظهور تسريب بخار من أبواب الغسيل أو الفلانشات التي علي جسم الغلاية.
٧. عند احمرار الباب الخلفي أو أي نقطة في سطح الغلاية.

❖ سادسا: ما يتم مراعاته عند إيقاف الغلاية والكشف عليها:

١. فصل مصدر الكهرباء.
٢. غلق محبس تغذية المياه.
٣. غلق محابس تغذية الغاز.
٤. غلق محبس البخار الرئيسي للغلاية.

❖ سابعا- تعليمات تخزين (إيقاف الغلاية لفترة طويلة):

➢ الطريقة الجافة:

١. يتم تفريغ الغلاية نهائيا من المياه.

٢. يتم تجفيف جدران الغلاية من الداخل.
٣. يتم وضع (٥ كجم) كلورات كالسيوم أو أكسيد كالسيوم داخل جسم الغلاية لامتصاص الرطوبة.
٤. يتم وضع (١كجم) فحم نباتي أو حيواني **(فحم نشط Active charcoal)** داخل جسم الغلاية لتقليل نسبة الأكسجين.
٥. تغلق جميع المحابس والفتحات جيدا.
٦. يتم فصل الغلاية عن أي غلاية أخري تعمل.
٧. يتم استبدال كلورات كالسيوم كل ثلاثة شهور بكميات جديدة
٨. **يتم** إزالة تلك المواد وغسيل الغلاية قبل بدء التشغيل مرة أخري

- **الطريقة الرطبة:**

١. يتم مليء الغلاية بالماء حتى فتحة خروج البخار.
٢. يتم إضافة صودا كاوية أو ثلاثي فوسفات الصوديوم للماء حتى يصبح قاعدي
٣. يتم إضافة كبريتيت الصوديوم للماء داخل الغلاية لإزالة الأكسجين الموجود بها وتحدد الكمية حسب نسبة الأكسجين.
٤. يتم تفريغ الغلاية من الماء وتنظيفها قبل إعادة تشغيل الغلاية مرة أخري.

حساب كفاءة الغلاية

١. الطريقة المباشرة :

$$\text{كفاءة الغلاية} = \frac{\text{كمية الحرارة التى اكتسبها الماء حتى تحول الى بخار}}{\text{الطاقة فى الوقود المحترق لإنتاج الكمية السابقة من البخار}} \times ١٠٠$$

٢. الطريقة الغير مباشرة :

الكفاءة = ١٠٠ - مجموع الفواقد

٣. الطريقة السريعة :

نقيس الآتى :

١. درجة حرارة غازات العادم

٢. نسبة الأكسجين فى غازات العادم أو نسبة ثاني أكسيد الكربون.

٣. أعتبار الفواقد الأخرى قيمة تقريبية ثابتة = ٦%.

مثال ذلك:

- درجة حرارة غازات العادم = ٢٨٥°م
- نسبة الأكسجين بالحجم = ٤ %
- إعتبار الفواقد الأخرى = ٦%
- درجة حرارة الجو = ٣٠°م
- ومن بعض المنحنيات الخاصة يتم حساب نسبة الفواقد فنجدها ١٧% .
- عند ذلك يمكن حساب كفاءة الغلاية = ١٠٠ – (١٧ +٦) = ٧٧%.

كفاءة الحريق = (١٠٠ - الفواقد فى غازات العادم).

ملحوظة مهمة: كلما قلت الفواقد في غازات العادم تتحسن كفاءة الغلاية

❖ أهم العوامل التي يجب أن تراعى لتحسين كفاءة الغلاية:

١. ضبط كمية الهواء:

تعتمد كفاءة الغلاية بطريقة مباشرة على معدل الهواء الزائد لذا يجب أن يكون ويظل عند المستوى العملي اللازم لعملية الحريق حيث يجب أن لا يزيد عن ما تحتاجه الولاعة من الناحية العملية للحريق.

٢. ضبط عمل الولاعة:

لابد من أن يكون معدل الخلط بين الوقود والهواء مناسب للولاعة وكذلك تكون الولاعة متحكمة في نسبة الهواء للوقود عند زيادة أو نقص الحمل أوتوماتيكياً .

٣. معدل الحريق:

تكون أعلى كفاءة لتشغيل الغلاية عندما يكون معدل الحريق من ٧٠ % إلى ٩٠ % من طاقة معدل الحريق الكلية ولزيادة كفاءة الغلاية يجب أن تعمل عند ٩٠% من طاقتها وأن لا تعمل عند أقل من ٧٠ % من طاقة معدل الحريق.

٤. درجة حرارة العادم:

يجب أن تكون درجة حرارة العادم أقل ما يمكن للوصول إلى أعلى كفاءة **وهناك سببان يؤديان إلى ارتفاع درجة حرارة غازات العادم هما:**

أ. أن يكون سطح التبادل الحراري داخل الغلاية غير كافي.

ب. وجود رواسب على سطح التبادل الحراري تعوق انتقال الحرارة بين المياه والغازات الناتجة من الحريق.

٥. ضبط درجة حرارة مياه التغذية:

عند رفع درجة حرارة مياه التغذية إلى ٦ °م تقل كمية الوقود اللازمة ١% وهذه مهمة للغاية أيضا للحفاظ على جسم وكفاءة الغلاية (ويوفر التكاليف أيضا).

٦. درجة حرارة الهواء للحريق:

عند تسخين الهواء الداخل للحريق ترتفع كفاءة الغلاية من الناحية العملية فعند زيادة درجة حرارة الهواء ٦°م تزيد كفاءة الغلاية بنسبة ٢%.

وبضبط معدلات العوامل السابقة يتم توفير كمية الوقود المستهلك من ٢.٥ % إلى ١٠% .

❖ العوامل التى تؤثر على كفاءة نظام استخدام البخار:

١. داخل الوحدات الإنتاجية:

أ- أجهزة التحكم في الضغط المطلوب مثل المخفضات مثلا.

ب- ضبط مصايد البخار وطريقة عملها.

ت- عزل المواسير والوصلات والمعدات المستهلكة للبخار.

ث- ضبط أجهزة التحكم في الحرارة.

٢. فى خطوط التوزيع الرئيسية للبخار:

أ - ضبط الضغط المناسب في هذه الخطوط .

ب - تركيب الأقطار المناسبة للمواسير في هذه الخطوط .

ج - إتباع نظام جيد للتشغيل .

د -عدم تسريب البخار.

هـ - عزل الخطوط .

٣. داخل عنبر الغلايات:

أ - اختيار النوع الجيد والمناسب من الغلايات.

ب - ربط كفاءة الحريق بالحمل المطلوب.

ج - أجهزة التحكم فى حريق الولاعة.

د - جودة المياه المعالجة لتغذية الغلاية.

هـ - الاسترجاع الحراري من غازات العادم.

و - الاسترجاع الحراري من مياه التفوير.

❖ أسباب انهيار وانفجار الغلايات البخارية:

١. انخفاض مستوى المياه في المرجل.
٢. زيادة تسخين بعض الأجزاء المعدنية المعرضة للهب.
٣. عيوب اللحامات أو الخامات المستخدمة للغلاية.
٤. وجود تكلسات بطبقة سميكة على جدار المرجل.
٥. وجود نسبة عالية من الحديد في مياه الغلاية مما يساعد على تآكل الجسم.
٦. تنخفض المياه داخل الغلاية بسبب أخطاء أو أعطال في أجهزة التحكم
٧. يحدث تسخين لبعض أجزاء المعدن بسبب طول لسان اللهب داخل ماسورة اللهب فتزداد درجة الحرارة داخل الغلاية لماسورة اللهب أو مواسير الدخان بصورة كبيرة فتنهار هذه الأجزاء وتنفجر الغلاية.
٨. أما عيوب اللحام ومعدن الغلاية فذلك نظرا لرداءة الخامة أو اللحام مما يجعله لا يتحمل الإجهادات الواقعة عليه .
٩. كذلك يمكن أن تنفجر الغلاية بسبب استمرارها فى العمل وبها المياه في المستوى الطبيعي ولكن أجهزة التحكم في الضغط لا تعمل وصمامات الأمان لا تعمل فيزداد الضغط ويؤدى إلى الانفجار من اضعف نقط ربما أحيانا من أبواب الغسيل أو الجوانات.

ملحوظة: إن أخطر عدو يمكن أن يؤثر في الغلايات هو نسبة الأملاح الموجودة في الماء المستخدم.

بعض الملاحظات التى يجب التعرض لها وهى:

إن من أسباب انهيار أنابيب الغلاية هو (العسرة) إن عسرة الماء تؤدى إلى تكون طبقات من الكلس على الأنابيب تؤدى إلى عدم انتقال الحرارة إلى الماء مما يؤدى بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة الأنابيب وبالتالي تلف تلك الأنابيب.

لذلك فإن المياه المستخدمة في الغلاية لابد وأن تكون منزوعة الأملاح أي يتم معا لجتها ونزع الأملاح عن طريق إنتاجها من وحدات المعالجة الكيميائية وهذه المعالجة تتم بطريقة المعالجة الأيونية وبذلك نحصل على مياه منزوعة الأملاح ويتم تخزينها في الخزانات ليتم استخدامها.

٢.اتزان المادة والطاقة

تستخدم حسابات توازن المادة في تتبع المواد الداخلة والخارجة في أي عملية تصنيعية، وبالتالي يمكن تعيين كميات المواد في مسار كل عملية تصنيعية. ويفيد توازن المادة في صياغة معادلات لتقييم التركيب النهائي بعد عمليات المزج والخلط وتقدير الناتج وكذلك تقدير كفاءة الفصل الميكانيكي. **ومن المبادئ الرئيسية المستخدمة في حسابات توازنات المادة:**

قانون بقاء المادة: يعتمد توازن المادة على قانون بقاء المادة وذلك أن المادة لا تخلق من عدم ولا تتحطم ولا تفنى.

ومن المعروف أن المواد الغذائية خلال التصنيع تتعرض لعدة معاملات وتطرأ عليها تغيرات مختلفة سواء كان ذلك عند التسخين أو التجفيف أو إلى غير ذلك من العمليات. وتتضمن هذه العمليات تصنيع مواد أولية لمعاملات خاصة وتحويلها إلى مواد غذائية مختلفة وخلال العمليات تطرأ تغيرات في تركيب المواد الأولية الداخلة بعد تحويلها إلى المنتج النهائي. ولكن توازن المادة داخل هذه الأجهزة تتم على أساس أن المواد الداخلة للنظام تساوى المواد الخارجة من النظام ويطلق على هذا توازن المادة. وتستعمل أيضا أشكال مختلفة من الطاقة في هذه العمليات كالطاقة الحرارية والشغل وغيرها وينطبق قانون حفظ الطاقة على الطاقة وتكون الطاقة الداخلة تساوى الطاقة الخارجة من النظام ويطلق على هذا التوازن بتوازن الطاقة.

ويعتبر توازن المواد أمر مهم يجب تفهمه فى مجال صناعة المواد الغذائية ويعتمد على قانون حفظ المادة التي تنص على أن مقدار المادة أو الطاقة الداخلة فى نظام فى حالة ثابتة حيث يتساوى فيها ما يدخل النظام من المادة الغذائية وما يخرج من هذه المادة بعد المعاملة.

ويمكن الاستعانة بتوازن المواد فى تفهم ما يجرى على المواد الغذائية الداخلة ومقدار المنتج الذي نحصل عليه وفق التركيب المطلوب وفى مثل هذه الحالات يجب أن يوضح بالتفصيل مقدار وتركيب المواد الداخلة للنظام ومقدار وتركيب المواد التي تخرج في النظام وتطبيق معادلة توازن المادة الآتية:

وزن المادة الداخلة للنظام = وزن المادة الخارجة من النظام

ويعبر عن المعادلة أيضا كالتالي:

الأجزاء المختلفة الداخلة للنظام = الأجزاء المختلفة الخارجة من النظام

ولأجل توضيح كيفية الاستفادة من القوانين في حل بعض المسائل المتعلقة بالصناعات الغذائية نأخذ الأمثلة التالية على ذلك:

مثال : (١)

ما هو مقدار الماء الواجب تبخره من محلول ملحي تركيزه ٥% لغرض جعل تركيزه ٢٥%.

الحل :

نحدد النظام ونرمز له بالمستطيل ونؤشر على جوانبه ما يحدث داخل هذه الوحدة من تغيرات في التركيز وما يطرأ على المنتج الخارج من هذا الجهاز. في المسألة السابقة نرى أنه لا بد من أخذ أساس للحسابات التي ستطبق على هذا النظام وفى العادة تجرى الحسابات على أساس وزن ما يدخل إلى النظام ثم يحدد ما يخرج من النظام.

في المسألة على فرض أن مقدار ما يدخل جهاز التبخير هو كيلوجرام واحد من المحلول ذو تركيز ٥% وأن عملية التبخير تتضمن إزالة س كيلوجرام من الماء المتبخر وأن ما يتبقى من المحلول الملحي هو ص كيلوجرام (الذي يصبح تركيزه ٢٥% بدلا من ٥%) من قانون حفظ المادة:

وزن المادة الداخلة للنظام = وزن المادة الخارجة من النظام أي وزن الماء المتبخر كجم (س) + وزن المحلول الملحي كجم (ص) = ١ كجم وهو مقدار المادة الداخلة أو بعبارة أخري نحصل علي المعادلة التالية (معادلة رقم ١):

س + ص = ١ .....(١)

ثم نستفاد من العلاقة في تركيز المحلول الملحي فيمكن الحصول على المعادلة التالية:

وزن المحلول الملحي المركز ١٠٠/٢٥ ص = ١٠٠/٥

٠.٠٥ = ٠.٢٥ ص.....(٢)

وبحل المعادلتين ١،٢ نحصل على ما يلي:

س = ٠.٨٠ كيلوجرام مقدار الماء المتبخر في ٥% المحلول الملحي الداخل للنظام

ص = ٠.٢٠ كيلو جرام محلول ملحي تركيزه ٢٠% الناتج والخارج من النظام

مثال (٢) :

خلطت فاكهة مهروسة مع سكر بنسبة ٤٥ جزء من الفاكهة ل٥٠ جزء من السكر وأضيف لها كمية كافية من البكتين (حوالي ١.٠ كجم لكل ١٠٠ كجم) ثم بخر الخليط حتى أصبحت نسبة المواد الصلبة ٦٥% ما هو مقدار المربى الذي يمكن الحصول عليه من فاكهة تحتوى على ١٥% مواد صلبة.

الحل :

كما سبق وذكرنا نحاول رسم هذا النظام وتحديد المواد الداخلة إليه مع تركيبها والمواد التي تخرج من النظام وتطبق قوانين حفظ المادة عليها تعتمد على أساس دخول ١ كجم من الفاكهة فيكون مقدار الماء المتبخر س ومقدار المربى الناتجة ص.

توازن المواد الكلية:

المادة الداخلة = المادة الخارجة

١ + ١.٢٥ = س + ص

س + ص = ٢.٢٥ .....(١)

توازن المواد الصلبة:

المواد الصلبة الداخلة = المواد الصلبة الخارجة

(١٥/١٠٠) + ١.٢٥ = ص × (٦٥ /١٠٠).

٠.١٥ + ١.١٥ = ٠.٦٥ ص

١.٤٠ =٠.٦٥ ص

(١.٤٠ /٠.٦٥) = ص

ص = ٢.١٥ كيلو مربى /لكل كيلو فاكهة.

س = ٠.١٠ كيلوجرام مقدار الماء المزال لكل كيلو فاكهة.

❖ توازن الطاقة :

وكما يحدث في المادة فان هناك توازن في مقدار الطاقة الداخلية لأي نظام والطاقة الخارجة من النظام. وتظهر الطاقة بأشكال مختلفة ومن هذه الأشكال الحرارة والشغل والطاقة الكامنة والطاقة الميكانيكية والطاقة الكهربائية وتعتبر الحرارة والشغل من أشكال الطاقة المتحولة وعلى هذا الأساس يمكن كتابة توازن الطاقة الكلى لأي نظام بالمعادلة التالية:

الطاقة الخارجية = الطاقة الداخلة

$$H_1 + (ME)_1 + (C_1) + (E_1) = H_2 + (ME)_2 + C_2 + E_2 + Q + W$$

حيث تمثل هذه الرموز ما يلي: -

مقدار الحرارة = **H**

الطاقة الميكانيكية = **ME**

الطاقة الكيماوية = **C**

الطاقة الكهربية = **E**

الحرارة = **Q**

الشغل = **W**

ويمكن توضيح استخدام مثل هذه المعادلات حسب المثال التالي :

مثال ٣

تم تسخين سمن نباتي بواسطة استخدام مبادل حراري انبوبى سير التيار به معاكسا وكان مصدر الحرارة هو الماء الساخن المأخوذ من بخار مطروح للخارج وكان معدل سير الماء الساخن خلال الجهاز ١٠٠٠ كجم /ساعة يدخل الجهاز بدرجة حرارة ١٠٠°م ويخرج بدرجة ٤٠ °م وكان معدل سير السمن النباتي بمعدل ٢٠٠٠ كجم/ساعة فإذا كانت درجة حرارة السمن الداخل ٢٠°م . ما هي درجة حرارة السمن عند الخروج.

الحل:

نستعمل القانون

الحرارة Enthalpy الداخلة = الخارجة

المدة للحساب على أساس في الساعة

والنظام هو مبادل حراري

الحرارة الداخلة

(أ) مقدار الحرارة المتوفرة في الماء الداخل (H)

تحسب وفقا المعادلة التالية :

$$H = WC_P (T_2 - T_1)$$

حيث أن :

C_P = الحرارة النوعية للمادة

W = وزن المادة كيلو جرام

T_2 = درجة حرارة المنتج الخارج °م

T_1= درجة حرارة المنتج الاولية °م

نعوض فى المعادلة فيصبح لدينا :

(١٠٠- ٤٠) × (١) × (١٠٠٠) = ٦٠٠٠٠ كيلو سعر /ساعة

✓ **الحرارة الخارجة** وهذه تكون على شكلين:

أ- الحرارة الموجودة فى الماء الخارج:

ويمكن تقديرها حسب المعادلة التى سبق ذكرها فيصبح لدينا:

الحرارة الخارجة مع الماء = ١٠٠٠× ١ × (٤٠ – ٢٠)= ٢٠٠٠٠كيلو سعر

ب-الحرارة الخارجة من الجهاز مع السمن الساخن:

نطبق القانون فيصبح لدينا:

٢٠٠٠ × ٠.٥ ×(٢٠ – T_2)

معادلة التوازن الحرارى تصبح :

٦٠٠٠٠ الداخلة = ٢٠٠٠٠ + ٢٠٠٠ ٠.٥ ×(٢٠ – T_2) الخارجة

وبحل هذه المعادلة نحصل على:

T_2 = ٦٠ °م درجة حرارة السمن الخارج.

انتقال الحرارة

تعتبر عملية انتقال الحرارة والتبادل الحراري من العمليات ذات الأهمية الخاصة إذ أن غالبية عمليات التصنيع الغذائي تعتمد أساسا على نقل الحرارة إلى المواد المراد تصنيعها، أي إجراء عمليات تسخين مثل بسترة الألبان وتعقيمها وتجفيف محاصيل الفاكهة والخضر أو امتصاص الحرارة من المواد المراد تصنيعها. أو إجراء عمليات تبريد مثل تجميد الأغذية وعمل الأيس كريم وحفظ المواد المصنعة أو غير المصنعة مثل محاصيل الخضر والفاكهة تحت درجات حرارة منخفضة في غرف تبريد تمهيدا لتداولها أو تصديرها إلى الخارج.

لذلك نجد أنه من واجب مهندس الأغذية الإلمام الكامل والكافي بالأسس والمبادئ الخاصة بانتقال الحرارة حتى يمكنه التحكم في عمليات التصنيع والوصول بالمنتج إلى الجودة المطلوبة للتسويق وهناك ثلاثة طرق رئيسية تنتقل بها الحرارة خلال جسم أو من جسم إلى آخر هي:

١- انتقال الحرارة بالتوصيل Heat Conduction

وتتم عملية نقل الحرارة نتيجة لتلامس جزيئات المادة مع بعضها بدون تحركها. وتعتبر عملية رئيسية فى المواد الصلبة، وثانوية فى المواد السائلة، وقليلة الأهمية فى الغازات.

٢- إنتقال الحرارة بالحمل Heat Convection

وفيها تنتقل الحرارة من جسم ما إلى سائل أو غاز وذلك أثناء سريانه أو وجوده داخل المواسير أو خارجها. وتتم عملية نقل الحرارة نتيجة لحركة جزيئات السوائل والغازات.

٣- انتقال الحرارة بالإشعاع Heat Radiation

ويتم انتقال الحرارة بهذه الطريقة من أي جسم بدون وسيط وذلك نتيجة لإشعاع الحرارة من هذا الجسم على هيئة موجات كهرومغناطيسية **Electromagnetic Waves**.

انتقال الحرارة بالتوصيل Conduction Heat Transfer

عند حدوث انحدار حراري في جسم معين فإنه يحدث انتقال للحرارة من المنطقة ذات درجات الحرارة العالية إلى الأخرى ذات درجات الحرارة المنخفضة في مثل هذه الحالة فإننا نقول أن الحرارة انتقلت بالتوصيل خلال الجسم وأن معدل انتقال الحرارة لكل وحدة مساحة يتناسب مع الانحدار الحراري أي أن:

$$Q/A = \Delta T/\Delta X$$

حيث أن: **Q** : معدل انتقال الحرارة بوحدة الوات W.

A: مساحة المقطع الذي تنتقل خلال الحرارة وهى مساحة السطح العمودي على اتجاه انتقال الحرارة بالمتر المربع (m^2).

$\Delta T/\Delta X$: الانحدار الحراري في اتجاه انتقال الحرارة.

✓ **<u>ولدراسة الانتقال الحرارى بالتوصيل خلال حائط نفترض أن:</u>**

١- انتقال الحرارة يتم بمعدل ثابت.

٢- انتقال الحرارة يتم فقط في اتجاه واحد ولنفرض أن هذا الاتجاه هو (X) ونهمل انتقال الحرارة في الاتجاهين الآخرين.

٣- لا يوجد توليد حراري.

ومن معادلة فوريير نجد أن:

$$Q = K\ A\ \Delta T/\Delta X$$

وحيث أن $T_1 > T_2$ فإن القيمة $T_2 - T_1$ تصبح سالبة وعليه يمكن كتابة المعادلة على هذه الصورة

$$Q = KA\ (T_1 - T_2)/L$$

ثبت عمليا أن معدل انتقال الحرارة خلال حائط يتناسب تناسبا طرديا مع كل من الفرق في درجات الحرارة بين سطحي الحائط ومساحة السطح للحائط وعكسيا مع سمك الحائط أي أن:

$$Q \simeq A, \Delta T, (1/X)$$

ومعناها أن

$$Q = K\ A\ \Delta T/X$$

حيث أن:

ΔT : هي الفرق الموجب لدرجات الحرارة $(T_{high} - T_{low})$.

استنتاج وحدات معامل التوصيل الحراري:

ΔT/X	A	K	=	Q
↓	↓	↓		↓
K/m	m^2	?		Watt

$$K = Q/A\ (\Delta T/X)$$
$$= watt/m^2\ .\ (K/m)$$
$$= watt/m.K$$

قانون فورير هو الأساس لانتقال الحرارة بالتوصيل وهناك بعض النقاط الهامة أو الخصائص التي يتميز بها هذا القانون وهي:

١- أنه قانون عام مبنى على الدلائل التجريبية والمنطقية.

٢- أنه قانون لم يأتي كنتيجة للاستنتاج من المبادئ الأولية أو البرهنة الرياضية.

٣- أنه قانون يعرف خاصية هامة للمواد ألا وهى معامل التوصيل الحراري.

٤- أنه قانون يمثل قيمة **(Vector)** يوضح أن اتجاه سريان الحرارة **Heat flux** يكون عمودي على السطح ذو درجة الحرارة الثابتة **Isotherm** وفى اتجاه تناقص درجات الحرارة.

٥- أنه قانون ينطبق على جميع المواد على اختلاف أحوالها سواء الصلبة أو السائلة أو الغازية.

❖ معامل التوصيل الحراري Thermal conductivity:

يمكن تعريف معامل التوصيل الحراري باستخدام قانون فورير.

وهو ينص على أنه عند انحدار حراري معين فإن معدل سريان الحرارة يتناسب طرديا مع معامل التوصيل الحراري.

ولابد أن نؤكد على أن معامل التوصيل الحراري يختلف من مادة إلى أخرى علاوة على أن معامل التوصيل الحراري للمواد الصلبة يختلف من مادة إلى أخرى علاوة على أن معامل التوصيل الحراري للمواد الصلبة أكبر منه للمواد السائلة وهذا الأخير بدوره أكبر من معامل التوصيل

الحراري للمواد الغازية. ومعامل التوصيل الحراري للمواد الصلبة يكون تقريبا أربعة أضعاف ذلك للمواد الغازية وهذا طبعا يرجع إلى اختلاف الفراغات بين الجزيئات وبعضها في كلتا الحالتين.

❖ معامل الانتشار الحراري (α) Thermal diffusivity:

$$A = K/(\rho.cp)$$

ومعامل الانتشار الحراري يمثل النسبة بين معامل التوصيل الحراري **K** والنسبة الحرارية **(ρ.cp)** وهذا يعنى أنه كلما زادت **α** [أي كلما زادت **K** أو تناقصت **cp** أو **ρ** أو كليهما] لمادة معينة فإن هذه المادة تكون أكثر فاعلية في نقل الحرارة عنه في تخزينها والعكس صحيح.

مثال ٣

جدار فرن يتكون من طبقة من الطوب الحراري سمكها ٠.١٥ متر ومعامل التوصيل الحراري لها ١.٧ وات/متر.كالفن، إذا كانت درجة الحرارة على جانبي جدار الفرن الداخلي والخارجي هي ١٤٠٠ كالفن، ١١٥٠ كالفن على الترتيب. أوجد معدل فقد الحرارة من جدار الفرن إذا كان ارتفاعه نصف متر وعرضه ٣ أمتار أعتبر أن انتقال الحرارة فى أتجاه واحد.

الحل:

حيث أن انتقال الحرارة خلال الجدار يتم بالتوصيل فقط فإن الفيض الحراري (q/A) يتحدد من قانون فوريير كما يلي:

$$Q = K\ A\ \Delta T/L$$

$$= 1.7\ w/m.k * (0.5\ m * 3\ m) * [(1400\ k - 1150\ k)/0.15\ m$$

$$= 4250\ \ w\ .\ m^{-1}\ .\ K^{-1}\ .\ m^{2}\ .\ K\ .\ m^{-1}$$

$$= 4250\ w$$

انتقال الحرارة بالحمل Convection heat transfer:

انتقال الحرارة بالحمل يتم كنتيجة للحركة العشوائية للجزيئات أو الانتشار (diffusion) والحركة الإجمالية أو الميكروسكوبية للمائع (Bulk or Macroscopic) أي أن انتقال الحرارة بالحمل يحدث كنتيجة لسريان الموائع. وعادة يحدث انتقال للحرارة بالحمل عند حركة حجم معين من سائل أو غاز من منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة إلى منطقة ذات درجة حرارة منخفضة **وانتقال الحرارة بالحمل أما أن يكون:**

أ- حمل طبيعي أو حر بسبب الفرق في الكثافة.

