جامعة الموصل

كلية الزراعة والغابات

قسم علوم الاغذية

محاضرات في هندسة معامل الاغذية (الجزء العملي)

اعداد

م.م.ميعاد وليد سعدالله

هندسة معامل الاغذية

الجزء العملي

م.م. ميعاد وليد

المعادن المستعملة في صناعة ادوات ومعدات معامل الاغذية

يمكن تقسيم الادوات والمعدات المستعملة في معامل الاغذية الى قسمين هما

1- الادوات والمعدات التي تكون بتماس مباشر مع الاغذية , وفي هذه الحالة يجب ان يكون المعدن الداخل في صناعة ادوات ومعدات معامل الاغذية غير مؤثر على نوعية المنتوج ولايضيف له صفات تجعلة غير مرغوب او غير مستساغ اوغير صالح للاستهلاك
2- الادوات والمعدات التي لاتكون بتماس مباشر مع المادة الغذائية , وفي هذه الحالة يجب ان يكون المعدن الداخل في صناعة ادوات ومعدات معامل الاغذية متصفا ببعض الصفات مثل المتانة والانتقال الحراري وغيرها

ومن الممكن ان تحتوي وحدة تصنيعية واحدة على النوعين من المعادن المذكورين اعلاه كما في حالة جهاز البسترة وقدر الطبخ المرتبط بمولد البخار (Boiler) حيث يلاحظ فيها ان الجزء الداخلي مصنوع من الحديد الغير قابل للصدأ وهو الذي يكون بتماس مباشر مع الحليب المراد بسترته , اما الجزء الخارجي فيكون مصنوع من معدن الحديد الغير صحي او من المعادن الاخرى وهذا الجزء لايكون بتماس مباشر مع المادة الغذائية مثل (الحليب)

اهم الصفات الواجب توفرها في المعادن الداخلة في صناعة ادوات ومعدات معامل الاغذية

1- ان تكون تلك المعادن غير سامة , حيث يسبب معدن الرصاص عند ذوبانه في الحليب او الاغذية الاخرى تسمم بطيئ للاشخاص الذين يتناولون ذلك الحليب او الاغذية الذائب فيها معدن الرصاص
2- ان تكون تلك المعادن غير قابلة للذوبان في الاغذية , حيث يسبب ذوبان بعض المعادن مثل النحاس والحديد في الاغذية , فمثلا عند ذوبان معدن النحاس في الحليب ومشتاقاته فسوف يساعد على اكسدة المواد الدهنية في الحليب وبالتالي تكون الروائح المؤكسدة والمتزنخة , اما معدن الحديد فذوبانه في الاغذية يؤدي الى تكوين رائحة فلزية معدنية
3- ان تكون تلك المعادن لها مقاومة شديدة للتاكل
4- ان يكون لتلك المعادن سطح يسهل تنظيفه بعد نهاية اية عملية تصنيع لضمان الحصول على اغذية مرغوبة الصفات وذات محتوى مايكروبي قليل جدا او معدوم
5- ان يكون لتلك المعادن القابلية على تحمل الضروف المختلفة لتصنيع الاغذية مثل الحرارة المرتفعة والضغط العالي
6- ان يكون لتلك المعادن قابلية الانتقال الحراري الجيد من خلالها وهذا يجعل عمليات التبادل الحراري اكثر اقتصادية وفعالية
7- ان يكون لتلك المعادن مظهر جيد مما يعطي فكرة عن نوعية الاغذية المنتجة
8- ان تكون تلك المعادن رخيصة الثمن نسبيا , وهذه الصفة مهمة من الناحية الاقتصادية

الحديد الغير قابل للصدا

هو ذلك النوع من الحديد الاكثر استخداما في صناعة ادوات ومعدات معامل الاغذية التي تكون بتماس مباشر مع الاغذية المراد انتاجاها لاتصافه بما ذكر في فقرة (اهم الصفات الواجب توافرها في المعادن الداخلة في صناعة ادوات ومعدات معامل الاغذية

وتعرف سبيكة الحديد الغير قابلة للصدا على انها احدى سبائك الحديد التي تحتوي على كميات لاباس بها من عنصر الكروم لوحده اومع عنصر النيكل وتتراوح نسب وجود هذه المعادن في السبيكة حسب نوع السبيكة ,حيث تصل نسبة الكروم في السبيكة 12 -30 % , ويكسب الكروم سبيكة الحديد الغير قابلة للصدا صفة مقاومة التاكل , وان اضافة النيكل الى السبيكة يساعد في تحسين صفة مقاومة السبيكة للتاكل في الاوساط المتعادلة ويساعد في تحسين الصفات الميكانيكية للسبيكة وتحسين قابليتها للحام , وقد يضاف السيليكون او الالمنيوم الى السبيكة لتحسين مقاومتها لتكوين القشور في درجات الحرارة العالية