ب-حمل جبري يتم بواسطة حركة الرياح أو المضخات وانتقال الحرارة بالحمل. ربما يحدث على أسطح الجدران أو السطح الداخلي والخارجي لماسورة ساخنة أو بين الأسطح والمائع كما في جميع أنواع المبادلات الحرارية.

يجدر هنا الإشارة إلى أن انتقال الطاقة إما أن تتم في صورة محسوسة (Sensible) أو في صورة كامنة (Latent) كما يحدث في حالة الغليان (Boiling) أو التكثيف (Condensation) وبغض النظر عن الطريقة التي يتم فيها انتقال الحرارة بالحمل فإن معدل انتقال الحرارة بالحمل يمكن وصفه بالمعادلة:

$$Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_f)$$

حيث أن:

Q : معدل انتقال الحرارة (وات watt).

A : مساحة مقطع السطح الناقل للحرارة (متر^2 m^2)

T_s : درجة حرارة السطح K

T_f : درجة حرارة المائع K

h : معامل انتقال الحرارة بالحمل ($w/m^2.K$)

وتعرف المعادلة السابقة **بقانون نيوتن للتبريد Newton's law of cooling**

ويختلف معاملة انتقال الحرارة بالحمل على حسب سرعة السائل أو المائع ونوعه وحالته.

انتقال الحرارة بالإشعاع Radiation heat transfer:

الإشعاع الحراري عبارة عن طاقة منبعثة من جسم له درجة معينة، يتم انتقال الطاقة كنتيجة للإشعاع بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية ولذلك لا يتطلب وجود وسط (**media**) كما في حالة الحمل والتوصيل.

والإشعاع يحدث بأعلى كفاءة في حالة التفريغ (**vacuum**). أقصى معدل لانتقال الحرارة بالإشعاع من سطح ما يعطى بواسطة **قانون استيفن – بولتزمان (Stefan-Boltzman law)** كما يلي:

$$Q = \sigma \cdot A \cdot T_s^4$$

حيث أن:

T_s : درجة الحرارة المطلقة للسطح بالكالفن K

σ : ثابت استيفن بولتزمان $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ بوحدات $w/m^2 \cdot K^4$

A : مساحة السطح المشع

وعادة يصدر أقصى إشعاع عن السطح الأسود والذي يسمى بالسطح المثالي **[Ideal or black body]** إنما الإشعاع من جسم حقيقي يكون أقل من ذلك للجسم المثالي ويعطى بالعلاقة.

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4$$

حيث أن:

ε : تسمى "معامل البث" أو **Emissivity**

توضح ε مدى كفاءة انبثاق الإشعاع من جسم ما. والمعادلة السابقة تحدد معدل الإشعاع من جسم ما. إنما لحساب معدل تبادل الإشعاع الحراري بين سطحين مشعين فإنها عملية معقدة جدا فمثلا فى الحالة الخاصة التي تحتوى على تبادل الإشعاع بين سطح كبير جدا والآخر صغير بحيث أن السطح الكبير يحيط السطح الصغير من جميع الجوانب فإن كمية الإشعاع المتبادل Q بالوات تحسب كما يلى:

$$Q = \varepsilon A \sigma (T_s^4 - T_{sur}^4)$$

حيث أن:

A : مساحة السطح.

T_{sur} : درجة حرارة الوسط المحيط

يمكن كتابة المعادلة السابقة على صورة مماثلة للمعادلات المستخدمة فى حالة انتقال الحرارة بالحمل والتوصيل كما يلى:

$$Q_{rad} = hr \cdot A \cdot (T_s - T_{sur})$$

حيث أن:

hr : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع

وفى هذه الحالة تحسب **hr** كما يلى :

$$hr = \varepsilon \sigma \cdot (T_s + T_{sur})(T_s^2 + T_{sur}^2)$$

ومما سبق يتضح أن كمية الإشعاع تتناسب طرديا مع الفرق في درجات الحرارة. وفى معظم الحالات يتم انتقال الحرارة بواسطة كل من الإشعاع والحمل وبالتالي تكون كمية الحرارة (Q).

$$Q_{\text{اشعاع}} + Q_{\text{حمل}} = Q$$

أو

$$Q = h A (T_s - T_f) + \varepsilon A \sigma (T_s^4 - T_{sur}^4)$$

مثال ٤

فى أحد مصانع الأغذية تمر ماسورة بخار غير معزولة فى غرفة درجة حرارة جدرانها وهوائها هى ٢٥°م إذا كان القطر الخارجى للماسورة ٧٠ مم ودرجة حرارة السطح الخارجى ٢٠٠°م ومعامل الانبعاث (ε = 0.8) ومعامل انتقال الحرارة بالحمل من سطح الأنبوبة والهواء (15 w/m2 . K) أوجد معدل الفقد الحرارى من سطح الأنبوبة لكل وحدة طول من طولها.

الحل:

الفقد الحراري من الأنبوبة إلى هواء الغرفة عبارة عن فقد بواسطة الحمل وفقد بواسطة الإشعاع بين الأنبوبة وجدار الحجرة وعلى ذلك تكون Q

$$\mathbf{Q = h\,(\pi\,dL)\,(T_s - T_f) + \varepsilon\,A\,\sigma\,(T_s^4 - T_{sur}^4)}$$

$$\mathbf{Q} = 15\ w/m^2\ .\ K\ .\ (\pi * 0.07\ m * 1\ m)\ (200 - 25)°C$$

$$+ 0.8\ (\pi * 0.07\ m * 1\ m)\ 5.67 * 10^{-8}\ w/m^2\ .\ K^4\ (473^4 - 298^4)\ K^4$$

$$\mathbf{Q} = 577\ w/m + 421\ w/m$$

$$\mathbf{Q} = 998\ w/m$$

ويجدر الإشارة إلى أنه عند حساب معدل انتقال الحرارة بالحمل أو التوصيل يمكن التعويض عن درجات الحرارة K أو °C في حين أنه في حالة انتقال الحرارة بالإشعاع يجب أن تستخدم درجة الحرارة المطلقة فقط K كالفن.

ومن الناحية العملية لا يحدث انتقال للحرارة من نوع واحد فقط، بل دائما نجد على الأقل اشتراك نوعين في نقل الحرارة وتسمى العملية بانتقال الحرارة المختلط Combined Heat Transfer **ويتوقف معدل انتقال الحرارة خلال جسم على عدة عوامل أهمها:**

- الفرق بين درجات حرارة أسطح الجسم.
- مساحة سطح التبادل الحراري العمودي على اتجاه انتقال الحرارة.
- مقدرة الجسم على نقل الحرارة أو مدى مقاومة الجسم لانتقال الحرارة

* وعموما يعبر عنه بمعامل انتقال الحرارة.

انتقال الحرارة المختلط

سبق أن عرفنا أن انتقال الحرارة بالتوصيل لأي مادة يتوقف على قيمة معامل يسمى بمعامل التوصيل الحراري (**k**) ومما هو جدير بالذكر أن هذا العامل يعتبر خاصية من الخواص الحرارية المميزة لكل مادة ونجد أن وحداته في نظام (**SI**) تكون (وات/متر.كالفن).

أما في حالة الانتقال الحراري بالحمل فإنه يتوقف على معامل آخر يعرف بمعامل الانتقال الحراري بالحمل (**h**) ونجد أن وحداته في نظام (**SI**) تكون (وات/متر^{٢}. كالفن).

وكما أنه يوجد خلاف في وحدات كل من (**k, h**) فنجد أنه يوجد خلاف أيضا بينهما حيث نجد أن قيمة (**h**) ليست قيمة ثابتة للسائل الواحد كما يحدث في قيمة (**k**) للمادة الواحدة - **حيث أن قيمة (h) تعتمد على عدة عوامل مثل:**

١- معدل انسياب السائل.
٢- نوع الانسياب.
٣- كثافة السائل.
٤- لزوجة السائل.
٥- الحرارة النوعية للسائل.
٦- درجة حرارة السطح الساخن.
٧- طول أو قصر السطح الساخن.

ولذلك فإنه يمكن أن نجد جداول تتضمن جداول قيمة معامل التوصيل الحراري (**k**) للمواد المختلفة ولكن لا توجد جداول بها قيمة معامل الانتقال الحراري بالحمل (**h**) وإنما توجد عدة معادلات يمكن اختيار المعادلة المناسبة منها لحساب قيمة الـ (**h**).

يوجد معامل آخر يعرف بالمكافئ الكلى للانتقال الحراري (**U**) وهذا المعامل. وحداته هي نفس وحدات (**h**) أي (وات/متر^{٢}. كالفن) ويتم حسابه في حالة الانتقال الحراري خلال عدة طبقات أو الانتقال الحراري المختلط (أي الانتقال الحراري بالتوصيل والحمل معا).

وعموما يوجد عدة معادلات لحساب معدل انتقال الحرارة في الحالات المختلفة وسوف نقوم بذكر المعادلة التالية فقط وهى:

$$Q = U\ A\ \Delta\ T$$

حيث:

(Q) معدل انتقال الحرارة ووحداته (وات).

(U) المكافئ الكلى للانتقال الحراري.

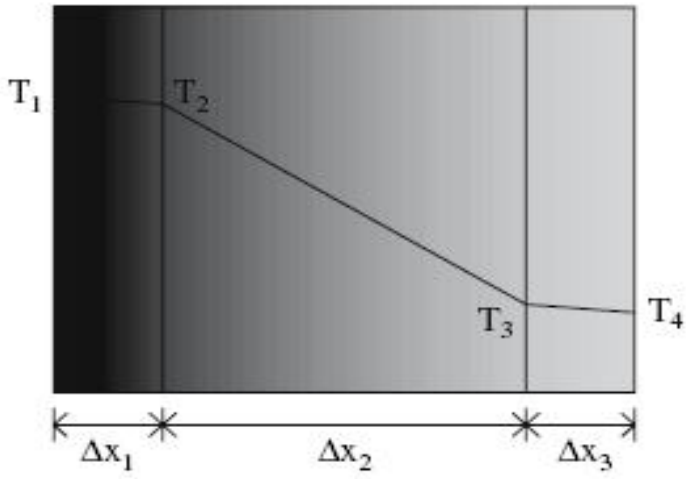
(A) مسافة السطح التي تنقل عليه الحرارة (م^{2}).

(Δ T) فرق درجات الحرارة (كالفن).

ويمكن حساب (U) باستخدام إحدى المعادلتين الآتيتين:

أ- في حالة إنتقال الحرارة خلال الألواح والحوائط:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \ldots\ldots + \frac{xn}{kn} + \frac{1}{h_o}$$



شكل يوضح انتقال الحرارة خلال الألواح والحوائط

يتم استخدام تلك المعادلة السابقة لحساب قيمة المكافئ الكلى لانتقال الحرارة **(U)** عندما يتم انتقال الحرارة عبر حائط مكون من عدة طبقات عددها **(n)** طبقة - وكل طبقة لها سمك مقداره **(x)** ومعامل توصيل حراري مقداره**(k)** وبالتالي فإن - $(x_1,\ x_2,\ \ldots..x_n)$ هي سمك الطبقة الأولى والثانية و.. والطبقة الأخيرة **(n)** على التوالي- كما أن $(k_1,\ k_2,\ \ldots k_n)$ هي معامل التوصيل الحراري للطبقة الأولى والثانية و... والطبقة الأخيرة **(n)** على التوالي.

وعندما تكون تلك الحائط يوجد مائعان على وجهيها فإن كل مائع منهم له معامل انتقال حراري بالحمل وبالتالي فإن المائع الملامس للوجه الأول له معامل انتقال حراري بالحمل (h_1) والمائع الملامس للوجه الثاني له معامل حراري(h_2).

ب- في انتقال الحرارة قطريا عبر الأنابيب:

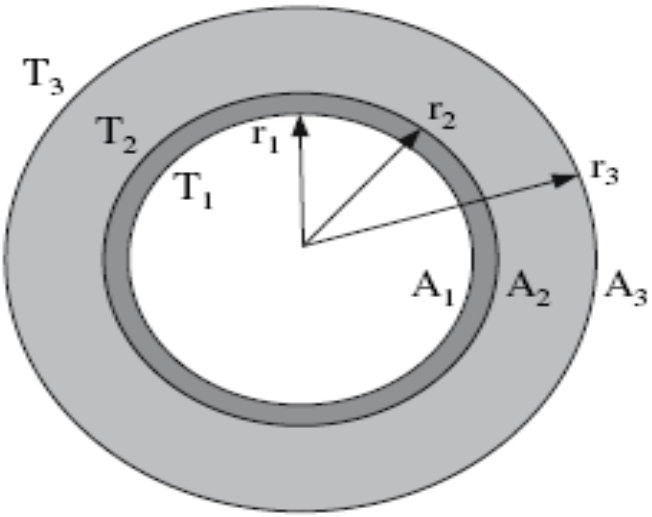
نفترض أنه توجد ماسورة لها جدار فإن تلك الماسورة يكون لها قطر داخلي وقطر خارجي وسمكها هو الفرق بين نصف القطر الداخلي والخارجي.

نفترض أن تلك الماسورة تم تغطيتها بعدة طبقات حيث أصبح عدد الطبقات متضمنا جدار الماسورة نفسها(**n**) طبقة وفى هذه الحالة سوف يكون لدينا عدد من أنصافالأ ً قطار مساويا **(1+ n)**

نفترض أنه يمر داخل الماسورة مائع ساخن مثل البخار ويحيط بالماسورة من الخارج الهواء الجوى فنجد أنه لدينا قيمة (h_i) معامل انتقال الحرارة للمائع بداخل الماسورة (h_o) معامل انتقال الحرارة بالحمل للمائع خارج الماسورة عدد من قيم (**k**) مساوي لعدد الطبقات فإذا تم ترتيب الطبقات من الداخل للخارج برقم (**n..،٢،١**) فيصبح لدينا $(k_n,...k_2, \ k_1)$ وهى معاملات التوصيل الحراري للطبقة الأولى والثانية و... والطبقة الأخيرة (**n**) على التوالي والرسم السابق يوضح ذلك.

في مثل هذه الحالة تستخدم المعادلة التالية لحساب قيمة(U):

$$\frac{1}{UiAi}=\frac{1}{hiAi}+\frac{1}{2\pi Lk1}\ln\frac{r2}{r1}+\frac{1}{2\pi Lk2}\ln\frac{r3}{r2}+.....+\frac{1}{2\pi Lkn}+\frac{1}{hoAo}$$



شكل يوضح الماسورة والطبقة العازلة المحيطة بها

ومنها:

$$Q = U_o A_o \Delta T$$

$$Q = U_i A_i \Delta T$$

يمكن حساب المساحة الجانبية للإسطوانة بإستخدام المعادلة التالية:

$$A \pi = 2r L$$

ملحوظة : فى حالة (A_i) فإنه يتم التعويض عن قيمة نصف القطر (**r1**) وأحيانا يسمى (r_i) وفى حساب (A_o) فإنه يتم التعويض عن قيمة نصف القطر (r_{n+1}) وأحيانا يطلق عليه r_o.

ويلاحظ أنه في حالة المواسير الغير معزولة وذات الجدر الرقيقة نجد أن الفرق بين نصف القطر الداخلي والخارجي فرق ضئيل وبالتالي لحساب قيمة (**U**) يمكن تطبيق المعادلة التي تستخدم في حالة الحوائط.

٣.أسس تطبيقات الانتقال الحراري في عمليات تصنيع الألبان

المبادلات الحرارية Heat exchangers

المبادلات الحرارية هي أجهزة يتم فيها الانتقال الحراري بين مائعين ولذلك فهي تستخدم في عملية تسخين أو تبريد الأغذية السائلة حيث - يستخدم مع الغذاء السائل مادة سائلة أخرى (مائع أخر) يكون باردا عندما يكون المطلوب تبريد الغذاء ويعرف السائل (بمائع التبريد) ويكون ساخنا عندما يكون المطلوب تسخين الغذاء ويعرف السائل (بمائع التسخين).

ولذلك تستخدم تلك الأجهزة في عمليات بسترة الألبان وتصنيع العصائر وتوجد عدة أنواع من تلك الأجهزة - فيما يلي بعضها:

❖ **أولا: المبادلات الحرارية ذات الأنبوبتين :شكل (٢-٣)**

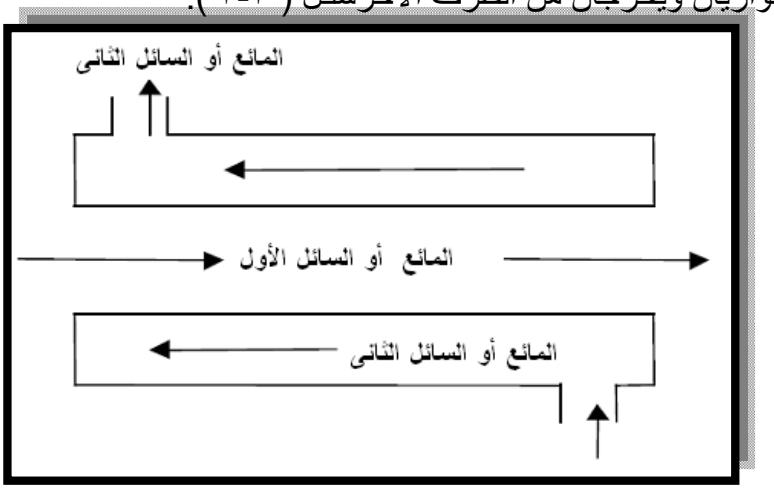
كما هو واضح من اسمها فهي تتكون عادة من أنبوبتين يحيطان ببعضهما حيث يمر فى الأنبوبة الداخلية المادة الغذائية المطلوب تبريدها أو تسخينها يمر خارج الأنبوبة الداخلية وسيط التسخين أو التبريد.

شكل (٢-٣) يوضح المبادل الحراري الأنبوبي

❖ **ويمكن أن تتم عملية الإمرار كما يلى:**

(١) في اتجاه موازى Parallel flow:

حيث يتم إدخال كل من المادة الغذائيه ووسط التسخين أو التبريد من نفس الطرف ويمران داخل الأنابيب متوازيان ويخرجان من الطرف الأخرشكل (٣-٣).

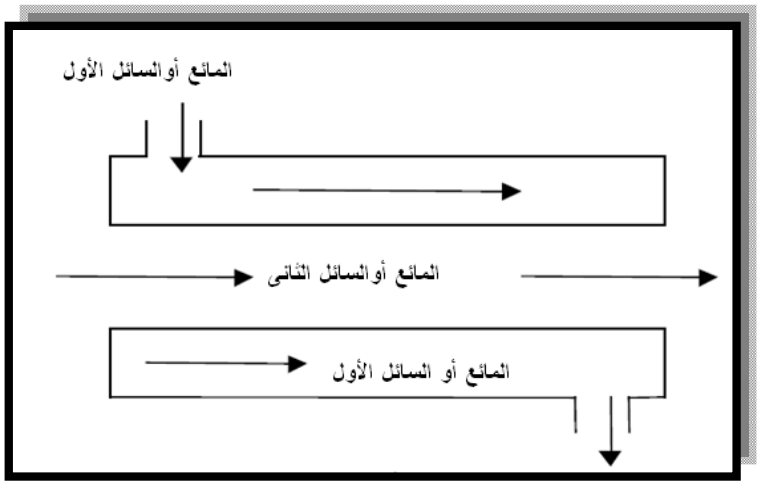


شكل (٣-٣) يوضح مبادل حراري أنبوبي يعمل بنظام متوازي

(٢) في اتجاه مضاد Counter flow:

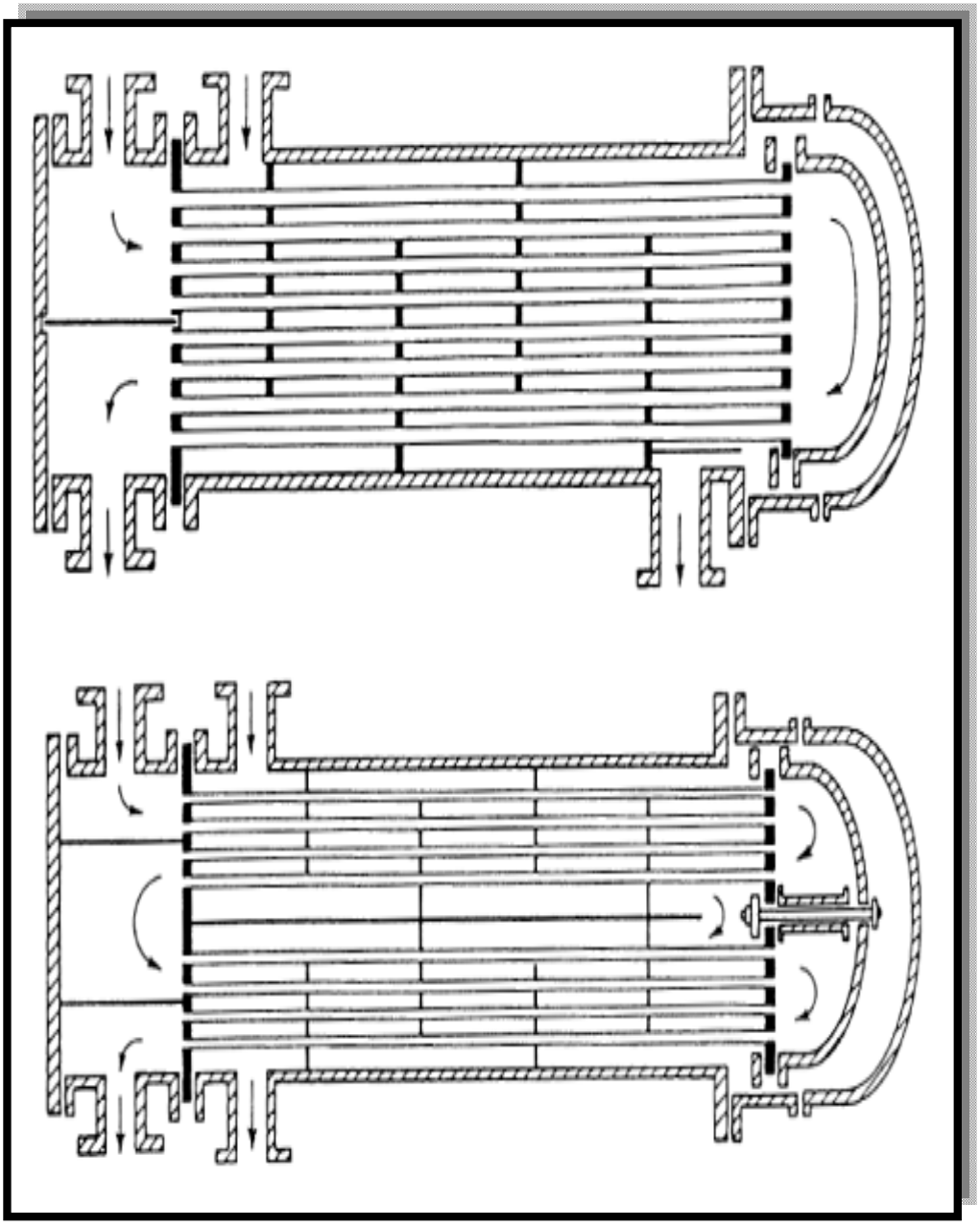
وفى هذه الحالة تدخل المادة الغذائية من أحد طرفي الجهاز بينما يدخل وسيط التسخين أو التبريد من الطرف الأخر فإن المادة الغذائية تخرج من طرف مخالف أيضا لطرف خروج وسيط التسخين أو التبريد كما في الأشكال التخطيطية التي توضح المبادل الحراري مزدوج الأنبوبة في حالة الإمرار المتوازي والإمرار العكسي أو المضاد شكل (٤-٣).

ويلاحظ أننا اعتبرنا الطرف الذي يدخل منه وسيط التبريد هو الطرف رقم ١ وبالتالي فالطرف الآخر هو رقم ٢ في كل من حالة الإمرار العكسي والمتوازي.



شكل (٤-٣) يوضح مبادل حراري أنبوبي يعمل بنظام الإمرار العكسي أو المضاد

الشكل التالي (٥-٣) يوضح العلاقة بين درجة حرارة كل من الوسيطين في المبادل الحراري وطول أو مساحة سطح المبادل الحراري في حالة الإمرار المتوازي وكذلك العكسي.



شكل (٥-٣) تخطيطي يوضح مبادل حراري أنبوبي

نلاحظ أنه في المبادلات الحرارية تنقل كمية من الحرارة من وسط التسخين إلى وسيط التبريد خلال جدار الأنبوبة الداخلية للمبادل الحراري وبالتالي فإنه يمكن تطبيق معادلة الموازنة الحرارية التالية.

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة.

وبالتالي فإنه يمكن الحصول على المعادلة التالية:

$$Q = m_h \, c_{ph} \, \Delta t_h = m_c \, c_{pc} \, \Delta t_c$$

حيث:

(m) معدل انسياب الكتلة.

(Q) معدل انتقال الحرارة (معدل اكتساب الحرارة) ووحداتها (وات).

(m_h) معدل انسياب الكتلة ووحداتها (كجم/ث).

(c_{ph}) الحرارة النوعية ووحداتها (كيلو جول/كيلو جرام. كالفن).

(Δt_h) فرق درجتي حرارة (وسيط التسخين) (كالفن).

يلاحظ أن معدل إنتقال الحرارة **(Q)** المذكور فى المعادلة السابقة يمكن أيضا حسابه من المعادلة التالية:

$$Q = U_i \, A_i \, \Delta t$$

$$Q = U_o \, A_o \, \Delta t_{lm}$$

(Δt_{lm}) المتوسط اللوغاريتمى للفرق بين درجتي حرارة الوسيطين ويتم حسابه من المعادلة التالية:

$$\Delta t_{lm} = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln (\Delta t_1 / \Delta t_2)$$

حيث:

(Δt_1) هي الفرق بين درجتي حرارة الوسيطين عند الطرف ١ للمبادل الحراري.

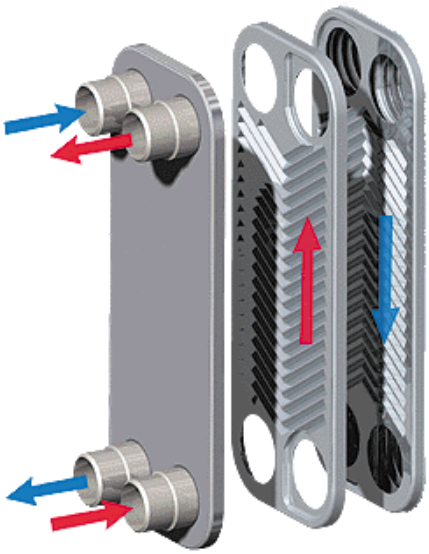
(Δt_2) الفرق بين درجتي حرارة الوسيطين عند الطرف ٢ للمبادل الحراري.

يمكن حساب **(U)** من المعادلة السابق ذكرها في المعادلة السابقة وفى تلك الحالة ستكون المعادلة كما يلي:

يلاحظ أن المبادل الحراري العكسي ذو كفاءة أعلى من المبادل الحراري المتوازي حيث أننا نجد قيمة (Δ tlm) لمبادل حراري معين تكون عالية في حالة التبادل العكسي عنها في حالة التبادل المتوازي لنفس العملية.

❖ **ثانياً : المبادل الحراري ذوالألواح :**

يتكون هذا النوع من المبادلات الحرارية شكل (٦و٧ -٣) من عدة ألواح تكون موازية لبعضها وتضغط مع بعضها في إطار بطريقة ما حيث تترك فراغات بينها وبالتالي يمرر كل من وسيط التسخين أو التبريد في تلك الفجوات أو الفراغات بحيث يكون أحد وجهي كل لوح معرض لأحد الوسيطين والوجه الآخر معرض للوسيط الثاني وبالتالي تنقل الحرارة بين الوسيطين عبر جدر تلك الألواح ولذلك فإن تلك الألواح تكون جيدة للتوصيل الحراري وسمكها صغير إلى أقل درجة حيث يمكن أن تتحمل ضغط كل من وسيط التسخين والتبريد.



شكل (٦-٣)

شكل (٧-٣) يوضح نماذج لألواح المبادل الحراري ونماذج لأجهزة البسترة التي تستخدم فيها

- ✓ **<u>ويتميز هذا النوع من المبادلات الحرارية بما يلى:</u>**

١- نحصل منها على أكبر مساحه يتم خلالها التبادل الحراري ولكنها تشغل أصغر حيز ممكن بالمقارنة بالحيز الذي تشغله المبادلات في النوع السابق.

٢- لها كفاءة عالية في التبادل الحراري نظرا لضيق الفجوات التي تمر فيها وسيطى التسخين والتبريد.

٣- سهلة التنظيف.

٤- سهولة إجراء عمليات الصيانة.

٦- يمكن زيادة أو تقليل سعة المبادل الحراري بإضافة أو نزع عدد مناسب من الألواح.

✓ **وفيما يلى الأبعاد الشائع استخدامها فى الألواح:**

١- تصنع الألواح من الصلب الغير قابل للصدأ المصقول ويتراوح سمك الألواح من ٠.٥-١.٢٥مم.

٢- الفراغات بين الألواح يكون سمكها متراوحا بين ٢-٦مم.

٣- المساحة السطحية لكل لوح والتي يتم عبرها التبادل الحراري تتراوح بين ٠.١-٠.٨م٢.

ومن المبادلات الحرارية ذات الألواح الشائع استخدامها في مصانع الأغذية والألبان و تستخدم في بسترة العصائر والألبان وهى تضم ثلاث وحدات من تلك النوع من المبادلات الحرارية تعرف :

القسم الأولى باسم قسم توليد الطاقة (Generation section) وفيها تتم عملية التسخين الإبتدائى للمادة الغذائية الخام (وسيط تبريد) حيث يتم تسخينها باستخدام المادة الغذائية التي تم تسخينها تماما وبالتالي فإن في هذا القسم يتم أيضا عملية تبريد جزئي للمادة الغذائية التي تم تسخينها.

القسم الثانى فيعرف باسم قسم التسخين (Heating section) وفيه يتم تسخين المادة الغذائية إلى الدرجة المطلوب الوصول إليها وبالتالي يستخدم فيها وسيط تسخين عادة ما يكون الماء الساخن.

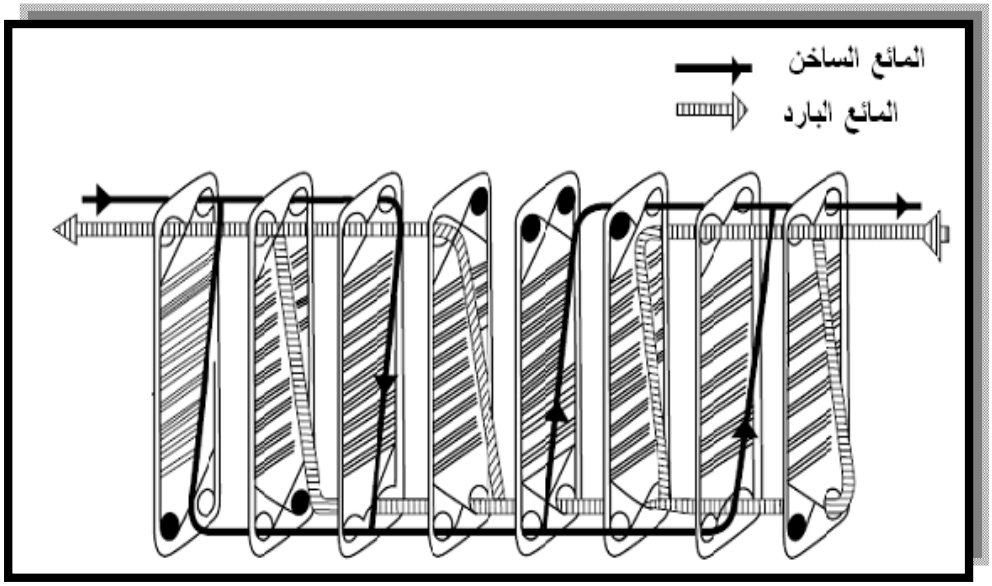
القسم الثالث وهو قسم التبريد (Cooling section) حيث يمرر فيه المادة الغذائية التي تم تبريدها جزئيا في القسم الأول حتى تنخفض درجة حرارتها إلى الدرجة المطلوبة وبالتالي يتم استخدام وسيط تبريد عادة ما يكون الماء البارد.

تتضح مما سبق أنه يلزم وجود وسيط تسخين وهو الماء الساخن وعادة ما يتم علية باستخدام سخان ماء كهربائي حيث يخرج منه الماء ساخنا عند الدرجة المطلوبة - وبعد إمرارها في قسم التسخين يعاد مرة أخرى إلى السخان الكهربائي.

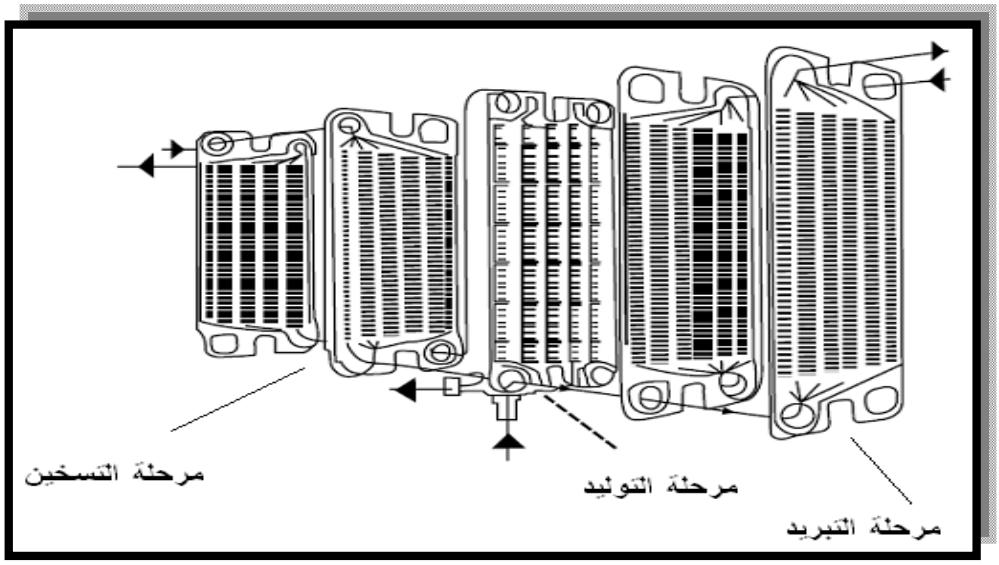
يتضح كذلك أنه لابد من وجود وسيط التبريد وهو الماء البارد ويتم الحصول عليه بتبريد الماء بإمراره على وحدة تبريد داخل خزان يعرف باسم **(Ice water bank)**

وبعد أن يبرد الماء إلى الدرجة المطلوبة يخرج من (Ice water bank) إلى قسم التبريد في جهاز المبادل الحراري وعندما يخرج الماء من قسم التبريد يدفع مرة أخرى إلى **(Ice water bank)** ليتم تبريده وإعادة استخدامه.

و معظم العمليات الحرارية لمنتجات الألبان تجرى باستخدام المبادلات الحرارية ذات الألواح تتكون من مجموعة من ألواح الاستانلس أستيل مربوطة فيما بينها بشكل معين وقد تغلق في بعض الأحيان بغطاء معدني من الاستانلس حولها. والصورة السابقة تبين استخدام المبادل الحراري في المزرعة لتبريد اللبن فور إجراء عملية اللبن أو أثناء عملية اللبن.



شكل (٨-٣) تخطيطي يوضح المبادل الحراري ذو الألواح



شكل (٩-٣) تخطيطي يوضح المبادل الحراري متعدد المراحل

جهاز البسترة السريعة

يعتبر جهاز البسترة السريعة من أحد أنظمة الانتقال الحراري في عمليات تصنيع الألبان

وهو يتركب من :

١. الخزان ذو الطوافة(العوامة)

وهو مصنوع من الحديد الغير قابل للصدأ مجهز بطوافة تنظم مستوى المادة الغذائية بشكل متجانس طيلة إجراء عملية البسترة. فإذا انخفض مستوى المادة الغذائية في هذا الحوض تنخفض هذه الطوافة فتسبب فتح الصمام الذي يسيطر علي خط دخول المنتج إلي هذا الخزان فتنساب المادة الغذائية إلي داخل هذا الخزان وعندما يمتلئ هذا الخزان ترتفع الطوافة فينغلق هذا الصمام فيتوقف انسياب المادة الغذائية للداخل وهكذا كلما انخفض المستوي بدرجة قليلة ينفتح الصمام وهذا يؤدي إلي تنظيم سير المنتج بشكل متجانس. يرتبط هذا الخزان من الناحية الثانية بالجزء الأول من المبادل الحراري بواسطة أنابيب من معدن الحديد الغير قابل للصدأ.

٢. المبادل الحراري

وتتم فيه عملية التدفئة أو تسمى عملية توليد الطاقة والتسخين والتبريد وهو من نوع المبادل الطبقي **يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية هي :**

١- جزء التسخين (Heating section)

٢- جزء التدفئة أو توليد الطاقة (Regenerator)

٣- جزء التبريد (Cooling section)

يتكون كل جزء من هذا المبادل من عدد من الصفائح المصنوعة من الحديد الغير قابل للصدأ ويختلف سمك المعدن المستعمل حسب الجهاز واستخدامه وعندما تربط هذه الصفائح المختلفة في هذا الجزء يتكون فراغ بينها مقداره ٠.٣٢ سم وذلك بفصل كل اثنين منهما بواسطة جوان مصنوع من البلاستيك أو المطاط الذي لا يمتص الرطوبة وكل صفيحة من هذه الصفائح تكون مرقمة لكي توضع حسب التسلسل وبذلك نضمن تكون مسالك بين هاتين الصفيحتين لمرور المادة المسخنة (وهو

الماء الساخن) أو (اللبن المبستر) أو المادة الباردة، يتوقف عدد هذه الصفائح علي حجم المبادل الحراري فكلما زاد عددها، زادت قدرة هذا المبادل لمعاملة كميات أكبر من المواد الغذائية.

تنظم هذه الصفائح علي حامل خاص ويمكن ضغط هذه الصفائح مع بعضها أثناء إجراء عملية المعاملة أو فتحها عندما تجرى عليها عملية التنظيف بشكل فعال ومن ثم إعادة ضغطها لكى يكون جاهز للاستعمال. يمكن لهذا النوع من المبادلات تحمل ضغط مقداره ٢.١ كجم/سم^{٢}. وفي العادة يكون الضغط في جهة المنتج أعلي من الضغط المتوفر في الجهة الثانية من المنتج (المادة المسخنة أو المبردة) وهذا يحافظ علي المنتج من التلوث بهذه المواد إذا حصل خلل في هذه المسالك نتيجة التآكل أو الأسباب الأخرى وذلك بخروج المادة الغذائية إلي الجهة الثانية بدلا من دخول هذه المواد إلي داخل المنتج. وينتج هذا الضغط من عملية ضخ المادة الغذائية داخل هذه الأجزاء المختلفة باستعمال مضخات توقيت خاصة توضع علي الجهة الثانية من المبادل الحراري .

أما جزء التسخين فتكون المادة الغذائية التي تم تسخينها الأولى في الجزء الأول في جهة أما الجهة الثانية فيسير فيها الماء الساخن الذي تم تسخينه بمقدار ٢-٣ درجات مئوية تحت الدرجة المراد معاملة المادة الغذائية فيها.

أما الجزء الثالث وهو جزء التبريد فيتم فيه سير المادة الغذائية التي تم تبريدها في (قسم التدفئة) والماء البارد في الجهة الثانية.

٣. المضخة المؤقتة (Timing pump):

تستعمل هذه المضخة لغرض سحب المادة الغذائية من المخزن ذو الطوافة عبر الجزء الأول من المبادل الحراري ثم ضخ هذه المادة الغذائية بضغط مناسب بحيث تدفع المادة الغذائية عبر جزء التسخين من بداية أنبوب الحجز إلي نهايته بسرعة بحيث تضمن تعرض المادة الغذائية لدرجة المعاملة لمدة لا تقل عن ١٥ ثانية علي الأقل. وفى العادة تستعمل مضخات طاردة مركزية مخصصة التكوين لهذا الغرض بسبب عدم تكون ضغط عالي بواسطة هذه المضخات. وفي العادة عند توقيتها وقياس وقت الحجز تختم هذه المضخة. وعند استعمال مضخات من نوع الإزاحة الإيجابية يجب أن يجهز المبادل الحراري بصمام أمان مناسب للتخلص من الضغط العالي المتكون نتيجة المضخة.

٤. أنبوب الحجـز Holding tube:

وهو عبارة عن أنبوب مصنوع من الحديد الغير قابل للصدأ ويتوقف قطره وطولـه علـى وقت الحجز المطلوب ويمكن حساب هذا الطول والقطر اللازم في الجهاز. ويربط في العادة في نهاية المبادل الحرارى (قسم التسخين) ويوضع هذا الأنبوب بحيث يكون بميل مناسب إلي الأعلى حتى نهايته ويربط في نهايته الثانية منظم حركة السائل الحرارى حيث يتحكم بسير المنتج في حالة معاملته بدرجة مناسبة أو دون هذه الدرجة.

٥. منظم حركة السائل الحراري (Flow Diversion Valve):

وهو صمام أمان يقع في نهاية أنبوب الحجز وهو صمام يتألف من ثلاثة فتحات وهو يتحكم بسير المادة الغذائية في الجهاز حسب درجة حرارتها. ويسيطر علي عمل هذا الجزء الحيوي من أجهزة البسترة مسجل حراري Safety thermal Limit recorder فإذا حدث خلل في الهواء أو الكهرباء أو خلل في المسيطرات يتوقف هذا الجزء ويسمح للمادة الغذائية بالرجوع إلي الخزان ذو الطوافة.

وأثناء عمله ترجع المادة الغذائية إلي الخزان والطوافة عندما تكون حرارتها أقل من المطلوب أما إذا وصلت حرارتها الحد المطلوب فإن هذه الفتحة تغلق وتفتح الفتحة التي توصل المادة أو اللبن إلي داخل قسم التدفئة يعمل هذا الصمام بواسطة هواء يضخ له من مضخة هوائية خاصة. فالهواء المضغوط يؤثر علي منظم حركة السائل الحراري ويضغط عليه بحيث يسمح للمادة الغذائية أو اللبن بالمرور داخل الجهاز إلي قسم التدفئة أما إذا توقف الهواء فإن الديفرام الخاص به يرتفع وأن نابض خاص يغلق هذه الفتحة فيفتح الصمام في جهة الخزان ذو الطوافة والصمام يحتوى علي حلقة في أسفله فعند الضغط عليها يخرج الهواء من داخل الصمام ويمكن الاستفادة من ذلك بإدخال الماء الساخن داخل أقسام الأجهزة الباقية لغرض تعقيم القسم الذي ينقل المادة الغذائية اللبن إلي خزان ذو الطوافة. ولا يمكن التأثير علي الصمام للسماح باللبن بدخول الجهاز إذا كانت درجة الحرارة اقل من تلك المطلوبة من قبل القائمين على التشغيل.

٦. الترمومتر (Thermometer):

يوضع في نهاية أنبوب الحجز لغرض إعطاء فكرة للعاملين عن درجة حرارة اللبن فى هذه النقطة.

٧. جهاز تسجيل السيطرة الحرارية (المسجل الحراري) Temperature recorder:

يقوم هذا الجهاز بتسجيل حرارة اللبن بعد خروجه من أنبوب الحجز وقبل دخوله إلي منظم حركة السائل الحراري علي ورقة خاصة وبواسطة قلم خاص كما يحتوى هذا الجهاز علي مؤشر يبين بصورة تقريبية الدرجة الحرارية التي يتوقف فيها تحويل (المنتج الغذائي) إلي الخزان ذو الطوافة وتسجل أيضا موقع منظم حركة السائل الحراري بواسطة رسم خط مستمر علي الحافة من ورقة التسجيل ويبين تحويل اللبن إلي الخزان ذو الطوافة أو استمراره في الجهاز بحالة توازن باستعمال مصابيح معينة فاللون الأحمر يبين رجوع اللبن إلي الخزان ذو الطوافة أما اللون الأخضر فإنه يبين أن منظم حركة السائل الحراري مفتوح إلي جهة الجهاز وأن عملية البسترة مستمرة .

٨. وحدة الماء الساخن Hot water unit:

يضخ الماء الساخن إلي جزء التسخين من المبادل الحراري لغرض تسخين اللبن بواسطة مضخة طاردة عن المركز .

من خزان خاص يمكن تحديد درجة حرارة الماء فيه بصورة أوتوماتيكية باستعمال منظم الحرارة الأوتوماتيكي الموجود في الجهاز.

٩. منظم درجة حرارة الماء الساخن:

يسيطر هذا المنظم علي صمام البخار الذي يجهز البخار إلي خزان الماء الساخن وينظم في العادة بحدود ٣-٤ درجات أكثر من درجة البسترة.

١٠. وحدة التبريد بالماء البارد:

يبرد اللبن في الجزء الأخير من المبادل الحراري بواسطة ضخ ماء بارد ويبرد هذا الماء بواسطة تمريره علي ملف تبريد ويضخ بواسطة مضخة مركزية .

يسيطر عليها بواسطة مفتاح موجود علي اللوحة وعادة يضخ هذا الماء بمعدل ٤ أجزاء ماء بارد لكل جزء لبن أو مادة غذائية.

١١. لوحة التحكم (Control panel):

وتضم جميع أجزاء التحكم علي تحريك المضخات المختلفة ومصابيح التحكم ومقاييس الضغط إلي غير ذلك من الأجزاء العديدة ذات العلاقة والمسيطر الحرارى.

التبادل Regeneration :

إن تسخين أو تبريد أي منتج من درجة إلي أخرى يكلف مبالغ وذلك لتوليد الطاقة الحرارية في حالة التسخين ولإزالة الحرارة في التبريد فيمكن تسخين المنتج الداخل للجهاز بصورة أولية وبواسطة المنتج الساخن الذى يمر في الجهة الأخرى بعد تسخينه وبهذه الطريقة فإننا نتمكن من إضافة وحدات حرارية إلي المنتج الداخل عن طريق انتقال الحرارة وفي الوقت نفسه يكون قد فقد المنتج المعامل جزء من الحرارة عند مروره بجانب المنتج المعامل .

الخطوات الواجب إتباعها عند تشغيل الجهاز :

لغرض تشغيل جهاز البسترة من هذا النوع يلاحظ إتباع الخطوات التالية:

١-تربط أجزاء الوحدة جميعاً ربطاً جيداً وتضبط المضخة الخاصة بالمبادل الحراريضبطاً مناسباً وتهيأ الأجهزة الأخرى كوضع ورقة تسجيل، وضع حبر في قلم التسجيل.

٢- تعقم الأجهزة بوضع ماء درجة حرارته ٨٢ْم في الخزان ذو الطوافة. ثم تفتح المضخة المؤقتة ويسمح بمرور الماء الساخن في الجهاز لمدة عشرة دقائق ولغرض تعقيم الجزء الذي يوصل المادة الغذائية الموجه إلى خزان ذو الطوافة وذلك بضغط الزر الأحمر الموجود أسفل.

٣- يبدأ تشغيل الوحدة بفتح البخار على الوحدة الحرارية ثم وضع ماء بارد في خزان ذو الطوافة وينظم المؤشر على درجة حرارة ٧٤ْم ثم تشغيل مضخة الماء البارد. يضئ مصباح اللون الأحمر في الجهاز إلى أن تصل درجة حرارة الماء داخل الجهاز ٧٢ْم ثم ويضاء المصباح الأخضر دلالة على أن الجهاز قد وصل إلى حالة توازن. يترك الماء لكي يضع في الخزان ذو الطوافة إلى أن يصل إلى نهاية هذا الخزان و يفتح صمام اللبن أو المادة الغذائية المراد بسترتها وتستمر العملية. في بداية خروج المادة الغذائية تترك كمية منه لأنها تكون مخففة بالماء ويستمر في إجراء العملية.

➢ **أنواع الغلايات :**

١. غلايات مواسير اللهب وهى الغلايات التي تعتمد في عملها بان يكون اللهب بداخل المواسير والمياه في الحيز الخارجي بين المواسير.
٢. غلايات مواسير المياه وهى الغلايات التي تعتمد في عملها بان يكون اللهب خارج المواسير في الحيز الخارجي وحولها والمياه داخل المواسير.
٣. غلايات رأسية وأفقية وذلك من حيث محور وضع جدار الغلاية بالنسبة للأرض.
٤. غلايات طبقا للوقود المستخدم (مازوت - سولار - غاز طبيعي).

➢ **ملحقات الغلايات**

- ولاعة اتوماتيكية.
- سخان وقود.
- طلمبة مازت او سولار.
- طلمبة تغذية المياه.
- عوامة رأسية اتوماتيكية.
- عوامة جانبية اتوماتيكية.
- زجاجة بيان لمنسوب المياه داخل الغلاية.
- مانومتر لقياس الضغط.
- بلف آمان
- مسمار آمان

➢ **وصلات البخار :**

ويجب أن تتوافر فى وصلات البخار شروط معينة نذكر منها :

- يجب أن تتحمل الضغط ودرجة الحرارة .
- أن تكون مصنوعة من مادة غير قابلة للصدأ .

- يجب أن تكون معزولة أو مغطاه بطبقة من مادة عازلة للحرارة مثل الأسبستوس أو الصوف الزجاجي .
- يجب أن تكون جيدة التوصيل ولا يوجد بها أي تسريب .
- يجب أن يكون بها صمامات تحكم أو محابس يمكن عن طريقها التحكم في البخار المنتج .

➢ **حساب كفاءة الغلاية :**

١ - الطريقة المباشرة = $\frac{\text{كمية الحرارة التي اكتسبها الماء حتى تحول إلى بخار}}{\text{الطاقة فى الوقود المحترق لإنتاج الكمية السابقة من البخار}} \times ١٠٠$

٢ - الطريقة الغير مباشرة :

(%) الكفاءة = ١٠٠ % - مجموع الفواقد(%)

٣ - الطريقة السريعة :

نقيس الآتي :

١. درجة حرارة غازات العادم.
٢. نسبة الأكسجين في غازات العادم أو نسبة ثاني أكسيد الكربون.

لاحظ أنه بتقليل الفواقد في غازات العادم تتحسن كفاءة الغلاية.

➢ **أهم العوامل التي يجب أن تراعى لتحسين كفاءة الغلاية:**

١. ضبط كمية الهواء.
٢. ضبط عمل الولاعة.
٣. معدل الحريق.
٤. درجة حرارة العادم.
٥. ضبط درجة حرارة مياه التغذية.
٦. درجة حرارة الهواء للحريق.

➢ **طرق تخزين الغلاية لفترة طويلة**

١. الطريقة الجافة

٢. الطريقة الرطبة

➢ **العوامل التي يجب أن تراعى لتحسين كفاءة الغلاية :**

١. ضبط كمية الهواء .
٢. ضبط عمل الولاعة .
٣. معدل الحريق .
٤. درجة حرارة العادم .
٥. ضبط درجة حرارة مياه التغذية .
٦. درجة حرارة هواء الحريق .

➢ **أسباب انهيار وانفجار الغلايات البخارية :**

١. انخفاض مستوى المياه في المرجل .
٢. عيوب اللحامات بالغلاية .
٣. وجود تكلسات بطبقة سميكة على جدار المرجل .
٤. وجود نسبة عالية من الحديد في مياه الغلاية .
٥. زيادة تسخين بعض الأجزاء المعدنية المعرضة للهب .

➢ **معادلة توازن المادة :**

وزن المادة الداخلة للنظام = وزن المادة الخارجة للنظام

الأجزاء المختلفة الداخلة للنظام = الأجزاء المختلفة الخارجة من النظام

➢ **طرق انتقال الحرارة :**

١. انتقال الحرارة بالتوصيل .
٢. انتقال الحرارة بالحمل .
٣. انتقال الحرارة بالإشعاع .

➢ **المبادلات الحرارية :**

هي أجهزة يتم فيها الانتقال الحراري بين مائعين ولذلك فهي تستخدم في عملية تسخين أو تبريد الأغذية السائلة .

➢ **أنواع المبادلات الحرارية :**

أولاً : المبادلات الحرارية ذات الأنبوبتين ومنها

١. في اتجاه موازى .

٢. في اتجاه مضاد .

ثانياً : المبادلات الحرارية ذات الألواح

➢ **جهاز البسترة السريعة**

يتركب من :

١. الخزان ذو الطوافة (العوامة) .

٢. المبادل الحراري .

٣. المضخة المؤقتة .

٤. أنبوبة الحجز .

٥. منظم حركة السائل الحراري .

٦. الترمومتر .

٧. جهاز تسجيل السيطرة الحرارية .

٨. وحدة الماء الساخن .

٩. منظم درجة حرارة الماء .

١٠. وحدة التبريد بالماء البارد .

١١. لوحة التحكم .

س١ : تكلم عن تقسيمات الغلايات ؟

س٢ : أذكر أهم الأجزاء المتممة للغلاية ؟

س٣ : تكلم بإيجاز عن أهم العوامل التي يجب أن تراعى لتحسين كفاءة الغلاية ؟

س٤ : وضح كيفية حساب كفاءة الغلاية ؟

س٥ :أذكر مميزات المبادلات الحرارية ذو الألواح ؟

س٦ : ما المقصود بتوازن المادة ؟

س٧ : أكمل العبارات الآتية :

- ✓ من المبادلات الحرارية ذات الأنبوبتين.....،.....
- ✓ من ملحقات الغلايات .....،.....،.....
- ✓ أهـــم العوامـــل التـــي تراعـــى لتحســـين كفـــاءة الغلايـــة.....،.....،.....،.....
- ✓ من طرق انتقال الحرارة .....،.....،.....