توجد ثلاثة انواع من سبيكة الحديد الغير قابل للصدا

1- Mertensitic 2- Ferritic 3- Austentic

سبيكة Mertensitic تعتبر من اهم الانواع لما تمتاز به بانخفاض نسبة الكاربون مع ارتفاع نسبة الكروم مما يجعل هذا النوع يتصف بصفات جيدة ومقاومة للتاكل , وان اضافة معدن النيكل لها يجعلها اكثر قوة

سبيكة Ferritic يمتاز هذا النوع من السبيكة عن النوع الاول بالمقاومة الجيد للتاكل خاصة عندما تكون بتماس مع الحوامض العضوية مثل حامض الستريك

سبيكة Austentic يحتوي هذا النوع من سبائك الحديد الغير قابل للصدا على معدن النيكل بنسبة 8 — 30 % ولهذه السبيكة تطبيقات عديدة في صناعة الاجهزة والمعدات المختلفة لما تمتاز به مصفات القوة والتشكيل , ولكن اهم مساؤها انها تتعرض الى تغير في الجزيئات عندما تتعرض الى درجات الحرارة العالية

تاكل الحديد الغير قابل للصدأ:- يتعرض الحديد الغير قابل للصدا الى انواع مختلفة من التاكل تتمثل في ذوبان جزء من المعدن المصنع في الوسط الحامضي بصورة تدريجية مما يؤدي الى انخفاض سمك المعدن المصنع منه الجهازبمرور الزمن الا ان المعدن المتاكل يبقى محتفظا باللمعان الطبيعي لسطحه .

انواع التاكل في سبيكة الحديد الغير قابل للصدا:-

هناك انواع مختلفة من التاكل تحدث في سبيكة الحديد الغير قابل للصدأ وهي كما يلي :-

1- التاكل في حدود الجزيئات المختلفة
2- تاكل التنقير
3- التاكل بسبب الشد
4- تاكل التحفر

التاكل في حدود الجزيئات المختلفة : تتعرض سبيكة الحديد الغير قابل للصدا من نوع Austentic الى هذا النوع من التاكل عند تعرضها الى درجات حرارة مرتفعة مابين 500 – 800 م وعند تماسها مع بعض الحوامض مثل حامض الكبريتيك وحامض اللاكتيك

تاكل التنقير : يحدث هذا النوع من التاكل في نقاط معينة من سطح المعدن عندما يكون سطح المعدن بتماس مع محاليل تحتوي على الكلوريدات , ويتم معرفة مقدار تاكل التنقير في السبيكة من خلال ملاحظة عدد وسمك الحفر في وحدة المساحة من السبيكة

التاكل بسبب الشد:- يحدث هذا النوع من التاكل عند وجود ضغط على الجهاز , حيث يبدا هذا النوع من التاكل بتكون نقطة ضعيفة ومنها تتكون بعد ذلك شبكة من الشقوق والكسور الدقيقة والتي تزداد بازدياد العوامل المساعدة على حدوث مثل هذا النوع من التاكل مثل محاليل الكلوريدات

تاكل التحفر :- يلاحظ هذا النوع من التاكل في الاجهزة التي تحتوي بداخلها عى مضخات حيث يلاحظ حدوث هذا التاكل بتاثير فعل السوائل الديناميكي حيث يتوقف حدوث هذا التفاعل على سرعة تيار السوائل ودرجة حرارتها .

الالمنيوم

يستخدم الالمنيوم بالدرجة الثانية بعد الحديد الغير قابل للصدا لانه يمتاز بصفات المعدن الجيد وبسبب خفة وزنه و تم استعماله في الاوعية التي تستعمل في نقل الحليب مثل الدبات وكذلك استعماله في صناعة الفرازات , ويدخل الالمنيوم في صناعة العديد من الاجهزة والمعدات المستعملة في معامل الاغذية ولكن للالمنيوم بعض المساوئ منها تعرضه للتاكل عند تماسه مع المحاليل الحامضية المخففة ومحاليل التنظيف القاعدية ويتكون نتيجة لذلك التماس لون اسود على سطح معدن الالمنيوم وهو اوكسيد الالمنيوم القابل للذوبان في الاغذية مما يؤدي الى اعطائها صفات غير مرغوب بها .

هندسة معامل الاغذية (الجزء العملي)

الطاقة الكهربائية في معامل الاغذية

انتشر استعمال الطاقة الكهربائية في معامل الاغذية للميزات العديدة المتوفرة فيها مثل

1- سهولة استعمالها
2- الاقتصادية في العمل
3- وزيادة القابلية الانتاجية لمعامل الاغذية كونها تساعد في انتاج منتوج جيد