س٨ ما الشروط الواجب توافرها في وصلات البخار ؟

س٩ علل لما يأتي :

- ✓ يفضل استخدام ماء نقى خال من الأملاح فى الغلايات .
- ✓ يفضل عزل وصلات البخار بمادة عازلة .
- ✓ وجود أجهزة قياس الضغط ملحقة بالغلايات .

الوحدة الرابعة

- ✓ الديناميكـــا الـــحرارية
- ✓ المكثفـــات الـــحرارية
- ✓ وحـــــدات التبريد

مبادئ الديناميكا الحرارية

تعتمد جميع الكائنات الحية فى بقائها حية على الطاقة وتوجد الطاقة فى صور عديدة ابتداء من الطاقة الموجودة فى ذرات الماء نفسها وحتى الطاقة التى تشعها الشمس وفيما بينهما نجد لدينا مصادر عديدة على سبيل المثال الطاقة الكيماوية للوقود وطاقة الوضع للكميات الكبيرة للماء المتبخر بواسطة أشعة الشمس والمهم أن توجد الوسيلة التى تؤدى إلى الإنتفاع بالطاقة من مصدرها لخدمة البشرية فمثلا يتم تحويل طاقة الوضع للكميات الضخمة من الماء إلى طاقة كهربية بوضع توربينات مائية فى طريق انحدارها من الجبال إلى البحار مثلا.

كذلك يمكن استخدام طاقة احتراق الفحم لإنتاج البخار الذى يستخدم بدوره لتوليد الطاقة الكهربية بواسطة التوربينات البخارية كما يستخدم طاقة احتراق الوقود (البترول) فى آلات الأحتراق الداخلى لتسخين الهواء حتى يتمدد ويدفع المكبس لينتج طاقة ميكانيكية.

❖ علم الديناميكا الحرارية :

هو علم تجريبي يهتم بدراسة كل ما هو متعلق بدرجة الحرارة والطاقة الحرارية أو التدفق الحرارى المصاحب لتغيرات الأنظمة الكيميائية أو الفيزيائية .

❖ تطبيقات علم الديناميكا الحرارية :

- **التطبيقات الهندسية :** يستخدم هذا العلم هندسياً فى تصميم المحركات ومولدات الطاقة الكهربية وأجهزة التبريد والتكييف ويدخل هذا العلم فى التطبيقات الصناعية المختلفة .
- **التطبيقات الكيميائية** : التغيرات فى الطاقة التى ترافق التغير الكيميائى أو الفيزيائى وبصورة عامة التغير فى الطاقة بين النظام وما يحيط به .

<u>ويجب أن نقوم بتعريف للمفاهيم المستخدمة عند دراسة الديناميكا الحرارية كما يلى:</u>

١- الحرارة:

هى إحدى صور الطاقة ويمكن أن تنتقل من جسم إلى آخر ذو درجة حرارة أقل.

٢- المحيط :

هوالجزء الذى يحيط بالنظام ويتبادل معه الطاقةفى شكل حرارة أو شغل يمكن أن يكون حقيقى أو وهمى .

٣- النظام:

يعرف النظام بأنه مجموعة من المواد التى لها حدود معرفة وهى ليست من الضرورى أن تكون حدودا غير مرنة **ويمكن أن يكون النظام:**

- **نظام مغلق (Closed System):**

وهو الذى يسمح بتبادل الطاقة فقط بين النظام والوسط المحيط على صورة حرارة أو شغل .

- **نظام مفتوح (Open System) :**

وهو النظام الذى يسمح بتبادل كل من المادة والطاقة بين النظام والوسط المحيط به .

- **نظام معزول (Isolated System) :**

وهو النظام الذى لايسمح بانتقال أى من الطاقة والمادة بين النظام والوسط المحيط به .

☜ **<u>خواص النظام</u> : يمكن تقسيم الخواص الطبيعية للنظام إلى مجموعتين :**

- **خواص شاملة** : وهى الخواص التى تعتمد على كمية المادة الموجودة فى النظام مثل (الكتلة ، الحجم ، السعة الحرارية ، الطاقة الداخلية ، الطاقة الحرارية ، مساحة السطح) والقيمة الكلية بالنسبة لهذه الخواص تساوى مجموع القيم المنفصلة لها
- **خواص مركزة** : وهى الخواص التى لا تعتمد على كمية المادة الموجودة فى النظام مثل (الضغط ، درجة الحرارة ، الكثافة ، التوتر السطحى ، القوة الدافعة الكهربية ، الجهد الكهربى) كل هذة الخواص مميزة للمادة ولكن لا تعتمد على كميتها .

٤- الشغل:

مقدار القوة المؤثرة على جسم لتحركه مسافة ما على طول خط القوة .

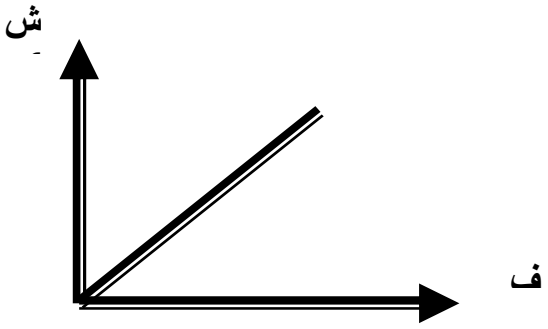
ش = ق × ف

الشغل — **القوة** — **المسافة التي يتحركها الجسم**

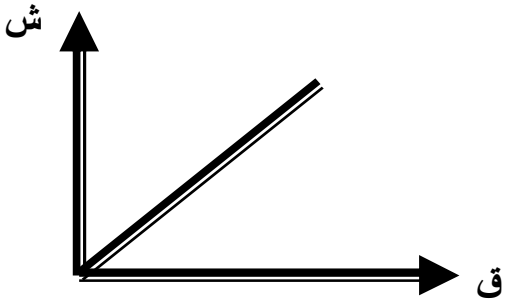
يقاس الشغل بوحدة الجول **(ويعرف الجول بأنه : الشغل الذي تبذله قوة مقدارها واحد نيوتن لتحرك جسم مسافة مقدارها واحد متر فى اتجاه القوة)**

العوامل التي يتوقف عليها الشغل المبذول :

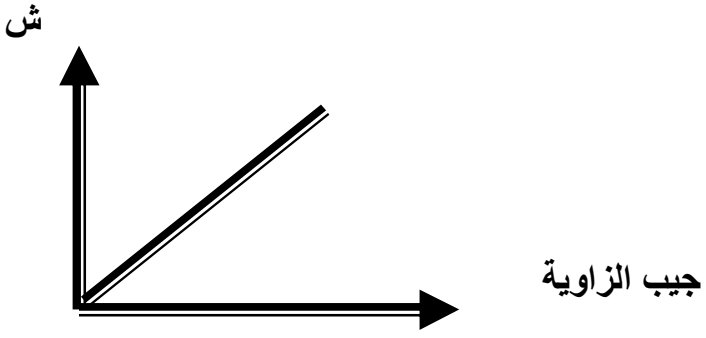
- **الأزاحة** :حيث يتناسب الشغل طردياً مع الأزاحة الحادثة للجسم .



- **القوة المؤثرة عل الجسم** :يتناسب الشغل طردياً مع القوة المؤثرة على الجسم .



- **الزاوية بين القوة والإزاحة** :يتناسب الشغل طردياً مع جيب تمام الزاوية المحصورة بين خط عمل القوة والإزاحة الحادثة .



مثال : (١)

مثال : أثرت قوة على جسم مقدارها ١٠٠ نيوتن فحركته مسافة مقدارها ٥٠متر . أحسب الشغل التى تبذلة هذه القوة .

الحل :

ش = ق × ف

= ١٠٠ × ٥٠ = ٥٠٠٠ جول

ويلاحظ أن كل من الشغل والحرارة طاقة يمكن أن تنتقل ويجب إلا يحدث خطأ بين مفهومها وبين مفهوم الطاقة الداخلية للنظام. فعلى سبيل المثال إذا وجد أسطوانة تحتوى على غاز تحت ضاغط ومعزولة عزلا جيدا وتم تحريك الضاغط للداخل فان درجة حرارة وضغط الغاز سترتفع ولما كانت الأسطوانة معزولة جيدا فهذا يعنى عدم تسرب كمية من الحرارة منها أو اليها وتكون نتيجة الشغل الذى يبذل على الغاز هو إزدياد الطاقة الداخلية للنظام. ومن جهة أخرى نفترض أنه لدينا وعاء صلب يحتوى على غاز وتم تسخينه فان حدود النظام تكون صلبة ولا تتحرك وبالتالى لا يستطيع الغاز أن يتمدد ويبذل شغلا نتيجة الحرارة المضافة اليه ولكن يحدث إرتفاع فى درجة الحرارة وتزداد الطاقة الداخلية للنظام وبالتالى يتضح أن الطاقة الداخلية يمكن ان تزداد بقيمة إضافة شغل أو إضافة حرارة.

٥-مائع الشغل:

من الوجهة العلمية نجد أن المادة الموجودة داخل حدود أى نظام قد تكون سائل أو بخار أو غاز ويطلق عليها إسم مائع الشغل وفى لحظة ما يمكن تعريف حالة المائع بمعرفة خواصه الثرموديناميكية والتى تتضمن: درجة الحرارة (T) الحجم النوعى (V) الطاقة الداخلية النوعية (U) والإنثالبى النوعى (H) الإنتروبى النوعى (S) ولقد وجد أن لموائع الشغل النقية مجرد معرفة خاصيتين له يمكن معرفة حالة المائع تماما ويمكن تحديده على خريطة توضح العلاقة بين تلك الخاصيتين بنقطة مثل خرائط الـ P.V التى توضح العلاقة بين الضغط والحجم النوعى.

٦- الإنعكاسية:

لقد تم إيضاح أنه بمعرفة خاصيتين لمائع الشغل يمكن تحديد حالته بنقطة على الخريطة التى تمثل العلاقة بين هاتين الخاصيتين وإذا حدث تغيير لحالة المائع فيمكن تحديد حالته الجديدة بنقطة جديدة واذا كانت النقطة الاولى هى رقم ١ فيمكن تسمية النقطة الثانية برقم ٢. وعلميا عندما يحدث اجراء على مائع ولا يمكن تحديد النقط الوسيطة بين حالته الإبتدائية والنهائية فنقول أن الإجراء غير أنعكاسى ويرسم الخط بين الحالتين مقطع وليس متصلا.

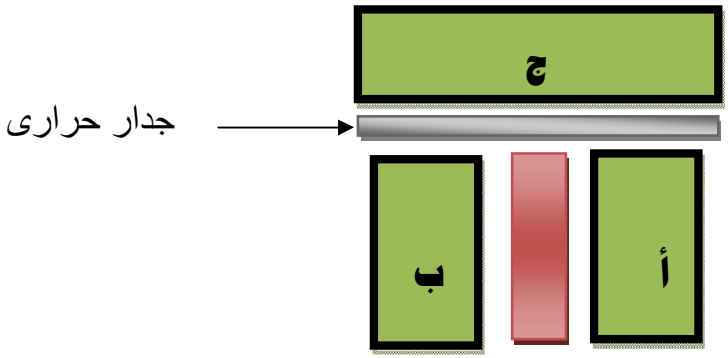
ويمكن تعريف الإنعكاسية:

عندما يتم إجراء إنعكاسى فانه يمكن إعادة المائع وما يحيط به إلى حالتهم الأصلية ويتضمن الاجراء الإنعكاسى عدم وجود احتكاك.

٧- الدورة:

عندما يتم عمل عدة إجراءات متتالية على مائع وفى الإجراء النهائى يعود المائع إلى حالته الأصلية فإنه يكون قد تم إجراء دورة وعندما تكون إجراءات الدورة إنعكاسية فإن الدورة أيضا تكون إنعكاسية.

القانون الصفرى للديناميكا الحرارية



تجريبياً وجد أنه عندما يتم وضع جسمين وليكن (أ ، ب) فى حالة اتزان حراري مع جسم ثالث (ج) عندئذ يكون (أ ، ب) فى حالة اتزان حراري مع بعضهما .

ومعنى القانون : أنه إذا وجد جسمين معزولينوكلاً منهما فى حالة أتزان حراري مع جسم ثالث فإن ذلك يؤدى إلى أن الجسمين أيضاً فى حالة اتزان حراري مع بعضهما البعض .

سمى بالقانون الصفري للديناميكا الحرارية لأنه يعتبر هذا القانون الأساس لفكرة الترمومتر المستخدم لقياس درجات الحرارة .

الترمومتر : هو أداة تستخدم لقياس درجات الحرارة ، الترمومتر كما سبق يعمل من خلال أحد الخصائص الفيزيائية بتغير درجة الحرارة مثل خاصية تمدد الأجسام مع زيادة درجة الحرارة وتغير الضغط أو مقاومة السلك الكهربائي بتغير درجات الحرارة .

وهناك مجموعة من المقاييس والتي سبق شرحها نذكر منها :

- المقياس المئوى (السليزيوس) .
- المقياس الفهرنهيتى .
- المقياس المطلق .

القانون الأول للديناميكا الحرارية

أوضح العلماء في أوائل القرن التاسع عشر مفهوم الطاقة وأنها لا تخلق من عدم ولا تفنى وهى الاساس المعروف ببقاء الطاقة. والقانون الأول للديناميكا الحرارية ما هو إلا صيغة لهذا المفهوم العام مع توضيح العلاقة بين الطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية ولذلك نجد أن هذا القانون يصاغ كما يلى:

" الطاقة لاتفنى ولا تستحدث من عدم ولكن تتحول من صورة لأخرى "

عندما يخضع نظام لدورة ديناميكية حرارية فان صافى الطاقة الحرارية المضافة للنظام من الجو المحيط به يساوى صافى الشغل المبذول بالنظام على الجو المحيط به وبالتالى يمكن التعبير عنه رياضيا كما يلى:

$$\sum Dq = \sum dW$$

حيث علامة $\sum$ تعبر عن المجموع فى دورة كاملة.

dq هى كمية الحرارة التى تخرج من أو تنتقل إلى النظام .

dw وهو الشغل المبذول على أو من النظام .

ومن المعلوم أنه عند وضع جسمين عند درجات حرارة مختلفة بينهما اتصال حراري فإن الحرارة تنتقل من الجسم الأعلى درجة حرارة إلى الجسم الأقل درجة حرارة، ويسمى هذا تدفق حراري flow heat ويستمر حتى يصل الجسمين إلى نفس درجة الحرارة وعندها يكونا في حالة إتزان حراري.

حاول العلماء تفسير ظاهرة التدفق الحراري بافتراض جسيمات غير مرئية تدعى الكالورى، تعمل على نقل الحرارة بين الأجسام. ولكن كان هذا الافتراض غير صحيح حيث لا يمكن تفسير العديد من الظواهر الحرارية مثل عدم تغير درجة الحرارة عند حالة التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية مثل غليان الماء، ولكن العالم جول Joule أثبت بالتجربة العملية أن التدفق الحراري ما هو إلا انتقال للطاقة وأن الحرارة صورة من صور الطاقة ودرجة الحرارة ماهى إلا مقياس للطاقة الداخلية للمادة كلما زادت درجة الحرارة زادت الطاقة الداخلية أى زادت الطاقة الحركية لجزيئاته.

أي أن التدفق الحراري : هو انتقال الطاقة الناتجة عن اختلاف درجات الحرارة.

ودرجة الحرارة ما هي إلا مقياس للطاقة الداخلية للمادة وكلما زادت درجة الحرارة زادت الطاقة الداخلية أي زادت الطاقة الحركية لجزيئاته.

وحدة الطاقة الحرارية هى الكالورى (Calorie) :-

هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد كيلوا جرام من الماء واحد درجة مئوية .

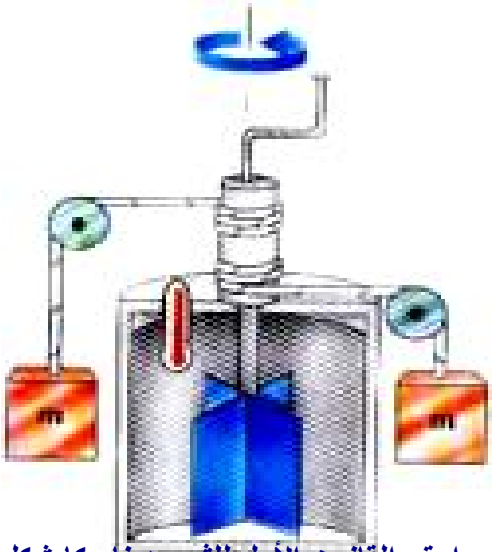
وبعد أن اثبت العالم جول أن الحرارة هي طاقة فيمكن التعبير عن وحدة الحرارة بالجول وقد اثبت عملياً أن:

واحد كالورى = ٤.١٨٦ جول

واحد جول = ٠.٢٣٨٩ كالورى

مكافئ تحويل القوى الميكانيكية للحرارة:

قام العالم جول بتصميم التجربة الموضحة في الشكل (١-٤) التالي والتي اثبت فيها أن الطاقة الميكانيكية تتحول إلى حرارة وان الحرارة ما هي إلا صورة من صور الطاقة ويمكن تحويلها من صورة إلى أخرى.



الحرارة والقانون الأول للثرموديناميكا شكل (١-٤)

تعتمد التجربة على قياس التغير في طاقة الوضع للأثقال التي تحرك المروحة داخل الإناء المعزول والتي ينتج عنها ارتفاع في درجة الحرارة، وبدراسة التغير في طاقة الوضع mgh مع ارتفاع درجة حرارة الماء في الإناء يمكن إيجاد علاقة تناسب طردي بينهما ووجد أن ثابت التناسب هو ٤.١٨٦ جول/ كجم ولهذا يكون : **واحد كالورى = ٤.١٨٦ جول**

القانون الثاني للديناميكا الحرارية

يبين القانون الأول أن الحرارة والشغل صورتان من صور الطاقة يمكن تحويل كل منها إلى الأخرى كما حدد طريقة ربطهما ببعض عن طريق عامل كمى (المكافئ الميكانيكى للحرارة). ومن القانون الأول يمكن تعريف الطاقة المخزنة كما أوضح العلاقة بين الشغل والحرارة والتغير فى الطاقة الداخلية للمجموعة.

ولكن لم يضع القانون الأول أى حدود لإمكانية تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى فالشغل يمكن أن يتحول تماما إلى طاقة والعكس. ولكن فى الآلات الحرارية نجد أن جزءا فقط من الطاقة الحرارية المضافة يمكن أن يتحول إلى شغل ميكانيكى مفيد بينما يخرج جزء آخر كبير من هذه الطاقة من الآلة الحرارية مفقودا فى صورة دخان عادم أو بخار ثانوى أى أن المحتوى الحرارى لمادة الشغل (بخار أو غلاية) لا يمكن الإستفادة منها تماما بدون فاقد وذلك لأن مادة الشغل تخرج من الآلة على درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الوسط الجوى المحيط بحيث أننا نجد أن هناك فرقا كبيرا بين درجة حرارة العوادم الخارجة ودرجة حرارة الصفر المطلق أى أن هناك فرق فى المحتوى الحرارى كان يمكن استغلاله فى عمليات تحول الطاقة ولكن هذا الجزء من الطاقة لا زال مهدرا وبالتالى تكون الإستفادة غير كاملة.

ولدراسة القانون الثانى لا بد من التعرف أولا على كيفية عمل الآلة الحرارية وعلى التعرف على الإجراءات العكسية والغير عكسية ومنها يمكن التوصل إلى صيغ مختلفة للتعبير عن القانون الثانى للديناميكا الحرارية.

❖ الآلة الحرارية:

هى أداة تعمل على تحويل الحرارة إلى شغل خارجى وتتكون الآلة الحرارية عادة من اسطوانة معزولة الجوانب (ما عدا قاعدة الأسطوانة) لها مكبس حر الحركة ويتحرك بدون إحتاك ويوجد بداخل الأسطوانة مادة تسمى مادة التشغيل ومادة التشغيل يمكنها أن تمتص أو تكتسب أو تطرد كمية من الحرارة ة تقوم بعمل شغل مكتسب أو مبذول وذلك بتمددها أو بإنضغاطها أى بتغيير حجمها.

❖ الاحتكاك:

عند توقف قطار أو سيارة فإن طاقة الحركة للقطار تتحول إلى طاقة حرارية فى جهاز الفرملة مما يرفع من درجة حرارة الفرامل ومن غير المعقول طبعا أن يستطيع القطار أن يتحرك مرة ثانية عند تبريد الفرامل فالإحتكاك الذى حدث يعتبر طاقة مفقودة غيرت من الوسط المحيط.

انتقال الحرارة من جسم لآخر عند وجود فرق فى درجات الحرارة بينهما فبعد الوصول إلى حالة الإتزان الحرارى فإنه يصعب إنتقال الحرارة فى الإتجاه العكسى لأن إتجاه الإنتقال الحرارى محدد بإتجاه واحد وكذلك الحال فى حالة اتزان الضغوط أو التركيزات.

❖ التمدد الحر:

فإذا تمدد غاز مثلا داخل أسطوانة فيكون هذا الإجراء غير انعكاسى بسبب وجود أحتكاك بين المكبس والأسطوانة أو لسبب إثارة الغاز داخل الأسطوانة وبالتالى تبقى بالمجموعة كمية من الطاقة أكبر.

❖ عمليات الخلط:

تتم عمليات الخلط للسوائل والعجائن مثلا بإضافة شغل ميكانيكى من الخارج مما يؤدى إلى تحسين المخلوط ورفع الطاقة الداخلية له ولكن لا يمكن تخزين الطاقة المضافة (الشغل الميكانيكى) داخل المخلوط إلى وقت آخر لحين استخدامه لشغل يمكن طرده من مجموعة السائل لذلك يطلق على الشغل المضاف شغل موزع أو متفرق.

قاعدة هامة: أنه يمكن تحويل الطاقة الميكانيكية دائما بالكامل إلى طاقة حرارية فإن التحويل الكامل لكل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية من خلال دورة حرارية أى بواسطة آلة حرارية مستمرة غير ممكن حتى تحت أحسن الظروف المثالية.

❖ القانون الثانى للديناميكا الحرارية:

يمكن التعبير عن منطوق القانون الثانى للديناميكا الحرارية بأحد الصيغ الاتية:

١. ليس من المعقول أن تصمم آلة حرارية تعمل فى دورة ولا تنتج أى أثر غير أستخلاص الطاقة الحرارية من خزان كبير وتحويلها كلها إلى شغل مساو لها.

٢. لا يمكن نقل الحرارة من جسم ذو درجة حرارة منخفضة إلى آخر ذو درجة حرارة مرتفعة إلا باستخدام شغل خارجى.

٣. يستحيل على أى جهاز يعمل طبقا لدورة أن ينتج ضغطا مع تبادل الحرارة مع أجسام عند درجة حرارة متساوية.

ولقد وضعت عدة صيغ للقانون الثانى منها :-

صيغة كلفن

من المستحيل على أى آلة حرارية أن تعطى شغلاً خارجياً نتيجة لأنتقال الحرارة من مصدرين لهم نفس درجة الحرارة .

صيغة كلوزيوس

من المستحيل لدورة حرارية أن تحول الحرارة إلى شغل بدون نقل كمية من الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد فى نفس الوقت .

وهذا القانون ليس استنتاجا من القانون الأول حيث أن القانون الأول ينفى استخدام أو فناء الطاقة فى حين أن القانون يحدد احتمالات استخدام الطاقة فى صور معينة. فإنه من المعلوم إمكانية تحويل جميع الطاقة الميكانيكية (الشغل) إلى طاقة حرارية بدون أى حدود ولكنه لا يمكن تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل بدون طرد جزء من هذه الطاقة الحرارية إلى ما يحيط بالمجموعة.

قيمة القانون الثانى:

١. تعيين أقصى قيمة للجودة الحرارية لآلة حرارية تعمل تحت ظروف معينة.

٢. تعيين أقصي قيمة لمعامل أداء ثلاجة أو وحدة تبريد.

٣. احتمالات حدوث أي إجراء.

٤. تحديد الإتجاه الذي يمكن أن يتخذه أي إجراء.

٥. تعريف مقياس لدرجة الحرارة لايعتمد علي الخواص الطبيعية لأي مادة.

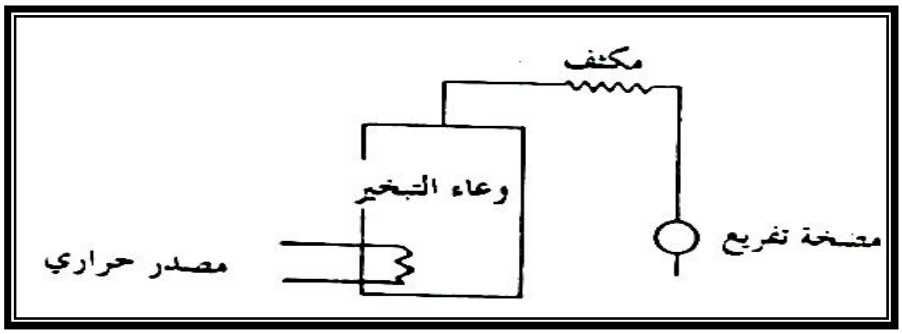
٦. تحديد العلاقات بين الخواص الطبيعية للمواد.

المكثفات الحرارية
وحدات التركـــيز أو التبخـــير
Concentration or Evaporation Unit

يعد التبخير إحدى العمليات المتكاملة الرئيسية للمنتجات الغذائية المائعة ، ويتم استخدامها لتركيز أو زيادة تركيز المواد الصلبة للمائع الغذائى. ويتمثل أحد الأهداف الأساسية لهذه العملية فى خفض حجم المنتج بكمية مؤثرة دون فقد للمكونات الغذائية ويسمح هذا بزيادة كفاءة النقل للمكونات المهمة فى المنتج وكفاءة تخزين المواد الصلبة. وأحد الأهداف التى تضاهى تبخير الماء من الموائع الغذائية فى الأهمية هو إزالة كميات كبيرة من المحتوى المائى بكفاءة عالية ومؤثرة قبل دخول المنتج لعملية التجفيف. ويمكن استخدام عملية التبخير لمنتجات تختلف بصورة كبيرة فى خصائصها ، وفى عديد من الحالات تؤثر هذه الخصائص تأثيراً ملموساً على تصميم المبخر.

يتم إنجاز عملية تركيز المواد الصلبة فى منتج غذائى سائل بواسطة تبخير الماء الحر الذى يحتويه المنتج. ويتم إنجاز تبخير الماء عن طريق رفع درجة حرارة المنتج إلى نقطة الغليان وتثبيته تحت هذه الظروف لفترة من الزمن وذلك للحصول على التركيز المطلوب.ونظراً لحساسية معظم المنتجات للحرارة ، فإن التبخير يتم إنجازه عادة تحت تفريغ وبإستخدام تفريغ عال نسبياً (ضغوط منخفضة) يمكن إزالة كميات كبيرة من الماء من المنتجات الغذائية السائلة دون حدوث تأثيرات كبيرة فى جودة المكونات الحساسة للحرارة.

هناك أربعة مكونات أساسية متطلبة لإنجاز التبخير ، كما هو موضح فى الشكل التالى (٢-٤) فأى مبخر يتم إستخدامه للمنتجات الغذائية السائلة سيحتوى على الآتى:



شكل (٢-٤) تخطيطي لمكونات نظام تبخير بسيط

(أ) وعاء التبخير (ب) مصدر حرارى (جـ) مكثف

(د) وسيلة للحفاظ على ضغط التفريغ (للتخلص من الغازات غير القابلة للتكثيف).

وترتبط اعتبارات التصميم المهمة لأى مبخر ارتباطاً وثيقاً بالمكونات الأربعة السابقة. ويجب أن يؤدى نظام التفريغ إلى إزالة الغازات غير القابلة للتكثيف حتى يتم الحفاظ على التفريغ المطلوب فى وعاء التبخير. ويجب إمداد المنتج بحرارة كافية لتبخير كمية الرطوبة المطلوب إزالتها وتوفير مكثف لتكثيف البخار الناتج عن عملية التبخير. ويمكن استخدام موازين أساسية للمادة لتحديد معدلات التغذية لمستويات محددة للتركيز. هذه العلاقات تؤدى إلى حساب معدلات وسط التسخين اللازمة للحصول على التبخير المرغوب للماء. وبينما نجد أن أحد أهم اعتبارات التصميم هو كمية إنتقال الحرارة من وسط التسخين إلى المنتج ، فإنه يتعذر حساب مساحة سطح الإنتقال الحرارى المطلوبة دون أن يسبق ذلك تقدير للمعامل الكلى لانتقال الحرارة لسطح التسخين.

وبالرغم من إمكان التنبؤ باعتبارات التصميمالمذكورة آنفاً بدقة مقبولة ، فإن عدداً من العوامل ذات العلاقة بالمنتجات تؤدى إلى حسابات ذات طبيعة أكثر تعقيداً . فهناك العديد من المواد الصلبة فى المنتجات الغذائية تؤدى إلى نقطة غليان مرتفعة مقارنة بنقطة غليان الماء عند الضغط نفسه. ويتغير إرتفاع نقطة الغليان كلما زاد تركيز المنتج. وتشمل طرق إنتقال الحرارة من وسط التسخين إلى المنتج، إنتقال الحرارة بالحمل على جانبى وسط التسخين وسطح التسخين الملاصق للمنتج. فمعامل إنتقال الحرارة بالحمل فى جانب المنتج يكون دالة للزوجة التى تتغير بدورها كلما زاد تركيز المنتج. وأخيراً فإن الخصائص الحرارية الأساسية للمنتج تتغير مع درجة الحرارة والمحتوى الرطوبى ، وقد يكون لها تأثير ملموس على الحسابات ذات العلاقة بتصميم المبخر.

هناك العديد من العوامل التى قد تؤثر بصورة غير مباشرة على تصميم نظام للتبخير للسوائل الغذائية. فخصائص مكوناتالغذاء الحساسة للحرارة تتطلب اهتماماً خاصاً يحتم المحافظة على زمن تلامسى قصير بقدر الإمكان بين المنتج وسطح التسخين إضافة إلى الحيلولة دون ارتفاع درجة حرارة المنتج من المستويات التى سبق تحديدها. إضافة لذلك فإن خصائص السوائل الغذائية تميل إلى تكوين الترسباتالقشرية الصلبة على أسطح الانتقال الحرارى فى المبخر، علماً بأن بعض اعتبارات تصميم معينة قد تؤدى إلى خفض فواقد الكفاءة نتيجة لهذا العامل إلى الحد الأدنى.

تجرى إزالة نسب مختلفة من الماء من بعض المواد الغذائية والألبان لغرض تركيز هذه المواد وبالتالى تقليص حجمها كما أنها تركز بعض المواد فتساعد فى حفظها وتكاد تكون وحدة التكثيف أو التبخير من الوحدات التى يمكن وجودها فى أى معمل غذائى للقيام بأحد هذه المهام أو بعضها وتعتمد هذه الوحدات على أساس توفير الحرارة اللازمة لتحويل جزء من الماء إلى حالته

كبخار ماء يزال من هذه الأجهزة ويمكن أن تجرى هذه العملية تحت الضغط الجوى للمواد الغذائية التى لاتتأثر عند تعرضها إلى درجات حرارة عالية أو أنها تتم تحت تفريغ لإجراء عملية تبخير الماء فى درجات حرارة أقل من درجة الغليان الأولية .

يتوفر فى الأسواق أنواع مختلفة من هذه المبخرات تستعمل لتركيز العديد من المواد الغذائية ويتم اختيار هذه المبخرات حسب نوع المادة الغذائية المراد تكثيفها وعلى سعة هذه المبخرات اللازمة لإتمام عملية معينة .

❖ **يتكون جهاز التكثيف من:**

أ– اناء التبخير (Evaporating space): وفى هذا الإناء تتم عملية تبخير الماء من المادة الغذائية وتكون مصنوعة بحيث تتوفر فيها الشروط الصحية فيكون مصنوع من حديد غير قابل للصدأ وأن يتحمل الضغط المتولد نتيجة عملية التبخير الذى تحدث فيه.

ب- مصدر للحرارة (Heating source): ويعتبر البخار من المصادر المهمة للطاقة التى قد تستخدم فى هذه الأجهزة لإنتاج طاقة حرارية كافية لتبخير الماء من هذه المواد الغذائية.

ج- مكثف(Condenser): وهو الجزء الذى تتم فيه عملية تكثيف الأبخرة المتكونة من عملية التبخير والتخلص منها مثل تكثيف بخار الماء وهذه الأجزاء الواجب ملاحظتها فى تصميم أى جهاز للتبخير .

كما أن هناك عوامل أخرى يجب أخذها بنظر الإعتبار والمؤثرة على مقدار ما يتم تبخيره بواسطة هذه الأجهزة ومن هذه العوامل:

١. مقدار حساسية المنتج الغذائى للحرارة.
٢. تكوين القشور على السطح.
٣. الحرارة النوعية للمادة.
٤. مقدار معامل الإيصال الحراري للمادة الغذائية.

تشمل عملية تغير حالة الماء من حالته السائلة إلى الحالة الغازية بشكل بخار ماء إلى إضافة حرارة ومن المعروف تحديد العلاقة بين الضغط و الحرارة الكامنة للتبخير للماء ودرجة الحرارة.

❖ أجهـــزة التبخـــير :

تصنف أجهزة التبخير على عدة أسس فالنظام الأول يعتمد على عدد التأثيرات التى يتعرض لها المنتج أثناء عملية التكثيف كأساس لهذا التصنيف **وعلى هذا الأساس يمكن تقسيم أجهزة التبخير إلى ما يأتى :**

١- المبخرات ذات التأثير الواحد.

٢- المبخرات ذات التأثيرين.

٣- المبخرات ذات ثلاثة تأثيرات.

ويحدد عدد التأثير عدد الاسطوانات التى تتم فيها عملية التبخير فالمبخرات ذات التأثير الواحد تتألف من اسطوانة واحدة أما النوع الثانى فيتألف من اسطوانتين بينما تتكون المبخرات ذات الثلاثة تأثيرات من ثلاثة اسطوانات تبخير.

وبهدف زيادة عدد التأثيرات إلى استعمال الطاقة بشكل أكثر اقتصادى ولإجراء عمليات معينة لإزالة الأبخرة والروائح التى قد يحويها هذا المنتج الغذائى.

ويستعمل أساس تحريك المواد داخل الأجهزة فى تصنيف الأنواع التى قد يكون بشكل تأثير واحد وعلى هذا الأساس **يمكن تقسيم هذه الأجهزة إلى ثلاثة أنواع:**

١. وحدات التبخير ذات التحريك الطبيعى.

٢. وحدات التبخير ذات التحريك الميكانيكى.

٣. وحدات التبخير ذات الأغشية.

ففى الأول يتم تحريك المادة الغذائية بفعل صفاتها الطبيعية أثناء عملية التبخير بينما فى النوع الثانى يتم ذلك بضخ هذه المواد داخل هذه الغرف وبسرعة معينة فتعرض إلى فعل الحرارة أما النوع الثالث فتضخ فيه المادة الغذائية على شكل غشاء رقيق.

وفيما يلى وصفاً مبسط لهذه الأنواع،،

١- المبخرات ذات التحريك الطبيعى :

وفى هذا النوع من أجهزة التبخيرنضع المادة الغذائية وتعرض لدرجات حرارة مناسبة ويتم تحريك المادة الغذائية بواسطة التحريك الطبيعى دون استعمال عملية الضخ وتؤثر هذه بأشكال مختلفة ذات طاقات مختلفة أيضاً .

ومن الأجهزة التى تستعمل هذا الأساس ما يلى:

☜ **أ – مبخر القدر المفتوح :**

ويتكون فى العادة من اسطوانة تحيط بها اسطوانة أخرى يكون بينهما فراغ وتمرر المادة المسخنة فى هذا الفراغ وهى البخار توضع المادة الغذائية المراد تبخيرها فى الأسطوانة الأولى وتحتوى هذه على أداة تحريك بينما يتم التبخير بوضع غشاء من المادة الغذائية على جدار الاسطوانة فتتم عملية التبادل الحرارى فيتم تبخير جزء من الماء تحت الضغط الجوى وتستمر عملية إزالة الماء إلى التركيز اللازم.

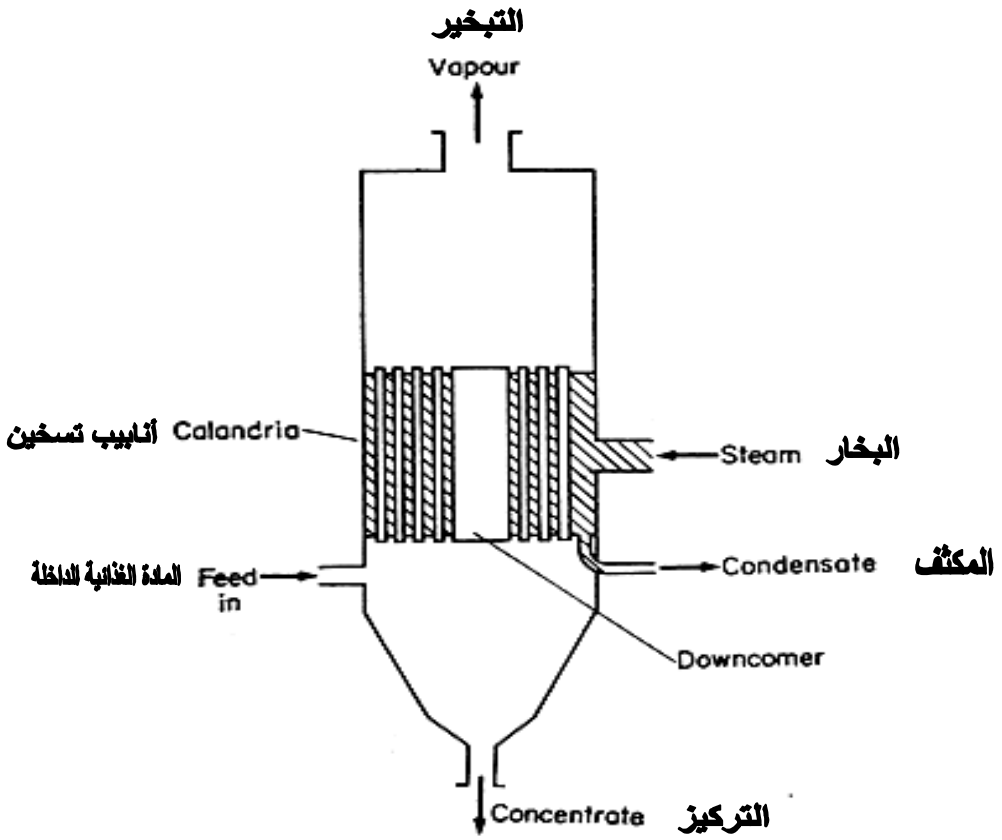
لذا فإن المادة الغذائية تتعرض إلى درجة حرارة ١٠٠ ْم وهى درجة الحرارة التى يتم فيها تبخر الماء تحت الضغط الجوى ولذا فإن استعمال هذه الطريقة محدود لتركيز مواد غذائية معينة تتحمل درجات الحرارة ولا تؤثر على صفاتها العامة.

☜ **ب- مبخر القدر العامل بالتفريغ :**

وبالنظر إلى عدم ملائمة التكثيف بالطريقة السابقة إلى بعض المواد الغذائية لجأت الصناعة إلى إجراء عملية التبخير فى درجات حرارة واطئة ويمكن تحقيق ذلك باستعمال التبخير تحت تأثير الفراغ (أقل من الضغط الجوى) وبذلك يمكن خفض درجة غليان الماء ويتم التركيز فيها على شكل دفعات.

ويتم التبخير فى هذا النوع تحت تفريغ ٢٧ بوصة زئبق عند درجة حرارة ٤٥ ْم ويمكن تحقيق التفريغ اللازم باستعمال مضخة تفريغ خاصة تقوم بإزالة الأبخرة من هذا المبخر.

تدفع المادة الغذائية على مسخن أولى ثم تمر على ملفات مصنوعة من الحديد الغير قابل للصدأ يمر بها البخار فيتبخر الماء ويرتفع إلى أعلى الأسطوانة وتجرى عملية التكثيف برش الماء أو بإجراء الأبخرة على ملفات بها ماء بارد ثم تطرح المادة المكثفة إلى الخارج. أو باستعمال مضخة تفريغ من نوع الجاف (Dry vacuum pump) أما البخار المكثف فإنه يخرج من الجهاز بواسطة مضخة خاصة يطرح المنتج بعد الوصول إلى التركيز اللازم بواسطة قياس الوزن النوعى أو بواسطة استعمال مكثفات خاصة تستعمل لهذا الغرض ويوضح شكل (٣-٤) مبخر بسيط .



شكل (٣- ٤) يوضح مبخر بسيط

كيفية تشغيل الجهاز :

عند تشغيل جهاز من هذا النوع يجب إتباع الخطوات التالية عند بدء تشغيله:

١-تعقيم الأجهزة بواسطة تمرير ماء حرارته ٨٥°م.

٢-تحرك مضخة اللبن.

٣-تشغيل مضخة التفريغ إلى أن تصل درجة التفريغ (٢٥ – ٢٧ بوصة زئبق)

٤-يفتح بخار ذات ضغط متجانس ما بين (١٠-١٥ باوند/بوصة مربع) على ملفات التسخين حتى تصل درجة الحرارة (٦٠-٦٢°م) ويستمر إلى أن تصل إلى درجة التكثيف اللازمة حيث يبدأ بتوقيف الجهاز.

٥-يغلق مصدر البخار على الملفات وعلى المسخن الأولى ويغلق صمام الماء الداخل للمكثف.

٦-توقف المضخة التي تدفع اللبن وتعمل مضخة التفريغ ويتوقف المضخة الخاصة بضخ المنتج.

٢- المبخرات ذات الأنابيب :

وفى هذه الوحدات يتم إجراء التسخين بواسطة أنابيب تنقل المادة المسخنة ولذا فإن هذه الأنابيب تكون مصنوعة من معدن صحى لأنها تأتى بتماس مباشر مع المادة الغذائية وقد يكون وضع هذه الأنابيب بشكل أفقى أو عمودى أو تكون موضوعة خارج الجهاز ويشمل هذا النوع:

☜ **أ- المبخر ذو الأنابيب الأفقية القصيرة:**

Horizontal short tube evaporator

ويتكون من أسطوانة فى أسفلها تمر مجموعة من الأنابيب القصيرة موضوعة بشكل أفقى، أسعارها رخيصة ولا تحتاج إلى بنايات ذات سقوف مرتفعة وهى سهلة التركيب ومناسبة لتركيز المواد التى لا تتبلور ولا تكون قشور. تتوفر فى الأسواق بقطر ٠.٩-٣.٦ متر وارتفاع ٢.٤ – ٣.٩ متر ويستعمل فيها أنابيب يتراوح قطرها ما بين ٢٢-٣٢ ملليمتر ويتم تحريك المادة الغذائية فى هذه الأجهزة بواسطة الجذب الأرضى ولذا فإن استخدامها غير مناسب فى تركيز السوائل ذات اللزوجة العالية.

☜ **ب- المبخر ذو الأنابيب العمودية القصيرة:**

Vertical short tube evaporator

وهو مبخر يشابه فى تكوينه المبخر السابق إلا أن الأنابيب فيه موضوعة بصورة عمودية وقد توضع هذه بشكل بحيث يمكن فصلها من الجهاز بسهولة لغرض تنظيفها بعد كل عملية. يستخدم هذا النوع من المبخرات فى معاملة كميات محدودة من المواد الغذائية التى تتحمل الحرارة ونلاحظ استعماله فى صناعة سكر القصب ، سكر البنجر ، الملح وعصير الفواكه.

☜ **ج – المبخر ذو الأنابيب الخارجية:**

يتم تسخين المواد المختلفة فى هذا النوع فى وحدة خاصة وتكون خارج الجهاز بحيث يمكن فتحها بسهولة ومن ثم تنظيفها وأستعمالها. وتستعمل أيضاً فى معاملة كميات لا بأس بها من اللبن ومستخلصات اللحوم وعصير الفواكه.

☜ **د- المبخرات ذات الملف:**

ويتم التسخين بواسطة تمرير المادة المسخنة فى ملف يغمر داخل المادة الغذائية ويصنع عادة من النحاس ويستعمل هذا النوع فى صناعة السكر.

٣- المبخرات ذات التحريك الميكانيكى:

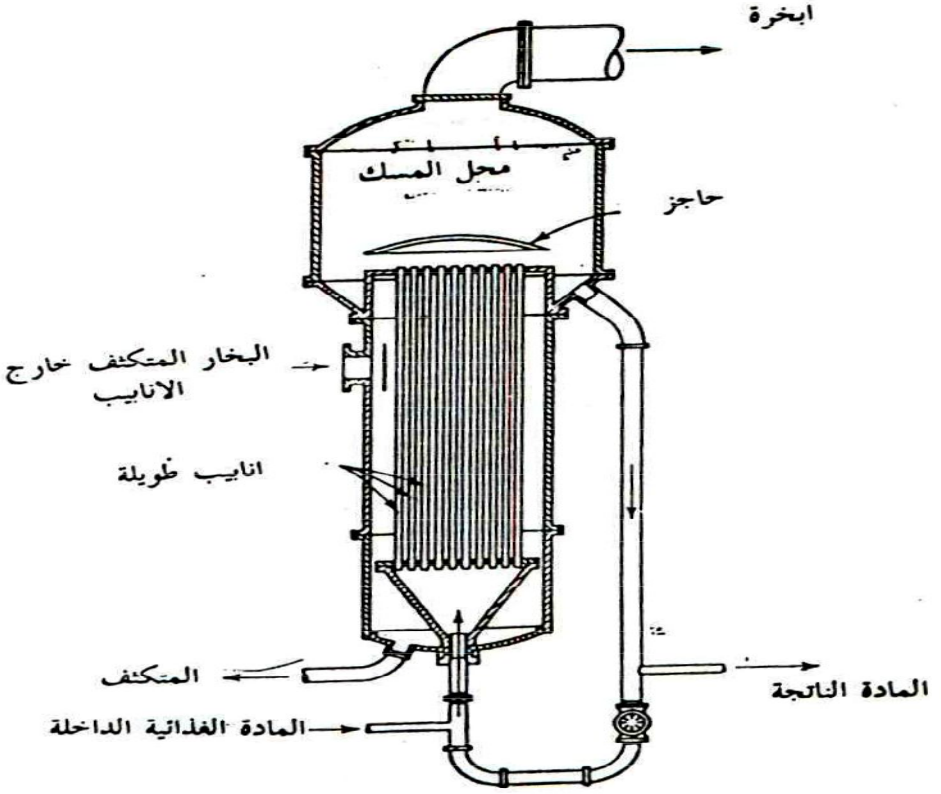
Forced circulated evaporators

يتم تحريك المادة الغذائية بواسطة ضغط تولده مضخات خاصة فتسير المادة الغذائية بشكل غشاء على سطوح مسخنة فيحصل التبادل الحرارى ويتحول الماء إلى بخار ثم يزال فى الجهاز بواسطة تكثيفه.

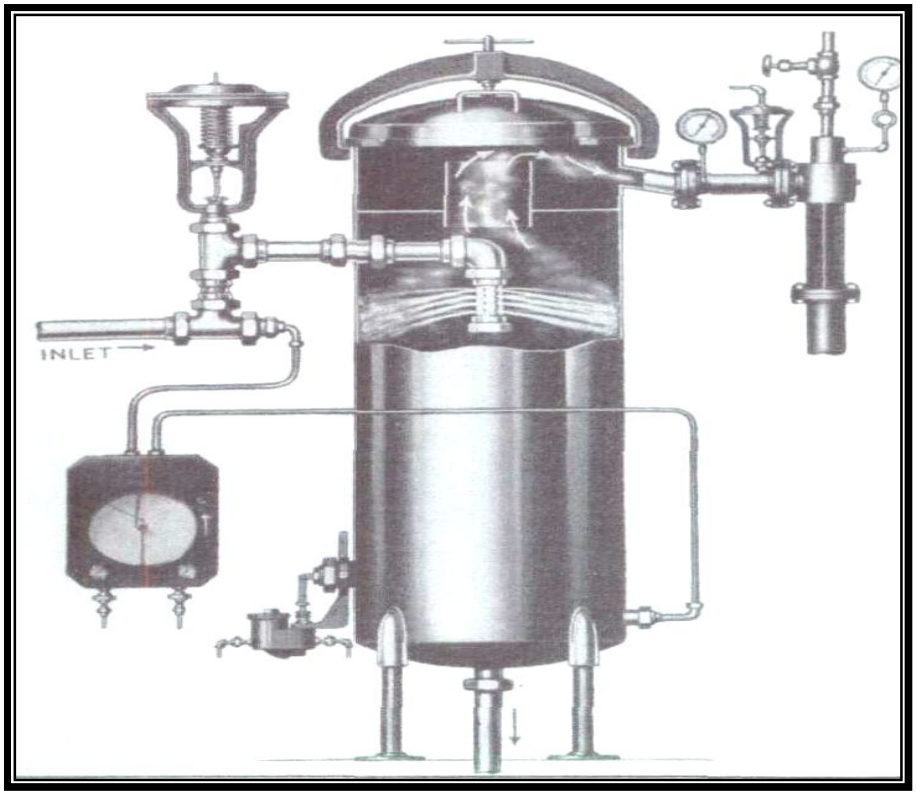
٤- المبخرات ذات الأنابيب الطويلة:

Long tube evaporators

وتتم عملية التبخير فى هذا النوع من المبخرات شكل (٤-٤)و شكل (٤-٥) بواسطة تكوين غشاء رقيق من المادة الغذائية يسير على سطح مسخن بسرعة مناسبة بحيث تسمح تبادل حرارى جيد ، وقد تجرى هذه العملية أثناء صعود هذا السائل كما يحدث فى المبخرات ذات الغشاء الصاعد أو عندما ينزل هذا الغشاء فى هذه الأنابيب الضيقة الطويلة كما يشاهد فى المبخرات ذى الغشاء النازل أو قد يحدث أثناء صعود الغشاء مرة فى جهة من الجهاز أو عند نزوله كما يحدث فى المبخر ذو الغشاء المتسلق النازل.



شكل (٤-٤)يوضح مبخر ذو أنابيب طويلة



شكل (٥-٤) يوضح مبخر متصل بوحدات قياس الضغط ودرجة الحرارة

تتألف هذه المبخرات من عدة أنابيب طويلة يتراوح طولها ما بين (١٠-٤٠ قدم) وبقطر (١-٢ بوصة) يزال البخار من المادة الغذائية باستعمال أجهزة فصل خاصة وقد تتم هذه العملية فى الضغط الجوى ولكن يستعمل هذا النوع للتبخير تحت التفريغ نظراً لأن المواد المستعملة تتأثر بالحرارة لذا تعرض لدرجة غليان منخفضة قد تبلغ ما بين (٥٠-٦٠ ْف) الشكل التالى يبين هذا النوع من المبخرات.

٥- المبخرات ذو الصفائح :

Plate evaporator

وتتكون من مبادل حرارى يتكون من عدة صفائح تسير فى جهة من المادة الغذائية بينما تسير مادة التسخين فى جهة أخرى ويتم التبادل الحرارى عبر هذه الصفائح وفى العادة تنظم هذه الصفائح بمجاميع تتألف من أربعة صفائح ويتم تكثيف البخار فى صفائح رقم ١، ٤ وكذلك فى ٢ ، ٣ عند وصول المادة الغذائية المسخنة أولياً إلى بداية هذه الصفائح ترتفع درجة حرارتها وترتفع بشكل غشاء فى الفراغ بين صفيحة رقم ١و ٢ وتسقط فى ٣ ، ٤ فيه ويتم فصل البخار من المادة المركزة

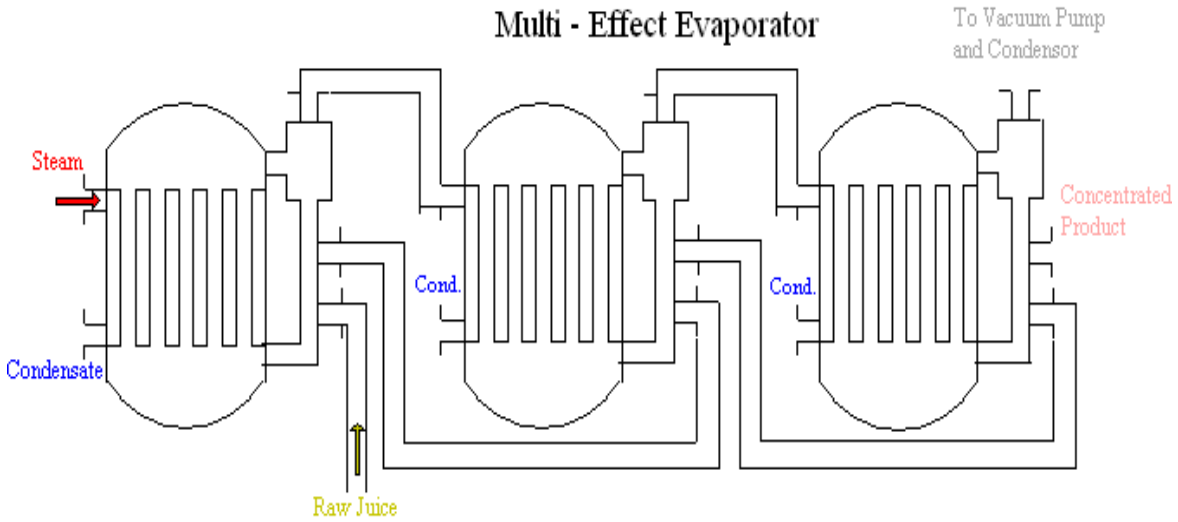
بواسطة فراز طرد مركزى يستعمل هذا النوع بنجاح فى تكثيف بعض منتجات صناعة الألبان وفى تركيز عصير البرتقال وورت البيرة.

٦- المبخرات متعددة التأثير:

تتم عملية التبخير في الأنواع التى سبق ذكرها فى أسطوانة واحدة وبمرحلة واحدة. أما فى هذه الأنواع فإن المادة الغذائية تتعرض إلى عدة تأثيرات لإتمام عملية التبخير بشكل جيد بحيث لا يؤثر على المادة الغذائية لذا فإن هذه الأجهزة تتألف من عدة اسطوانات ونستغل الاستفادة من البخار فى جميع المراحل ويعتبر استعمال البخار فى هذا النوع أكثر اقتصاداً . فقد لوحظ استعمال ٠.٦ باوند من البخار لتبخير باوند واحد من الماء عند استعمال مبخرات ذات تأثيرين حينما نستعمل ١.٢ باوند فى المبخرات ذات التأثير الواحد.

ففى المبخرات ذات التأثيرين تستعمل أسطوانتين تعمل الأولى تحت تفريغ قليل وتبلغ درجة الغليان (١٨٠ – ٢٠٠ ْف) بينما يستعمل تفريغ أكثر فى الثانية فتنخفض درجة الغليان ويستفاد من الأبخرة التى تتكون فى الأولى لتسخين المادة الغذائية الموجودة فى الأسطوانة الثانية.

أما إذا أشتملت المبخرات على ثلاثة أسطوانات شكل (٦-٤) فيطلق عليها اسم المبخرات ذات ثلاثة تأثيرات يوفر فى كل منها تأثير تحت تفريغ يبلغ فى الأول ٤-٩ بوصة تفريغ وبدرجة حرارة ١٩٥/٢٠٥ ْف بينما تكون الثانية فى تفريغ مقداره ١٥-٢٠ بوصة ودرجة حرارة ١٦١/١٧٩ ْف أما الثالثة فيكون مقدار التفريغ حوالى ٢٧-٢٨ بوصة ودرجة حرارة ١١٠/١١٥ ْف.



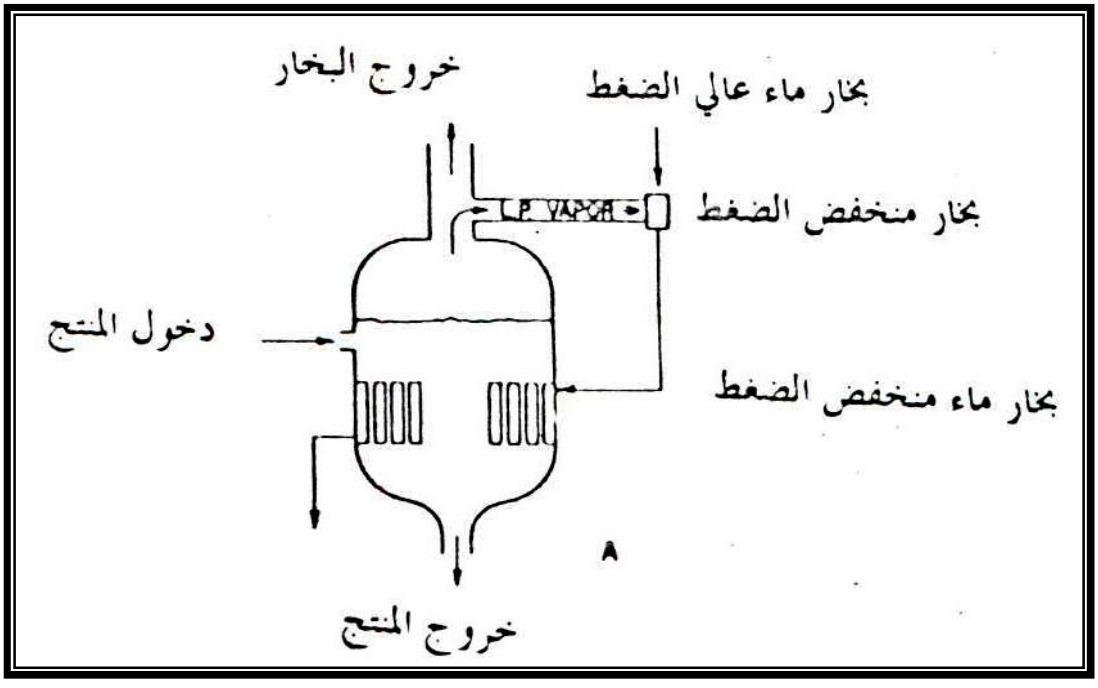
شكل (٦-٤) يوضح جهاز التبخير ذو ثلاثة مراحل

❖ تحسين كفاءة التبخير:

بالرغم من أن استخدام التبخير متعدد التأثير قد أصبح الطريقة الأكثر شيوعاً لتحسين كفاءة نظم التبخير ، فإن هناك طرقاً أخرى أصبحت أكثر وضوحاً للعيان. هذه الطرق البديلة من المحتمل أن تكون سهلة جداً كالتسخين المبدئى للمنتج أو معقدة جداً مثل إضافة صهريج وميضيا للمكثف. وأكثر التعديلات أو الإضافات النموذجية تتضمن إعادة الكبس حرارياً أو إعادة الكبس ميكانيكياً . وبالرغم من أن هذه النظم قد يتم استخدامها إما مع نظم التبخير الأحادية ، أو متعددة التأثير ، فإن نقاشنا سيتحدد بتوضيح تأثيرها على كفاءة التبخير أحادى التأثير.

❖ نظم إعادة الكبس حرارياً :

يضم نظام إعادة الكبس حرارياً قاذف بخارأو مكبساً حرارياً فى نظام التبخير لغرض خفض احتياجات البخار. هذا التخفيض يتم إنجازه باستخدام فتحة بخار مصمم لخلط الأبخرة ذات الضغط المنخفض الخارجة من المبخر مع بخار ماء عالى الضغط. وينتج عن هذه العملية بخار ذو ضغط منخفض ليتم استخدامه كوسيلة للتسخين فى نظام التبخير شكل (٧-٤).



شكل (٧-٤)يوضح مبخر إعادة الكبس حرارياً المستخدم لقاذف بخار

إضافة إلى ذلك فإن نظام إعادة الكبس حرارياً يعطى فرصة لإستخدام أبخرة المنتج كوسط للتسخين دون الحاجة لاستخدام النظم متعددة التأثير. وفى حقيقة الأمر فإن إضافة نظام إعادة الكبس حرارياً يؤدى إلى تحسين فى الكفاءة يكافئ إضافة تأثير واحد فى نظام متعدد التأثير.

إن إضافة قاذف للبخار أو مكبس حرارى لنظام تبخير يتم استناداً إلى أعتبارات تصميم عديدة منها:

أ) ظروف التشغيل الحالية.

ب) ضغط البخار الدافع ومصدر البخار ذى الضغط العالى.

ج) تأثير المكبس الحراري على ظروف التشغيل ومعدلات الانتقال الحراري.

ويوضح شكل (٨-٤) نماذج مختلفة لأجهزة التبخير والتركيز .

شكل (٨-٤) يوضح نماذج لبعض أجهزة التركيز أو التبخير الحديثة

التبريـــــــــد Refrigeration

عرف القدماء المصريين التبريد منذ القدم حيث استخدموا الأوانى الفخارية لتبريد المياه وذلك تبعاً لنظرية البخر حيث يتسرب الماء من مسامها إلى السطح الخارجى الذى يكون معرضاً للجو الساخن فيتبخر الماء ويعقب بل يصحب عملية البخر هذه برودة جسم الإناء وبالتالى مايحتويه من مياه أو أطعمة .

ومع احتياج الإنسان لتخزين المواد الغذائية وحفظها من التلف أنتشرت صناعة التبريد وصنعت الثلاجات بجميع أنواعها وأحجامها لأغراض التبريد والتجميد والحفظ وأكثرها شيوعاً هى الثلاجة المنزلية وثلاجات العرض بالمحلات التجارية وغرف التبريد والتجميد داخل المصانع .

مصطلحات خاصة بالتبريد:

١- الحرارة Heat:

"هي صورة من صور الطاقة ومن المهم عند دراسة التبريد أو التسخين الإلمام بطرق انتقال الحرارة الثلاثة "التوصيل-الحمل-الإشعاع".

٢- درجة الحرارة Temperature :

" هي الحالة الحرارية للجسم وهى تبين مدى سخونة أو برودة الجسم أي أنها مقياس للحرارة الظاهرية فقط، وهى لا تدل على كمية ما يحتويه الجسم من الحرارة ".

٣- كمية الحرارة :

" تقاس عن طريق ملاحظة تأثيرها فى درجة حرارة وزن معلوم من الماء المقطر والوحده المستخدمة فى قياس كمية الحرارة فى صناعة التبريد هى وحدة الحرارة البريطانية. British thermal unit (B.T.U.) "

وحدة الحرارة البريطانية .B.T.U :

" هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء المقطر درجة واحدة فهرنهيتية عند الضغط الجوى العادي"

٤- الحرارة الظاهرية (الحرارة المحسوسة) Sensible heat:

" هي الحرارة التي تسبب ارتفاعا فى درجة حرارة المادة وهى تقاس بدرجات الحرارة عن طريق الترمومترات "

٥- الحرارة الكامنة Latent heat :

" هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير الحالة التى توجد عليها المادة دون تغير في درجة حرارتها "

وتوجد المادة فى الطبيعة على ثلاث حالات هى الصلبة والسائلة والغازية والفرق بين هذه الصور الثلاث للمادة الواحدة هى ما تحتويه المادة من طاقة فمثلا تلزم كمية معينه من الحرارة لتحويل الثلج عند درجة الصفر المئوى إلى ماء على نفس درجة الحرارة، وتعرف هذه الكمية **بالحرارة الكامنة للإنصهار (Latent heat of fusion)** عند تحويل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة (وهى الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل واحد كجم من المادة الصلبة إلى الحالة السائلة دون تغير فى درجة الحرارة) .

وتعرف **بالحرارة الكامنة للتبخير (Latent heat of evaporation)** وعند تحويل المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية كتحويل الماء إلى بخار (وهى الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل واجد كجم من المادة فى الحالة السائل إلى الحالة اللغازية دون تغير درجة الحرارة). وعند تبريد الماء يفقد كل رطل منه وحدة حرارة بريطانية (B.T.U) واحدة مقابل انخفاض درجة حرارته درجة واحدة فهرنهيتية عن الدرجة التى كان عليها ويستمر ذلك حتى تصل درجة حرارة هذا الرطل من الماء إلى ٣٢°ف (نقطة تجمد الماء المقطر).

وأثناء تجمد الماء على هذه الدرجة ينطلق ١٤٤ وحدة حرارة بريطانية .B.T.U من رطل الماء وهى مقدار حرارته الكامنة للانصهار وذلك بالرغم من عدم حدوث أى تغيير فى درجة حرارته خلال هذه الفترة، وبعد تجمد الماء فان الثلج الناتج يفقد كل رطل منه تقريبا ٠.٥ .B.T.U عن كل انخفاض قدره درجة واحدة فهرنهيتية فى درجة حرارته أقل من ٣٢°ف. وهذه العملية عكسية أى أنه

لتحويل رطل من الثلج إلى ماء على درجة ٣٢°ف فانه يمتص ١٤٤ B.T.U. وهذه الوحدات يمتصها الثلج من الوسط المحيط به فتنخفض درجة حرارة الوسط.

☜ **ومن ذلك يتضح أهمية الثلج في التبريد التي ترجع إلى عاملين هما:**

أ- إنخفاض درجة الحرارة.

ب- حرارته الكامنة للإنصهار التى يمتصها من الوسط المحيط

وتلعب الحرارة الكامنة للتبخير دورا هاما فى التبريد الصناعى حيث تعتمد طريقة التبريد الميكانيكية على الحرارة الكامنة لتبخير سوائل خاصة تستعمل فى التبريد وتسمى سوائل مبرده .

٦- الحرارة النوعية Specific heat :

تعرف لمادة ما بأنها النسبة بين كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من هذه المادة درجة واحدة وبين الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة نفس وحدة الكتلة المستعملة من الماء نفس درجة الحرارة (وهى الرطل ودرجة الحرارة الفهرنهيتية فى بريطانيا) بينما فى معظم البلاد الأخرى يستعمل الكيلو جرام ودرجة الحرارة المئوية.

٧- وحدات التبريد :

تعرف الوحدة القياسية للتبريد بطن التبريد Ton of refrigeration وهو عبارة عن كمية الحرارة الكامنة للانصهار التى تمتص من ٢٠٠٠ رطل من الماء على درجة ٣٢°ف لتحويلها إلى ثلج على نفس درجة الحرارة خلال ٢٤ ساعة والحرارة الكامنة لإنصهار رطل واحد من الثلج هى ١٤٤ B.T.U. وحدة حرارة بريطانية.

الوسائل المستخدمة فى التبريد

١- الثلج Ice :

وهو يستخدم منذ زمن طويل ولا يزال يستخدم حتى الآن فى تبريد الأسماك فى حالة نقلها وتسويقها.

٢- المخاليط المبردة :

وهى تتكون أساسا من الثلج المجروش وملح الطعام حيث يساعد الملح على خفض درجة حرارة المخلوط وهذه الطريقة شائعة الإستعمال فى الخارج لتبريد الأسماك بعد صيدها مباشرة.

درجة حرارة المخلوط (°م)	نسبة كلوريد الصوديوم % فى المخلوط
صفر	صفر
٢.٨-	٥
٦.٧-	١٠
١١.٧-	١٥
١٦.٨-	٢٠
٢٣.٣-	٢٥

٣- استخدام السوائل القابلة للتبخير على درجة حرارة منخفضة:

وهى ما تعرف بالسوائل المبردة أو المبردات وهى أكثر الطرق استخداما في التبريد الميكانيكي (التجاري)، وتتميز بإمكان التحكم في ظروف التبريد وهذه الطريقة تسمى بالتبريد الصناعي أو الميكانيكي وهى من أهم الطرق المستخدمة في التبريد التجاري.

سوائل التبريد "المبردات "Refrigerants":

المبرد مادة تمتص الحرارة من حيز مقفل أو من مادة ما حتى تبرد.وسوائل التبريد هى عبارة عن مواد درجة غليانها منخفضة جدا ولذلك فهى توجد على درجة الحرارة العادية فى صورة غازات (على الحالة الغازية).

نظرية التبريد:

☜ **الأساس الذي بنيت عليه:**

أنه عندما توضع هذه المواد الغازية تحت ضغط مرتفع فإنها تتحول إلى الحالة السائلة نتيجة لهذا الضغط وعند تخفيف الضغط عن هذا السائل فانه يتحول مرة أخرى إلى الحالة الغازية ممتصا للحرارة الكامنة للتبخير من الوسط المحيط به وبالتالى تنخفض درجة حرارة هذا الوسط.

☜ **وأهم الصفات التي يجب توافرها في سائل التبريد هى:**

١- إنخفاض درجة غليانه مما يسمح له بالتبخير على درجة حرارة منخفضة.
٢- إنخفاض درجة تجمده لتفادى توقف الدورة بسبب تجمده.
٣- أن يسهل تحويله إلى الحالة السائلة على درجة حرارة وتحت ضغط متوسطين.
٤- إرتفاع الحرارة الكامنة لتبخيره .
٥- ألا يتفاعل مع المعادن.
٦- أن يكون غير قابل للإنفجار أو الإشتعال.
٧- أن يكون غير سام أو ضار بالإنسان.
٨- ألا تكون له رائحة نفاذه حتى لا تؤثر رائحته على المادة الغذائية عند تسربه.
٩- أن يكون رخيص الثمن .
١٠- أن يكون من السهل إكتشافه فى الكميات الصغيرة ليتسنى كشف مواضع التسرب.

❖ بعض السوائل شائعة الإستعمال فى التبريد الصناعى:

١- فريون ١٢"(Freon 12) dichloro difluoro methane," داى كلورو داى فلورو ميثان :

☜ **ويتميز بالآتى:**

١- أكثر مجموعة الفريون استعمالا.
٢- غير قابل للإنفجار أو الإشتعال .
٣- غير سام ولا يتفاعل مع المعادن المستخدمة فى أجهزة التبريد .
٤- درجة غليانه (-٣٠°م) تقريبا تحت الضغط الجوى العادى.
٥- حرارته الكامنة للتبخير ٦٨ B.T.U. وحدة حرارة بريطانية.

٦- يتوفر فيه معظم الصفات المطلوبة فى سوائل التبريد.

☜ **والجدير بالذكر أنه توجد مجموعة أخرى من الفريون تستعمل كمبردات ومنها:**

فريون ٢٢	(ك يد كل فل$_{٢}$)	فريون ١٣	(ك كل فل$_{٣}$)
فريون ١١	(ك كل$_{٣}$ فل)	فريون ١٤	(ك فل$_{٤}$)
فريون ٢١	(ك يد كل$_{٢}$ فل)		

٢- الأمونيا Ammonia :

١- كانت تستعمل بكثرة لأنها اقتصادية .

٢- لها رائحة نفاذة.

٣- لها تأثير مهيج على الأغشية المخاطية المبطنة للأنف والعين والحنجرة والرئتين وتسبب إلتهابا نظرا لقابليتها الشديدة للذوبان فى الماء.

٤- يمكن التعرف عليها واكتشاف أى تسرب فيها عن طريق رائحتها.

٥- لا تشتعل ولا تساعد على الإشتعال ولكنها قد تسبب إنفجارا إذا اختلطت بالهواء بنسبة (١٦ : ٢٧)

٦- الأمونيا الجافة "الخالية من الرطوبة" لا تؤثر على معظم المعادن المعروفة إلا أنها تتفاعل مع النحاس فى وجود الرطوبة وتغلى عند -٣٣°م وحرارتها الكامنة للتبخير مرتفعه وتبلغ حوالى ٥٥٤.٧ B.T.U. وحدة حرارة بريطانية.

٧- رخيصة الثمن .

٣- ثانى أكسيد الكربون ك أ$_{٢}$ "CO_2"

١- من أكثرمواد التبريد أمانا فى أجهزة التبريد فهو غير قابل للإشتعال والإنفجار ولا يتفاعل مع المعادن إذا كان جافا.

٢- يستخدم للحصول على درجة حرارة منخفضة جدا ودرجة غليانه ٧٩°م وحرارته الكامنة للتبخير ١١٦. B.T.U. وحدة حرارة بريطانية.

كان يستخدم بكثرة فى الماضى إلا أن الفريون حل محله

٣- رخيص الثمن.

٤- نقطة غليانه منخفضة كباقى السوائل المبردة (-٧٩°م).

٥- غير سام .

٦- غير قابل للاشتعال وغير قابل للانفجار .

٧- من عيوبة إرتفاع ضغط التشغيل ومعامل الأداء له قليل .

٤ – ثانى أكسيد الكبريت : SO2

١. سام جداً لأنه ينتج من احتراق الكبريت .

٢. غير قابل للاشتعال وغير قابل للانفجار .

٣. لايستخدم حالياً واستبدل بكلوريد المثيل .

٤. درجة غليانة عند درجة - ١٠ درجة مئوية عند الضغط الجوى .

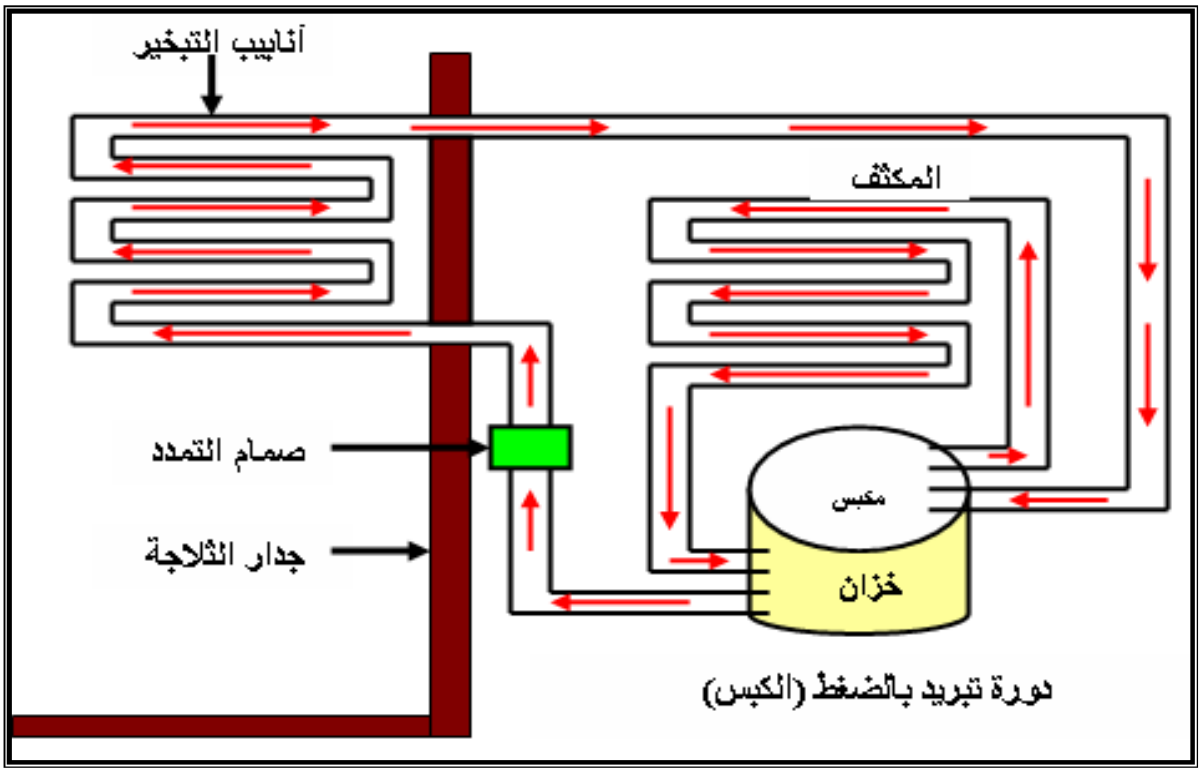
٥. لايأكل المعادن ولكنهيتفاعل مع الرطوبة مكوناً حامض الكبرتيك وهو شديد التآكل .

نظم التبريد الميكانيكى Systems of mechanical refrigeration:

١- نظام الكبس The compression system :

هو أكثر نظم التبريد شيوعا فى الوقت الحالى للحصول على درجات حرارة منخفضة تكفى لإجراء تجميد أو تبريد سريع للأغذية، وبالرغم من أن هناك عدة مبردات تستخدم فى أجهزة التبريد تبعا للإختلاف فى تصميم الجهاز إلا أن هذه التصميمات جميعها مبنية على قاعدة أساسية واحدة.

وفيما يلى مثال لما يحدث فى جهاز تبريد يعمل بنظام الكبس. وسوف تتخذ الأمونيا كمثال للمبرد شكل (٩-٤) .



شكل (٩-٤) دورة التبريد بالضغط

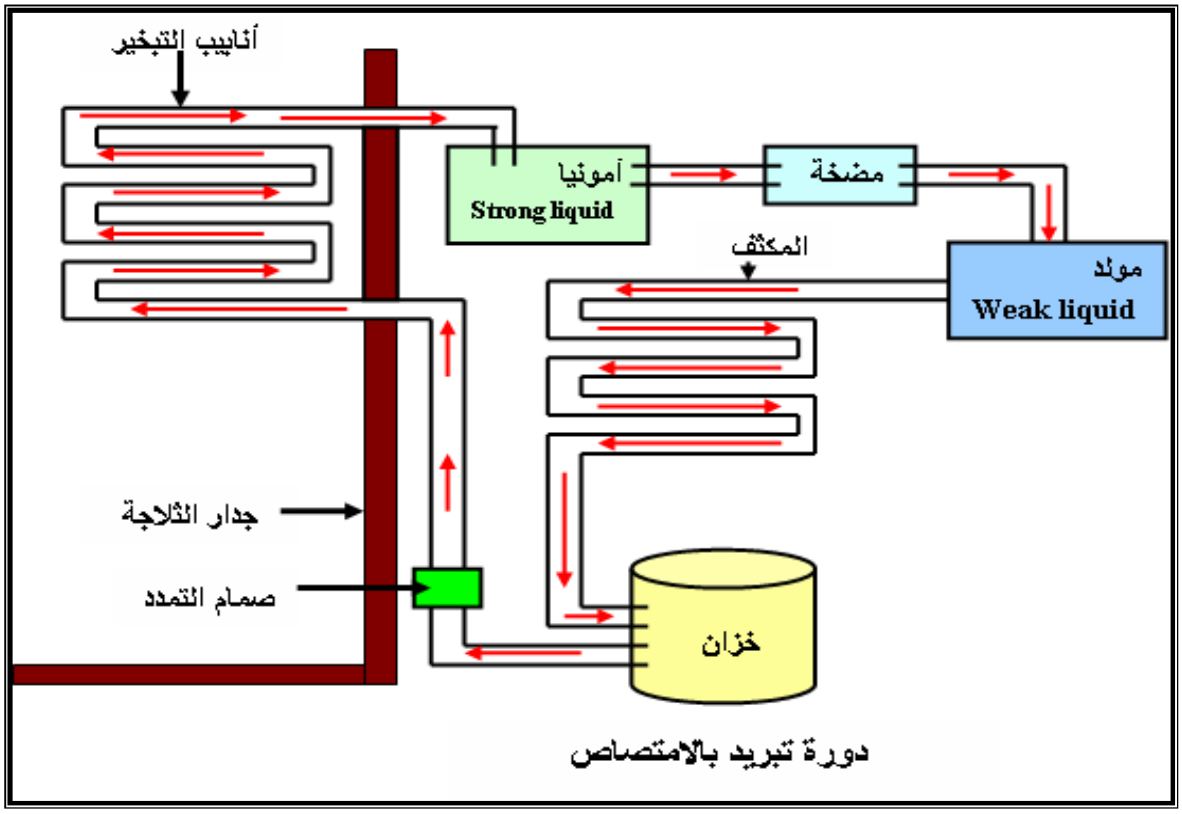
☜ **شرح الدورة:**

١- يندفع السائل المبرد (الأمونيا السائلة) خلال صمام التمدد إلى أنابيب التبخير ونتيجة لانخفاض الضغط الواقع تتبخر الأمونيا السائلة مستمدة الحرارة الكامنة لتبخيرها من الوسط المحيط بأنابيب التبخير فى غرف التبريد المعزولة.

٢- تسحب الأمونيا الموجودة على صورة غاز من أنابيب التبخير وتضغط بواسطة المكبس فتتحول إلى سائل مرة أخرى نتيجة للضغط المرتفع ونتيجة لتحويلها إلى سائل ترتفع درجة حرارتها نظرا لانطلاق حرارتها الكامنة للتبخير، وهذه الحرارة المنطلقة تمتص عن طريق المكثف وبهذا تتكثف الأمونيا وتتحول إلى سائل مرة أخرى فيتجمع فى المستقبل. ونتيجة لضغط المكبس تندفع الأمونيا السائلة ثانية خلال صمام التمدد لتعيد الدورة مرة ثانية وباستمرار هذه الدورة تظل درجة الحرارة منخفضة فى حجرة التبريد التى تعزل عن الوسط الخارجى بواسطة مواد عازلة لمنع تسرب الحرارة إلى الداخل وعادة تزود أجهزة التبريد بثرموستات (Thermostat) للتحكم والمحافظة على درجة الحرارة داخل غرفة التبريد أو التجميد عند الدرجة المطلوبة، كما تزود بترمومتر لقراءة درجة حرارة الثلاجة ويزود جهاز التبريد بمانومتر لقياس الضغط.

٢- نظام الإمتصاص The absorption system :

الفرق الأساسى بين نظام الإمتصاص ونظام الكبس هو فقط طريقة زيادة الضغط فيما بين أنابيب التبخير والمكثف شكل (١٠-٤). اذ أنه تتشابه أنابيب التبخير والمكثف وصمام التمدد فى النظامين إلا أنه فى نظام الكبس فإن المكبس الميكانيكى هو الذى يقوم بزيادة الضغط بينما فى نظام الإمتصاص نجد أن زيادة الضغط تتم بواسطة الحرارة المستمدة إما من لهب صغير كما فى الثلاجات الصغيرة أو من بخار الماء فى ملف من الأنابيب أو الكهرباء كما فى أجهزة التبريد الكبيرة ويسمى هذا الجزء الذى يتم فيه التسخين باسم المولد generator .



شكل (١٠-٤)

☜ **شرح الدورة :**

يتم زيادة الضغط بواسطة الحرارة فى المولد وفى هذه الدورة يحدث التالى:

١- تندفع الأمونيا السائلة خلال صمام التمدد إلى أنابيب التبخير حيث تتبخر وتمتص الحرارة الكامنة لتبخيرها من الوسط المحيط بها داخل غرفة التبريد.

٢- يتجه غاز الأمونيا الخارج من أنابيب التبخير إلى إناء الإمتصاص Absorber وهو بمثابة طرف المكبس الذى يدخل منه السائل المبرد فى نظام الكبس حيث يمتص غاز الأمونيا فى ماء النشادر الموجود فى الإناء ويتكون ما يعرف بالسائل القوىStrong liquid والحرارة الناتجة عن إمتصاص غاز الأمونيا تنتقل إلى الخارج بواسطة ماء مار فى ملفات التبريد. بعد ذلك ينقل السائل المتكون إلى المولد بواسطة مضخة Pump وفى المولد (generator) نتيجة للتسخين ينفصل غاز الأمونيا ثانية من السائل الذى يسمى عندئذ بالسائل الضعيف Weak liquid.

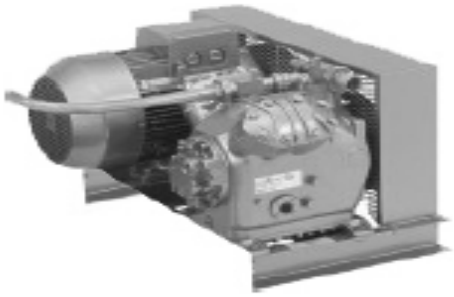
٣- يندفع الغاز إلى المكثف نتيجة لزيادة حجمه وحركته فى الحالة الغازية حيث يبرد فى المكثف ويتكثف ويتحول إلى سائل مرة أخرى يتجمع فى المستقبل ومنه يندفع خلال صمام التمدد إلى أنابيب المبخر وتعاد الدورة مرة أخرى وهكذا.....

وتتركب وحدة التبريد البسيطة من الأجزاء الآتية :

١ – الضاغط (الكباس) :

وهو يعتبر القلب النابض لدورة التبريد ووظيفته زيادة ضغط وسيط التبريد من الضغط المنخفض إلى الضغط الأعلى وتوجد عدة أنواع من الضواغط ٠(شكل ١١-٤) في دوائر التبريد نذكر منها :

- **الضواغط الترددية .**
- **الضواغط الدورانية .**
- **الضواغط الحلزونية .**
- **ضواغط الطرد المركزي .** **شكل (١١-٤)**

ضاغط ترددي ، علبة المرافق مغلقة ، إدارة مباشرة Motor Compressor, enclosed crankcase reciprocating , direct connection	
ضاغط ترددي ، علبة المرافق مغلقة ، إدارة بسير Motor Compressor, open crankcase, reciprocating , belted	
ضاغط ترددي ، علبة المرافق محكمة الغلق ، إدارة مباشرة Motor Compressor, sealed crankcase, reciprocating , direct connection	

٢ – المكثف :

وهو عبارة عن مبادل حرارى الغرض منه التخلص من كمية الحرارة الزائدة إلى الجو المحيط به ومنه الأنواع الأتية شكل (١٢-٤):

أ – **مكثف هوائى** : يبرد بالهواء الجوى كما فى الثلاجة المنزلية أو بالهواء المندفع باستخدام مروحة .**ب – مكثف مائى** : يبرد بالماء حيث يوجد خزان ماء بداخل المكثف عن طريق ماسورة ماء متمددة وملحومة بالتوازى مع مواسير المكثف .

ج – **مكثف تبخيرى مزدوج** :يدفع الماء والهواء معاً ويستعمل فى الوحدات المركزية .

العنصر	نموذج
مكثف مبرد بالماء ذو غلاف و ملف Water cooled condenser, Shell and coil	
وحدة تكثيف مبردة بالهواء Air cooled condensing unit	
وحدة تكثيف مبردة بالماء Water cooled condensing unit	
ملف أنبوبي Coil	

شكل (١٢– ٤)

٣ – صمام الانتشار أو التمدد :

وهو الجزء الذى يعمل على تنظيم كمية سائل التبريد التى تدخل المبخر وهو أيضاً الجزء الخانق فى الدورة الذى يعمل على وجود منطقتى الضغط العالى والمنخفض . أى يتحكم فى معدل سريان وسيط التبريد إلى المبخر ويتحول وسيط التبريد من سائل مشبع إلى خليط من بخار وسائل لوسيط التبريد بعد عملية الخنق ومنه :

- **صمام الأنتشار اليدوى .**
- **صمام الأنتشار الأوتوماتيكى .**
- **صمام الأنتشار الحرارى .**

٤ - المبخر : شكل (١٣-٤)

العنصر	نموذج
مبخر دائري، مزعنف، نوع سقف Finned circular evaporator, ceiling type	
مبخر مبرد بالهواء ، حمل حر Natural convection, Finned type Evaporator	
مبخر مبرد بالهواء ، مزعنف حمل قسري Forced convection Evaporator	
مبخر متشعب ، لوحي Plate coil Evaporator	

شكل (١٣-٤)

٥ - المواسير :

وهى مجموعة من المواسير التى تصل أجزاء الدورة ببعضها وتصنع من النحاس الأحمر ذات أقطار مختلفة تتوقف على سعة الدورة .

❖ عمل دورة التبريد

١. يدفع الضاغط (الكباس) غاز مركب التبريد أحد أنواع غاز الفريون المختلفة إلى المكثف حيث يكون ضغطه عالى جداً وبالتالى يقل حجمه وترتفع درجة حرارته نتيجة لهذا الأنضغاط ويتكثف ويبرد بالمكثف ويتحول من الصورة الغازية تحت الضغط العالى إلى سائل يخرج من المكثف إلى صمام الأنتشار شكل (١٤-٤).

٢. يقوم صمام الانتشار بتحويله من سائل إلى بخار عن طريق الخنق ولكن التبخير لايكون تاماً وعن طريق الحرارة التى تنتقل إلى داخل كابينة الثلاجة خلال المادة العازلة بالجدران الداخلية والخارجية وكذلك الحرارة الموجودة بالمواد الغذائية داخل الثلاجة وعندما يمر الهواء الساخن ويلامس سطح المبخر (الفريزر) فإنه يعطيه حرارته فيمتصها الفريزر .

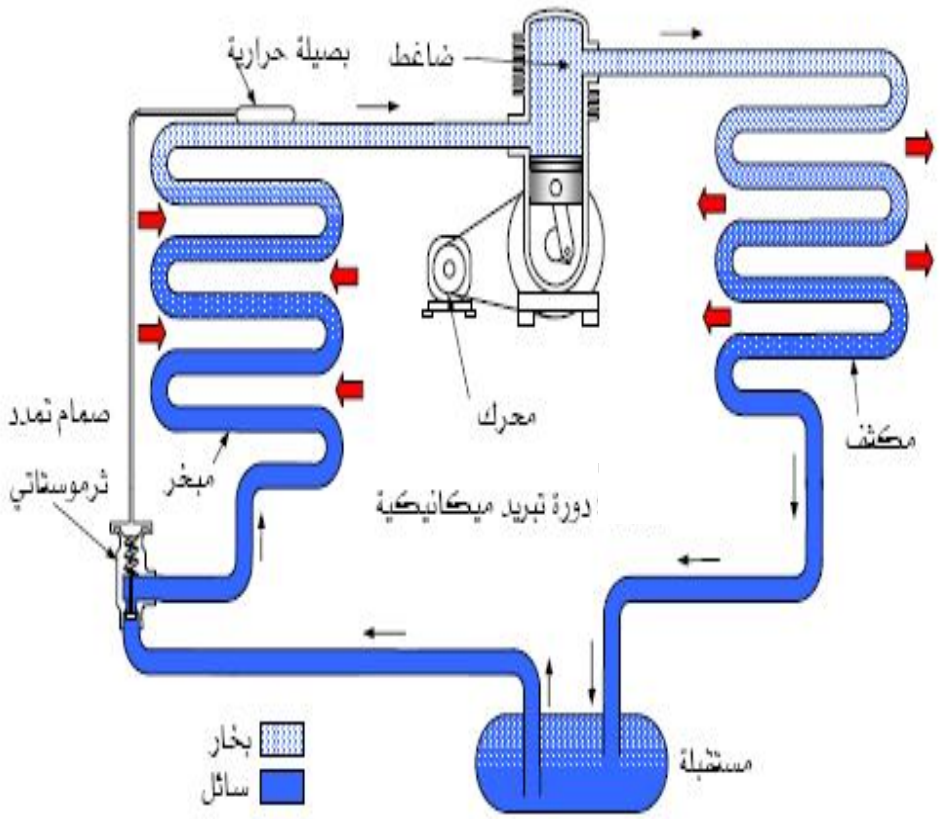
٣. يتبخر باقي سائل مركب التبريد الموجود بين جدرانه أو الموجود منه داخل المواسير المحيطة بجدران المبخر ويتحول إلى بخار ونظراً لأن الفريزر يكون دافئاً فى أول الأمر فإن الأنتفاخ الحساس الخاص بثيرموستات تنظيم الحرارة داخل كبينة الثلاجة يكون أيضاً درجة حرارته مرتفعة فيتمدد ويقفل دائرة توصيل التيار الكهربى الخاصة بتشغيل محرك الضاغط فيديره .

٤. عندما يكون الضاغط فى حالة تشغيل فإن الحرارة التى يحملها بخار مركب التبريد من الفريزر تسحب خلال ماسورة السحب إلى الضاغط الذى يقوم بضغطه ودفعه إلى المكثف خلال ماسورة الطرد ويضغط هذا البخار فإن درجة حرارته ترتفع وتتم إزالة هذه الحرارة داخل مواسير المكثف بواسطة حركة الهواء الطبيعية حول مواسيره .

٥. وينتج عن إزالة الحرارة من البخار المضغوط أن يتحول إلى سائل مرة أخرى ونظراً لأن هذا السائل يكون دافئاً تحت تأثير الضغط الموجود داخل دائرة اليبريد أثناء دوران الضاغط فأنه يدفع خلال ماسورة خط السائل إلى الماسورة الشعرية التى تعمل على تنظيم الداخل للفريزر .

٦. وعندما يستمر الضاغط في الدوران فإن درجة حرارة الفريزر تنخفض بالتالى ينخفض ضغط سائل مركب التبريد بجدران الفريزر وعندما تنخفض درجة حرارة كابينة الثلاجة إلى الدرجة المطلوبة فإن درجة الأنتفاخ الخاص بالثيرموستات تنخفض وبالتالى ينكمش وتفصل

للدائرة الكهربية الخاصة بتشغيل الضاغط فيقف الضاغط وهكذا تعيد الدورة نفسها تلقائياً عند ارتفاع درجة حرارة المبخر .



شكل (١٤-٤)

أساليب التبريد:

تنقسم نظم التبريد تبعا لأسلوب التبريد ووسيلة نقل البرودة إلى نظامين هما-:

١- التبريد المباشر. ٢- التبريد غير المباشر

١- التبريد المباشر :

وفيه يمتص السائل المبرد الحرارة مباشرة من المواد المراد تبريدها حيث تكون أنابيب التبريد ماره داخل الحيز الذى توجد بداخله المواد المراد تبريدها، وهذه هى الطريقة الشائعة فى وحدات التبريد الصغيرة نظرا لأنها سهلة وبسيطة واقتصادية.

٢- التبريد غير المباشر :

وفيه تمر أنابيب التبخير أولا فى محلول ملحى يمتص منه السائل المبرد الحرارة. فيبرد هذا المحلول ثم بعد ذلك يمرر المحلول الملحى البارد إلى غرفة تجميد أو تبريد (خلاف الموجودة فيها أنابيب التبخير) الموضوع بها المواد المراد تبريدها أى أن تبريد هذه المواد يتم بواسطة المحلول الملحى البارد وليس بواسطة السائل المبرد مباشرة وبهذه الطريقة يمكن استعمال وحدة تبريد واحدة لتبريد محلول ملحى، وهذا المحلول الملحى يمكن ان يستخدم فى غرفة تجميد أو تبريد ثم بعد ذلك يمر فى غرفة تبريد أخرى ولو أن الاتجاه الحديث يتجه نحو استعمال وحدة مستقلة للتجميد وأخرى للتبريد .

استخدام وسائل أخرى فى التبريد

١- الثلج الجاف Carbon ice, Carbice or Dry ice, Dry cold:

وهو اسم تجارى يطلق على ثانى أكسيد الكربون فى الحالة الصلبة وهو مثل سائر الغازات له القدرة على أن يكون فى الصور الثلاثة (صلبة - سائلة - غازية) وهذا الغاز قابل للإساله على درجات حرارة أقل من ٨٨.٤°ف (٣١.٣°م) والإسالة بالضغط فى مكبس مع التبريد لإزالة الحرارة الناتجة وكذلك الحرارة الكامنة للتبخير وبعد ذلك يحول السائل إلى الحالة الصلبة بزيادة الضغط على السائل ثم السماح له بالمرور خلال صمام خاص" يحدد كمية السائل" التى تمر إلى إناء مماثل حيث يتحول إلى ثلج جاف. ويتسامى الثلج الجاف عند حوالى -٧٩°م وهو يحتوى على طاقة تبريد كبيرة، ونظرا لإنه يتسامى ببطء فان الفقد الذى يحدث به منذ إنتاجه إلى أن يصل إلى المستهلك يكون قليلا نسبيا. وهو مفيد للإستعمالات التى لا تحتاج إلى ضبط دقيق لدرجات الحرارة المطلوبة ويستخدم عادة فى توزيع المثلوجات "الأيس كريم" وفى عربات نقل الأغذية المجمدة.

٢- مخاليط التبريد Eutectic Ice :

وهو الثلج المتكون من محلول كلوريد الصوديوم فى الماء بنسبة ٢٣.٣% ص كل، ٧٦.٧% ماء حيث أن هذا المحلول يمكن تحويله إلى ثلج عند تجميده أما إذا اختلفت النسبة عن ذلك فان الملح ينفصل عن المحلول أثناء تجميده بالطرق العادية ولا يتجمد إلا الماء فقط وهذا النوع من الثلج ينصهر على درجة حرارة – ٢١°م، ويعطى ٣ كجم من هذا الثلج التبريد الذى يقوم به ١ كجم من الثلج الجاف فى حين أن تكاليف استخدام هذا الثلج تبلغ ١٠% من تكاليف استعمال الثلج الجاف.

بعض الاعتبارات المتعلقة بالتبريد

أولا: درجة الحرارة :

يجب أن تبقى درجة الحرارة داخل غرف التبريد ثابتة بقدر الإمكان حيث أن تذبذب درجة الحرارة أكثر من ± نصف درجة مئوية يعتبر تذبذبا عاليا لان التغير فى درجة الحرارة يساعد على تكثيف بخار الماء على سطح الخضر والفاكهة وهذا البخار المكثف يساعد على نمو الأحياء الدقيقة وخاصة الفطريات.

☜ **أهم العوامل التى تساعد على ثبات درجة الحرارة داخل غرفة التبريد:**

١- العزل الجيد لهذه الغرف بواسطة المواد العازلة ذات الكفاءة العالية.

٢- اختيار سائل وجهاز التبريد المناسبين حيث يعمل ذلك على تقليل التذبذب فى درجة الحرارة.

٣- تكون درجة الحرارة أكثر ثباتا فى الغرف الكبيرة عنها فى الصغيرة خاصة وهى مملوءة بالمواد الغذائية.

٤- مراعاة ترك فراغات بين المواد المخزنة فى غرف التبريد حيث يسهل للبرودة أن تتخلل جميع أجزاء غرف التبريد حيث أن وضع المواد الغذائية مكدسة قد يعوق وصول درجات الحرارة لهذه المواد إلى الدرجة المطلوبة فى الوقت المناسب. ولذلك تترك عادة ممرات بين المواد المخزنة لتسمح بالتخلل المطلوب لدرجة الحرارة المنخفضة ويسهل المرور بين صفوف المواد الغذائية لفحصها وملاحظتها وملاحظة أى علامات للفساد كما يسهل نقل وتداول هذه المواد داخل الثلاجة. ومما يؤدى إلى تجانس توزيع البرودة فى أنحاء غرف التبريد تزويد هذه الغرف بمراوح تعمل على توزيع الهواء البارد داخلها توزيعا متجانسا وتختلف درجات الحرارة المستخدمة فى التبريد باختلاف نوع المادة الغذائية المخزنة حيث يجب ألا ترتفع درجة حرارة غرفه التبريد عن حد معين لكل مادة غذائية وتعرف درجة الحرارة التى إذا ارتفعت عنها درجة حرارة الثلاجة تتحول الأحياء الدقيقة من الحالة الكامنة إلى الحالة النشطة بدرجة حرارة الأمان وتختلف درجة حرارة الأمان (Safe temperature) باختلاف المواد الغذائية وباختلاف نوع الأحياء الدقيقة ولمعرفة أهمية ثبات درجة حرارة الثلاجة فإن أفضل درجة لتخزين الكمثرى هى -١°م فإذا ارتفعت درجة حرارة الثلاجة إلى ٢°م فان عمرها التخزينى ينقص ٧-١٠ أيام وإذا انخفضت درجة حرارة الثلاجة إلى -٢.٢°م فان الكمثرى تتجمد وتصبح غير صالحه

للاستهلاك الطازج. فضلا عن أن التذبذب فى درجة حرارة الثلاجة يؤدى إلى تكثيف الرطوبة على سطح الثمار مما يجعلها عرضة للتعفن.

٥- يتم التحكم فى درجة حرارة الثلاجة عن طريق الثرموستات Thermostat كما يتم مراقبة درجة الحرارة عن طريق ترمومتر يقرأ من خارج غرفة التبريد أو التجميد.

ثانيا : درجة الرطوبة : "الرطوبة النسبية" Relative humidity

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{وزن بخار الماء فى حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة}}{\text{وزن بخار الماء الذى يشبع نفس الحجم عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

وللرطوبة النسبية علاقة مباشرة بمدة بقاء المواد الغذائية فى الثلاجات بدون تلف فإذا انخفضت الرطوبة النسبية عن اللازم يحدث للمواد الغذائية غير المعبأة ذبول أو جفاف وإذا زادت عن حد معين فان ذلك يؤدى إلى تشجيع نمو وتكاثر الفطريات وخاصة فى حالة ما إذا كان التذبذب فى درجة الحرارة كبيرا.

درجة رطوبة الأمان Safe Relative humidity:

هى درجة الرطوبة النسبية التى يقف عندها نمو الفطريات وفى نفس الوقت لا تسبب حدوث جفاف أو ذبول كبير بالمواد الغذائية المخزنة.

ويمكن التحكم فى درجة الرطوبة النسبية فى غرف التبريد باستخدام أجهزه خاصة تعرف بالـ Humidistat وجهاز الترطيب Humidifier كما يجب ملاحظة أنه كلما زاد الفرق بين درجة حرارة أنابيب التبريد ودرجة حرارة هواء الغرف كلما انخفضت الرطوبة النسبية فى هواء الغرفة نظرا لتكثيف بخار الماء على أنابيب التبريد والعكس صحيح. كما أن زيادة حركه الهواء داخل غرف التبريد يساعد على خفض الرطوبة النسبية فيها فلو زادت سرعة الهواء إلى الضعف فان الرطوبة النسبية تنخفض بواقع ٥% تقريبا. إلا أن زيادة سرعة الهواء بدرجة كبيرة تسبب ذبول أو جفاف نسبى للمواد الغذائية غير المعبأة وتتراوح الرطوبة النسبية لمعظم الخضر والفاكهة بين ٨٠، ٩٠% وعموما يجب أن يكون توزيع الرطوبة متجانسا فى جميع أنحاء الثلاجة ويمكن ذلك عن طريق المراوح.

ثالثا: حركة الهواء داخل غرف التبريد:

سبق ذكر أهميه توزيع الحرارة والرطوبة النسبية فى غرف التبريد توزيعا متجانسا وأن ذلك يتم بواسطة مراوح موزعة فى أنحاء الثلاجة وكذلك عن طريق ممرات بين صفوف المواد الغذائية المخزنة.

رابعا: النظافة والناحية الصحية Sanitation

يجب أن يخلو هواء غرف التبريد من الروائح غير المرغوبة والتى تنتج عاده من نمو الفطريات وبعض الأغذية الفاسدة ويجب أن تزال دائما من غرف التبريد بقايا الأغذية الفاسدة كما يجب أن تغسل جوانب وأرضيه الثلاجات من وقت لآخر بإحدى المواد المطهرة كالماء المحتوى على غاز الكلور أو فوسفات الصوديوم الثلاثية ويفضل أن توضع فى الثلاجات إحدى المواد الممتصة للروائح كالفحم النشط. واحتواء هواء غرف التبريد فى الثلاجات على ١-٢ جزء فى المليون من غاز الأوزون يمنع نمو الفطريات ويقلل من الروائح غير المرغوب فيها وإمتصاص الأغذية لها.

خامسا : عزل غرف التبريد Insulation:

حيث أن التبريد عبارة عن عملية إزالة الحرارة من حيز معين ثم الإبقاء على درجة الحرارة المنخفضة فى هذا الحيز ذلك لما لثبات درجة الحرارة داخل غرفة التبريد من أهمية عظمى كما سبق حتى لا يحدث تلف للمواد الغذائية المخزنة فيها ولا يتم ذلك إلا بعزل غرف التبريد عزلا جيدا عن الوسط الخارجى ذو درجة الحرارة المرتفعة نسبيا حتى لا تتسرب هذه الحرارة إلى داخل غرف التبريد ويستخدم فى عزل غرف التبريد مواد عديدة يجب أن يتوفر فيها الشروط الآتية.

☜ الشروط الواجب توافرها فى المواد العازلة هى:

١- أن تكون رديئة التوصيل للحرارة أى ذات كفاءة عالية فى العزل.
٢- أن تكون عديمة الرائحة حتى لا تكتسب المواد المخزنة روائح غريبة.
٣- أن تكون قليلة الكثافة.
٤- أن تكون مضادة للإحتراق الذاتى نتيجة التفاعل ومضادة للإنفجار.
٥- أن تكون مقاومة لفعل الحشرات والقوارض.
٦- أن تكون غير هيجروسكوبية حتى لا تمتص الرطوبة حيث تفقد بعض المواد العازلة قدرتها على العزل عند ابتلالها بالماء كما أن بعضها تتلف بالرطوبة.
٨- إذا استخدمت المادة العازلة لعزل أنابيب فيجب أن تكون مرنة سهلة التشكيل حول الأنابيب .

٩- أن تكون رخيصة الثمن يسهل الحصول عليها.

☜ **ومن المواد العازلة الشائعة الإستعمال:**

١-الفلين ٢- نشارة الخشـــب ٣- الأسبستوس

٤- السيلوتكس ٥- الصوف الزجاجى ٦- ألياف الصوف والقطن المضغوطة

٧- القش ٨- الشعر ٩- الورق

كما أن الهواء من المواد العازلة الشائعة لأنه موصل ردئ للحرارة بشرط بقائه ساكنا غير متحرك (فإذا ما تحرك أصبح ناقلا للحرارة) ويستخدم الهواء كعازل داخل فراغات خاصة يوجد بين جدران مزدوجة لغرف التبريد ويملأ الفراغ بين الجدران المزدوجة بواسطة مادة مفككة مثل نشارة الخشب أو القش كما أن الحيز المفرغ من الهواء يعتبر من المواد العازلة وأبسط مثال لذلك هو الترموس العادى. وتوضع المادة العازلة بين الجدران المزدوجة لغرف التبريد إما على صورة ألواح أو على صورة حبيبات أو على صورة مفككة.

فى حالة استخدام مواد عازلة على صورة ألواح قد يكون حائط غرف التبريد من جدار مفرد وليس من جدار مزدوج حيث يلصق على هذا الجدار من الداخل ألواح المواد العازلة إلا أنه يجب الإحتراس من الإنفصال أو تشقق ألواح المواد العازلة نظرا للإختلاف فى درجة تمدد وإنكماش كل من المواد العازلة والجدران.

سادسا: إنتقال الروائح من المواد الغذائية لبعضها:

١- تنتقل الروائح من بعض الأغذية ذات الرائحة القوية إلى الأغذية الأخرى إذا خزنت معها فى نفس غرف التبريد.

ومن الأغذية ذات الرائحة القوية (التفاح والشمام والجوافة والمانجو) حيث يحظر تخزينها فى ثلاجة واحدة مع أغذية أخرى وكذلك الكرفس - والكرنب - والبصل - والثوم وتؤدى إلى اكتساب الأغذية التى تخزن معها رائحة غير مقبولة.

٢- يفضل تخصيص ثلاجة (غرفة تبريد) لكل نوع أو مجموعة من الأغذية وعلى سبيل المثال تخصص ثلاجة لكل مجموعة من المجموعات التالية.

⇐ الأسماك واللحوم والدواجن.

⇐ الكمثرى والتفـاح.

⇐ الخضر والفاكهـة خلاف الكمثرى والتفاح.

⇐ الأغذية المطبوخة.

⇐ الألبان ومنتجاتها.

ثامنا: التلف الناتج عن تسرب غاز الأمونيا داخل الثلاجة:

إذا حدث تسرب للأمونيا فى غرف التبريد فإنه يحدث تلف للأغذية. فى البداية تتلون الأنسجة باللون البنى أو الأسود المخضر ومع استمرار تسرب الغاز يزداد التلون ويحدث تليين للأنسجة وإذا وصل تركيز الأمونيا فى حجرة التبريد ١% فان التلف يحدث خلال ساعة واحدة للتفاح أو الكمثرى والموز والبصل.

عاشرا : إزالة الثلج المتراكم على أنابيب التبخير Defrost :

يجب إذابة الثلج الذى يتراكم على أنابيب التبخير نتيجة لإنخفاض درجة حرارة سائل التبريد عن درجة تجمد الماء حيث يعمل هذا الثلج المتراكم على أنابيب التبخير كعازل لإنتقال البرودة خاصة أن حركة الهواء الذى يمر بين أنابيب التبخير تتوقف عند إمتلاء المسافات بين هذه الأنابيب بالثلج ويترتب على ذلك توقف انتقال البرودة من أنابيب التبخير إلى حيز الثلاجة.

❖ الطرق المختلفة للكشف عن أماكن التسريب :

١. الكشف بواسطة لمبة التجربة (بواسطة اللهب)
٢. الكشف بواسطة رغوة كاشفة .
٣. الكشف باستخدام جهاز الكشف الالكترونى .

⊂ الكشف بواسطة لمبة التجربة (بواسطة اللهب)

تعبأ لمبة التجربة بواسطة غازالبيوتان أو الكحول المثيلى أو غاز الأستلين ويتم إشعال اللهب ، يتم بعد ذلك إمرار الخرطوم المطاطى المتصل باللمبة على أماكن الوصلات فإذا تغير لون اللهب من الأزرق إلى الأخضر فإن ذلك يدل على وجود تسرب فى هذا المكان .

⊂ الكشف بواسطة رغوة كاشفة (محلول الرغاوى) :

فى هذه الطريقة يتم تغطية الوصلات برغوة كاشفة (مواد كيميائية أو مسحوق الصابون المذاب فى الماء) حيث تتصاعد فقاقيع غازية عند مكان التسرب .

الكشف باستخدام جهاز الكشف الإلكترونى :

عند تشغيل الجهاز فإنة يصدر عنه إشارة صوتية تختفى تدريجياً مما يدل على إن الجهاز صالح للعمل يمرر الجزء الحساس على الوصلات فإذا حدث صوتاً فإن هذا يدل على وجود تسرب لوسيط التبريد فى ذلك المكان .

❖ الطرق المستخدمة فى إزالة الثلج:

١- بواسطة الهواء:

هى أسهل الطرق وفى هذه الطريقة توقف عملية التبريد (جهاز التبريد) وتترك المراوح تعمل على أنابيب التبخير فينساب هواء الغرفة الذى يجب أن تكون درجة حرارته أعلى من ٣٥°ف على أنابيب التبخير فترتفع درجة حرارتها ويذوب الثلج ويتجمع الماء الناتج فى أوعية أسفل الأنابيب حيث يتخلص منه خارج الثلاجة. وهذه الطريقة بطيئة ولا تصلح للثلاجات التى تقل درجة حرارتها عن ٣٥°ف كما أن تشغيل المراوح أثناء إذابة الثلج تزيد الرطوبة النسبية فى جو الثلاجة وبذلك لا تناسب الثلاجات التى تحتوى على أغذية تحتاج إلى رطوبة نسبية منخفضة.

وعادة تزود الثلاجات بمنظم يقوم بتنظيم إذابة الثلج بالهواء عن طريق مفتاح لإيقاف التبريد فى الغرفة لمدة معينة يتم خلالها إذابة الثلج ثم إعادة التشغيل مرة أخرى.

٢- بواسطة الماء :

وفى هذه الطريقة يتم إدخال كمية كبيرة من الماء على أنابيب التبخير المحاطة بالثلج ثم يندفع الماء للخارج ويجب أن تكون حركة الماء على الأنابيب سريعة وبكمية كبيرة حتى لا تنخفض درجة حرارته عن نقطة التجمد. هذه الطريقة تحتاج إلى تركيب أنابيب لإدخال ولاستقبال الماء بعد إذابة الثلج لصرفه إلى الخارج وقد قل استخدام هذه الطريقة فى الثلاجات الحديثة بعد ظهور طرق أخرى أقل تكلفة .

٣- بواسطة الكهرباء (التسخين بالكهرباء):

بدأت هذه الطريقة تنتشر فى السنوات الأخيرة وفيها يتوقف التبريد ثم يشغل التسخين بواسطة سخانات كهربائية توضع أمام وأعلى أنابيب التبخير مباشرة وقد يكون التسخين غير مباشر حيث يسخن الهواء المحيط بأنابيب التبخير. كما قد يكون التسخين عن طريق قضبان رفيعة ممتدة داخل بعض أنابيب التبخير لسرعة الإذابة وبعد الإذابة يوقف التيار الكهربائى فى المسخنات ويشغل التبريد مرة أخرى.

٤- الطريقة المستمرة لإذابة الثلج Frost free – No frost:

وبهذه الطريقة لا يتكون ثلج حول أنابيب التبخير والواقع أنه يتكون الثلج فعلا ولكن يتم التخلص منه أولا بأول بسرعة وباستمرار وتبدو كأنه لا يتكون ثلج ويتم ذلك أليا.

تغليف الأغذية للحفظ بالتبريد Packaging - Packing:

يجب الاهتمام بتغليف الأغذية قبل تخزينها فى غرف التبريد لحمايتها من الجفاف ولسهولة تداولها ولتحسين مظهر المادة الغذائية ولإمكان وضع بطاقة بيانات عليها بسهولة (الغلاف).

☜ **ويختلف نوع التغليف المستخدم تبعا لعدة عوامل نذكر منها:**

١- نوع المادة الغذائية وخواصها:

والتى تشمل قابليتها لفقد الرطوبة والمواد الطيارة واحتوائها على زيت أو دهن وقابليتها لإكتساب الروائح الغريبة وكذلك قابليتها للتلف أو قابليتها للفساد بالضوء أو الهواء الجوى واحتمال الإصابة بالحشرات أو القوارض.

فمثلا: مادة غذائية بها مادة طيارة يجب تغليفها بمادة تحافظ عليها تكون غير منفذة للغازات.

٢- مدى تحمل الأغلفة للنقل والتداول والظروف المحيطة:

كالرطوبة النسبية أثناء التخزين.

٣- التكلفة والناحية الإقتصادية:

حيث يجب أن يتناسب سعر العبوة مع المادة الغذائية المعبأة فلا يصح أن تعبأ مادة رخيصة فى عبوة سعرها أعلى من سعر المادة الغذائية مما يرفع التكلفة ويقلل من التسويق.

تأثير الحفظ بالتبريد على جودة الأغذية :

بعد تخزين المواد الغذائية فى غرف التبريد بضعة أسابيع أو شهور لا تكون هذه المواد مماثلة للمواد الطازجة فى الصفات (الطعم والرائحة والقوام والمكونات). والقيمة الغذائية حيث أن بعض التغيرات قد تكون مرغوبة كما فى الكمثرى حيث يتحسن قوامها وطعمها عند تخزينها فى الثلاجات فعند جمع الثمار من الأشجار يكون قوامها صلب خشن غير مرغوب ولكن يلين ويتحسن طعمها بالتخزين بالتبريد. ويحدث فقد فى السكر نتيجة تنفس الأنسجة الحية. وفى البيض تنخفض درجة جودته أثناء التخزين حيث يزداد حجم الغرفة الهوائية فى البيض وينقص وزنها وتقل نسبة البياض ويفترش الصفار عند كسر البيضة على لوح زجاجى إلا أن هذه التغيرات تكون أبطء عند درجات الحرارة المنخفضة ويحدث فقد فى حمض الأسكوربيك بالتخزين بالتبريد ويزداد هذا الفقد بطول مدة التخزين كما أن سرعة الفقد تزداد بارتفاع درجة الحرارة.

- **الحرارة:** هي إحدى صور الطاقة ويمكن أن تنتقل من جسم إلى آخر ذو درجة حرارة أقل.
- **النظام:** يعرف النظام بأنه مجموعة من المواد له حدود معرفة وهى ليست من الضروري أن تكون حدودا غير مرنة ويمكن أن يكون النظام.
- **الشغل**: يعرف الشغل بأنه ضرب القوة x المسافة التي تتحركها في اتجاه القوة وعندما تتحرك حدود نظام مغلق للخارج في اتجاه القوة المسلطة عليها يقال أن النظام بذل شغلا على ما يحيط به أما اذا تحركت حدود النظام للداخل فيقال انه بذل شغل على النظام.
- **و تعرف الانعكاسية:** عندما يتم إجراء إنعكاسى فانه يمكن إعادة المائع وما يحيط به إلى حالتهم الأصلية ويتضمن الإجراء الإنعكاسى عدم وجود احتكاك.
- **الدورة:** عندما يتم عمل عدة إجراءات متتالية على مائع وفى الإجراء النهائي يعود المائع إلى حالته الأصلية فإنه يكون قد تم إجراء دورة وعندما تكون إجراءات الدورة إنعكاسية فإن الدورة أيضا تكون إنعكاسية.
- **التمدد الحر:** فإذا تمدد غاز مثلا داخل أسطوانة فيكون هذا الإجراء غير انعكاسي بسبب وجود احتكاك بين المكبس والأسطوانة أو لسبب إثارة الغاز داخل الأسطوانة وبالتالي تبقى بالمجموعة كمية من الطاقة أكبر.
- **يتكون جهاز التكثيف من أربعة أجزاء وهى:**
  - إناء التبخير
  - مصدر للحرارة
  - مكثف
  - وسيلة للحفاظ على ضغط التفريغ
- **تقسيم أجهزة التبخير إلى ما يأتى :**
  - المبخرات ذات التأثير الواحد.
  - المبخرات ذات التأثيرين.
  - المبخرات ذات ثلاثة تأثيرات.

- **وتقسم المبخرات على أساس تحريك المواد داخل الأجهزة:**

  - وحدات التبخير ذات التحريك الطبيعى.
  - وحدات التبخير ذات التحريك الميكانيكى.
  - وحدات التبخير ذات الأغشية.

- **الحرارة النوعية:** تعرف لمادة ما بأنها النسبة بين كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من هذه المادة درجة واحدة وبين الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة نفس وحدة الكتلة المستعملة من الماء نفس درجة الحرارة (وهى الرطل ودرجة الحرارة الفهرنهيتية في بريطانيا) بينما فى معظم البلاد الأخرى يستعمل الكيلو جرام ودرجة الحرارة المئوية.
- **الحرارة:** هي صورة من صور الطاقة ومن المهم عند دراسة التبريد أو التسخين الإلمام بطرق انتقال الحرارة الثلاثة "التوصيل-الحمل-الإشعاع".
- **درجة الحرارة:** تعرف بأنها الحالة الحرارية للجسم وهى تبين مدى سخونة أو برودة الجسم أى أنها مقياس للحرارة الظاهرية فقط، وهى لا تدل على كمية ما يحتويه الجسم من الحرارة.
- **كمية الحرارة :** تقاس عن طريق ملاحظة تأثيرها في درجة حرارة وزن معلوم من الماء المقطر والوحدة المستخدمة في قياس كمية الحرارة في صناعة التبريد هى وحدة الحرارة البريطانية.
- **الأتزان الحرارى :** هى الحالة التى تصبح عندها درجة الحرارة للجسم ثابتة وتكون الطاقة التى يطردها الوسيط مساوية لكمية الحرارة التى يستمدها منه .
- **الحرارة النوعية :** هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد كيلو جرام من المادة درجة واحدة مئوية .
- **وحدة الحرارة البريطانية .B.T.U :** هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء المقطر درجة واحدة فهرنهيتية عند الضغط الجوى العادي.

- **الحرارة الظاهرية (الحرارة المحسوسة) :** هي الحرارة التي تسبب ارتفاعا في درجة حرارة المادة وهى تقاس بدرجات الحرارة عن طريق الترمومترات.

- **الحرارة الكامنة:** هى كمية الحرارة اللازمة لتغيير الحالة التى توجد عليها المادة دون تغير فى درجة حرارتها (الحرارة الكامنة للانصهار – الحرارة الكامنة للتبخير).

- **التسامى :** هو تحويل المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة وكذلك تحويل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة .

- **وحدات التبريد :** تعرف الوحدة القياسية للتبريد بطن التبريد Ton of refrigeration وهو عبارة عن كمية الحرارة الكامنة للانصهار التى تمتص من ٢٠٠٠ رطل من الماء على درجة ٣٢°ف لتحويلها إلى ثلج على نفس درجة الحرارة خلال ٢٤ ساعة والحرارة الكامنة لإنصهار رطل واحد من الثلج هى ١٤٤.B.T.U وحدة حرارة بريطانية.

- **وأهم الصفات التي يجب توافرها في سائل التبريد هي:**
  - انخفاض درجة غليانه مما يسمح له بالتبخير على درجة حرارة منخفضة.
  - انخفاض درجة تجمده لتفادى توقف الدورة بسبب تجمده.
  - أن يسهل تحويله إلى الحالة السائلة على درجة حرارة وتحت ضغط متوسطين.
  - ارتفاع الحرارة الكامنة لتبخيره .
  - ألا يتفاعل مع المعادن.
  - أن يكون غير قابل للإنفجار أو الاشتعال.
  - أن يكون غير سام أو ضار بالإنسان.
  - ألا تكون له رائحة نفاذه حتى لا تؤثر رائحته على المادة الغذائية عند تسربه.
  - أن يكون رخيص الثمن .
  - أن يكون من السهل إكتشافه في الكميات الصغيرة ليتسنى كشف مواضع التسرب.

- **نظم التبريد الميكانيكى:**
  - نظام الكبس
  - نظام الإمتصاص
- **درجة الرطوبة : "الرطوبة النسبية"**

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{وزن بخار الماء فى حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة}}{\text{وزن بخار الماء الذى يشبع نفس الحجم عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

- **درجة رطوبة الأمان:**

هي درجة الرطوبة النسبية التى يقف عندها نمو الفطريات وفى نفس الوقت لا تسبب حدوث جفاف أو ذبول كبير بالمواد الغذائية المخزنة.

➢ **ومن المواد العازلة الشائعة الإستعمال:**

١-الفلين ٢- نشارة الخشـــب ٣- الأسبستوس

٤- السيلوتكس ٥- الصوف الزجاجى ٦- ألياف الصوف والقطن المضغوطة

٧- القش ٨- الشعر ٩- الورق

س١ : أذكر أهم الشروط الواجب توافرها فى المواد العازلة ؟

س٢ : تكلم بإيجاز عن ثلاثة من المبخرات المستخدمة فى تركيز الألبان؟

س٣ : عرف كل من:

الرطوبة النسبية - الحرارة الكامنة للانصهار- الشغل – طاقة الحركة – طاقة الوضع.

س٤ : أذكر أهم الصفات التي يجب توافرها فى سائل التبريد الجيد ؟

س٥ : أكمل ما يلي:

١. **من المواد العازلة شائعة الأستخدام .....،.....،.....،.....،.....**

٢. **من الضواغط المستخدمة فى التبريد .....،..... ،.....**

٣. **من السوائل المستخدمة فى التبريد .....،.....،.....،.....**

٤. **تتركب وحدة التبريد من .....،.....،.....،.....،.....**

نموذج امتحان آخر العام

امتحان دبلوم المدارس الثانوية الفنية الزراعية (نظام السنوات الثلاث) – تعليم تبادلي

المادة :أساسيات هندسة التصنيع الغذائي تخصص : تصنيع منتجات الألبان الزمن :

أجب عن أربعة أسئلة فقط مما يأتى :

السؤال الأول :

أ – أكمل العبارات الآتية :

١. يتكون جهاز التكثيف من .....،.....،.....

٢. من السؤال المستخدمة كوسيط للتبريد .....،.....،.....

٣. الرطوبة النسبية هى .....

ب – ما الشروط الواجب توافرها فى المواد العازلة ؟

السؤال الثانى :

أ – عرف كل من : (الشغل – الضغط – المحيط – الوزن النوعى – الحرارة الكامنة)

ب – إذا كانت درجة الحرارة المقاسة بالمقياس الفهرنهيتى ١٥٠ درجة فهرنهيتى ٠ احسب درجة الحرارة المناظرة لها بالمقياس المئوى ٠

السؤال الثالث :

أ – قارن بين المضخة الطاردة المركزية والمضخات ذات الإزاحة الإيجابية من حيث : سرعة الدوران – الحجم – معدل التصرف – الصيانة – تآكل الأجزاء ؟

ب – ما الشروط الواجب مراعاتها عند استخدام اللاكتوميتر ؟

السؤال الرابع :

أ – المبادلات الحرارية هى أجهزة يتم فيها الأنتقال الحرارى بين مائعين ٠ فما هى أنواع المبادلات الحرارية ؟

ب -ما الشروط الواجب مراعاتها عند إيقاف الغلايات إضطرارياً ؟

السؤال الخامس :

إذا كانت قراءة اللاكتوميتر لعينة من اللبن هى ٣٥ ودرجة الحرارة ٦٥ °ف ٠ فما هو الوزن النوعى للبن ؟

نموذج إجابة امتحان آخر العام

لامتحان دبلوم المدارس الثانوية الفنية الزراعية (نظام السنوات الثلاث) – تعليم تبادلي

المادة :أساسيات هندسة التصنيع الغذائي تخصص : تصنيع منتجات الألبان

إجابة السؤال الأول :

أ-أكمل

١. يتكون جهاز التكثيف من (اناء المكثف – مصدر الحرارة – مكثف) .
٢. من السوائل المستخدمة كوسيط للتبريد (فريون ١٢ – الأمونيا – ثانى أكسيد الكربون)
٣.

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{وزن بخار الماء فى حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة}}{\text{وزن بخار الماء الذى يشبع نفس الحجم عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

ب –الشروط الواجب توافرها فى المواد العازلة :

١- أن تكون رديئة التوصيل للحرارة أى ذات كفاءة عالية فى العزل.
٢- أن تكون عديمة الرائحة حتى لا تكتسب المواد المخزنة روائح غريبة.
٣- أن تكون قليلة الكثافة.
٤- أن تكون مضادة للإحتراق الذاتى نتيجة التفاعل ومضادة للإنفجار.
٥- أن تكون مقاومة لفعل الحشرات والقوارض.
٦- أن تكون غير هيجروسكوبية حتى لا تمتص الرطوبة حيث تفقد بعض المواد العازلة قدرتها على العزل عند ابتلالها بالماء كما أن بعضها تتلف بالرطوبة.
٧- إذا استخدمت المادة العازلة لعزل أنابيب فيجب أن تكون مرنة سهلة التشكيل حول الأنابيب .

إجابة السؤال الثانى :

أ – الشغل : مقدار القوة المؤثرة على جسم لتحركه مسافة ما على طول خط القوة .

الضغط : هى القوة العمودية المؤثرة على وحدة المساحات .

المحيط : هو الجزء الذى يحيط بالنظام ويتبادل معه الطاقة فى شكل حرارة أو شغل ويمكن أن يكون حقيقى أو وهمى .

الوزن النوعى : وزن حجم معين من المادة على درجة حرارة معينة منسوب إلى وزن نفس الحجم من الماء على نفس درجة الحرارة .

الحرارة الكامنة : هى كمية الحرارة اللازمة لتغيير الحالة التى توجد عليها المادة دون تغير فى درجة حرارتها .

ب – درجة الحرارة المئوية = (درجة الحرارة الفهرنهيتية – ٣٢) X $\frac{٥}{٩}$

$\frac{٥}{٩}$ X (١٥٠ – ٣٢) =

= ٦٥.٥

إجابة السؤال الثالث :

أ – مقارنة بين المضخة الطاردة المركزية و المضخة ذات الإزاحة الإيجابية :

وجه المقارنة	مضخة طاردة مركزية	مضخة ذات إزاحة إيجابية
سرعة الدوران	عالية	منخفضة
الحجم	كبير	صغير وبالتالى الوزن اقل والثمن أقل
تآكل الأجزاء	تأكل أجزاءها بسرعة أقل لأن الخلوصات بين الاجزاء المتحركة كبير نسبيا.	تتآكل أجزاءها بسرعة أكبر
الصيانة	لا توجد صمامات مما يسهل عملية الصيانة	تحتوى صمامات تسبب صعوبة في الصيانة
معدل التصرف	يرتبط التصرف والضاغط والسرعة معا ، ومعدلات التصرف عالية تصل الي ٤٠٠٠٠٠ لتر/دقيقة ولكن عند صغوط محدودة	تعطي تصرف محدد عند سرعة ثابته ومعدلات التصرف تصل الي ٢٥ لتر/دقيقة

ب – الشروط الواجب مراعاتها عند استخدام اللاكتوميتر :

١. يجب جفاف المخبار واللاكتوميتر وأن يكون قطر المخبار أكبر من قطر اللاكتوميتر

٢.تصفية اللبن جيداً بحيث يكون خالياً من المواد الغريبة العالقة ومزج اللبن جيداً ولايكون فى المخبار أى فقاقيع هوائية .

٣. عدم قراءة اللاكتومتر إذا كان ملاصقاً لجدار المخبار .

٤. تسجل درجة حرارة اللبن عند أخذ قراءة اللاكتومتر لعمل التصحيح اللازم .

٥. قراءة اللاكتومتر عند السطح العام للبن مع مراعاة أن يوضع المخبار على سطح أفقى

إجابة السؤال الرابع :

أ- أنواع المبادلات الحرارية :

- – المبادلات الحرارية ذات الأنبوبتين ومنها (فى أتجاه موازى – فى اتجاه مضاد)
- المبادلات الحرارية ذات الألواح .

ب-الشروط الواجب مراعاتها عن إيقاف الغلايات لإضطرارياً :

١-عند حدوث تغيير في شكل الغلاية عند التشغيل.

٢-عند الإنخفاض المفاجئ في مستوي المياه.

٣- عند تعطل طلمبة تغذية المياه.

٤-تعطل صمامات الأمان.

٥-ظهور شروخ أو انبعاج في جسم الغلاية.

٦-ظهور تسريب بخار من أبواب الغسيل أو الفلانشات التي علي جسم الغلاية.

٧-احمرار الباب الخلفي أو أي نقطة في سطح الغلاية.

إجابة السؤال الخامس :

تعديل فرق درجات الحرارة = (٦٥ – ٦٠) X ٠.١ = ٠.٥

القراءة المعدلة = ٣٥ + ٠.٥ + ٠.٥ = ٣٦

الوزن النوعى = $\frac{٣٦}{١٠٠٠}$ + ١ = ١.٠٣٦

المراجـــــــــــــــع

مراجع الكتاب العربية

١- الدهان، عامر حميد سعيد (١٩٨١). هندسة معامل الأغذية والألبان. الطبعة الأولى – وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – الجمهورية العراقية.

٢- السهريجى، أحمد فريد (١٩٩٧). هندسة التصنيع الزراعي .طبعة أولى –المكتبة الأكاديمية .

٣- بكرى، حسين حسن & حوبانى ،على إبراهيم (١٩٨٥). هندسة تصنيع الأغذية .مترجم عن رينس ار هيلرمان & ار بول سينج-مطابع جامعة الملك سعود.

٤- حاتم، محمد هاشم (١٩٩٣). هندسة تصنيع الأغذية. مطابع جامعة القاهرة.

٥- قاسم، عبد الوهاب شلبى (٢٠٠٠). هندسة تصنيع الأغذية . ثلاثة أجزاء .منشأة المعارف بالإسكندرية.

٦- مصطفى، مصطفى كمال (١٩٩٠). هندسة تصنيع الأغذية. عالم الكتب.

٧- شروبه، أشرف مهدى (٢٠٠٩) محاضرات فى هندسة التصنيع الغذائى. قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة بمشتهر – جامعة بنها.

٨- شروبه، أشرف مهدى (٢٠٠٩) محاضرات فى هندسة التصنيع الغذائى متقدم لطلاب الدراسات العليا. قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة بمشتهر – جامعة بنها.

٩- شروبه، أشرف مهدى (٢٠٠٩) محاضرات فى المعاملات الحرارية للأغذية. قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة بمشتهر – جامعة بنها.

مراجع الكتاب الأجنبية

1- Jorge, W. Chanes; Gustavo, V. Barbosa-Cánovas and José, M. Aguilera (2002) Engineering and food for the 21st century. CRC Press, Printed in the United States of America

2- Kenneth J. Valentas ; Enrique Rotstein & Paul singh R.(1997). Handbook of food engineering practice. CRC press LLC.

3- Fryer, P.J.; Pyle, D.L. and Rielly, C.D.(1997). Chemical engineering for the food industry. Black academic & Professional.

4- Stavros Yanniotis (2008) Solving Problems in Food Engineering. Springer Science + Business Media, LLC, New York, NY10013, USA.

5- Watson, E. L.; Harper, J. C. (1988). Elements of food engineering. Second Edition. Van Nostrand Reinhold company Inc.

المراجـــع

مراجع الكتاب العربية

١- الدهان، عامر حميد سعيد (١٩٨١). هندسة معامل الأغذية والألبان. الطبعة الأولى – وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – الجمهورية العراقية.

٢- السهريجى، أحمد فريد (١٩٩٧). هندسة التصنيع الزراعي .طبعة أولى –المكتبة الأكاديمية .

٣- بكرى، حسين حسن & حوبانى ،على إبراهيم (١٩٨٥). هندسة تصنيع الأغذية .مترجم عن رينس ار هيلرمان & ار بول سينج-مطابع جامعة الملك سعود.

٤- حاتم، محمد هاشم (١٩٩٣). هندسة تصنيع الأغذية. مطابع جامعة القاهرة.

٥- قاسم، عبد الوهاب شلبى (٢٠٠٠). هندسة تصنيع الأغذية . ثلاثة أجزاء .منشأة المعارف بالإسكندرية.

٦- مصطفى، مصطفى كمال (١٩٩٠). هندسة تصنيع الأغذية. عالم الكتب.

٧- شروبه، أشرف مهدى (٢٠٠٩) محاضرات فى هندسة التصنيع الغذائى. قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة بمشتهر – جامعة بنها.

٨- شروبه، أشرف مهدى (٢٠٠٩) محاضرات فى هندسة التصنيع الغذائى متقدم لطلاب الدراسات العليا. قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة بمشتهر – جامعة بنها.

٩- شروبه، أشرف مهدى (٢٠٠٩) محاضرات فى المعاملات الحرارية للأغذية. قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة بمشتهر – جامعة بنها.

مراجع الكتاب الأجنبية

1- Jorge, W. Chanes; Gustavo, V. Barbosa-Cánovas and José, M. Aguilera (2002) Engineering and food for the 21st century. CRC Press, Printed in the United States of America

2- Kenneth J. Valentas ; Enrique Rotstein & Paul singh R.(1997). Handbook of food engineering practice. CRC press LLC.

3- Fryer, P.J.; Pyle, D.L. and Rielly, C.D.(1997). Chemical engineering for the food industry. Black academic & Professional.

4- Stavros Yanniotis (2008) Solving Problems in Food Engineering. Springer Science + Business Media, LLC, New York, NY10013, USA.

5- Watson, E. L.; Harper, J. C. (1988). Elements of food engineering. Second Edition. Van Nostrand Reinhold company Inc.

View publication stats