للطاقة الكهربائية في معامل الاغذية استعمالات عديدة منها

1- توليد طاقة حركية لتشغيل الاجزاء المختلفة للوحدات الموجودة في معامل الاغذية
2- توليد طاقة حرارية لتستعمل في اجراءعمليات التسخين والتعقيم والبسترة والطبخ
3- توليد الانارة في معامل الاغذية
4- السيطرة على الاجزاء المختلفة للوحدات الموجودة في معامل الاغذية
5- تستخدم الطاقة الكهربائية في عمليات اللحام الكهربائي
6- تستخدم الطاقة الكهربائية في توليد الطاقة الحركية اللازمة لتشغيل وحدات التصنيع المختلفة في معامل الاغذية وذلك عن طريق استعمال المحركات الكهربائية حيث تنقل الحركة فيها بشكل مباشر او غير مباشر لتحريك الاجزاء الاخرى , ونقل الحركة يتم بعدة طرق منها بواسطة التروس او الاحزمة او البكرات او بذراع الحركة

انتشر استعمال المحركات الكهربائية في معامل الاغذية للاسباب التالية:

1- اسعارها مناسبة 2- طول مدة عملها 3- سهولة تشغيلها

انواع المحركات :-

تقاس الطاقة الحركية للمحركات عادة بالقوة الحصانية (Horse power) ويرمز لها اختصارا بالرمز (Hp) حيث تختلف المحركات الكهربائية في مقدار ماتوفره من الطاقة الحركية , ويعرف الحصان الواحد (كقوة ميكانيكية) بانه مايعادل مقدار الشغل الناتج من تحول (746) واط في القوة الكهربائية . ويوجد نوعين من المحركات في معامل الاغذية

النوع الاول هي المحركات التي تعمل على التيار المتناوب والذي قد يكون ذو مرحلة واحدة (Single phase) او ثلاث مراحل (Three phase) والتي تعمل على تيار من 3 مراحل

المحركات من نوع single phase

تصنف هذه المحركات حسب طريقة بدء الحركة الى

1- محرك فصل المرحلة 2- محرك التاثير الرادع 3- محرك السعة العالية

محرك فصل المرحلة :- يستخدم هذا النوع من المحركات عندما يكون هناك حاجة لتوفير طاقة حركية ذات قوة اقل من حصان واحد ويحتوي دائما على قفل طارد عن المركز

حيث يعمل هذا القفل على فصل الحركة عند وصول المحرك الكهربائي الى الطاقة والسرعة المطلوبة , ويتواجد هذا النوع من المحركات في المراوح السقفية والمراوح العمودية

2- محرك التاثير الرادع :- يستخدم هذا النوع من المحركات عندما يراد تحريك حمل كبير عند بدء الحركة لذا نرى ان استعمال هذا النوع من المحركات الكهربائية في ضاغطات الهواء واجهزة التبريد العميق
3- اما النوع الثالث من المحركات وهو محرك السعة العالية فيعد من اكثر المحركات استعمالا في معامل الاغذية لما يمتاز به من صفات جيدة عند بدء الحركة لتحريك الاجهزة وعند استمرار الحركة

المحركات من نوع Three phase

يعتبر هذا النوع من المحركات من احسن الانواع استعمالا في معامل الاغذية لانه يوفر حركة تستمر لفترة زمنية اطول , ويستخدم لتوفير قدرات حصانية متفاوتة صغيرة وكبيرة , الا انه يعتبر غالي الثمن بالمقارنة مع المحركات ذات الطور الواحد ال single phase

صفات المحرك الكهربائي الجيد :-

1- القدرة على ادارة العمل الحركي المراد تحريكه بسرعة وقوة مناسبة
2- العمل بشكل منتظم وسرعة منتظمة
3- مقاومة الضروف التي يعمل بها سواء كان ذلك داخل الاجهزة او في وحدات التصنيع المختلفة
4- رخص ثمنه وسهولة تصليحه وصيانته وتوفر قطع الغيار وادوات صيانته

النقاط الواجب ملاحظتها عند اختيار اي محرك كهربائي :-

1- مصدر القوة الكهربائية : يجب اختيار المحرك الكهربائي المناسب على اساس القوة الكهربائية المتفرة في المعمل والتي قد تكون ذات مرحلة واحدة وذات ثلاث مراحل
2- فرق الجهد تجهز الطاقة الكهربائية في معامل الاغذية بفرق جهد مختلف قد يكون (110 فولت) او (220 فولت) والذي على اساسه يتم ربط المحركات الكهربائية في معامل الاغذية
3- مقدار تيار بدئ الحركة:- يتم اختيار المحرك الكهربائي المناسب على اساس مقدار تيار بدء الحركة المطلوب لتوليد الطاقة الحركية المطلوبة لبدئ عمل الاجهزة في

معامل الاغذية فمثلا انتخاب محرك لادارة مضخة طاردة مركزية يحتاج الى تيار بدء حركة قليل فيستعمل محرك فصل المرحلة, بينما لتحريك حمل كبير فيستعمل محرك من نوع محركات السعة العالية

4- مقدار تيار الحركة : يكون اقل بحوالي 5 مرات من تيار بدء الحركة, ويعرف تيار الحركة بانه مقدار التيار الكهربائي الواجب توفره خلال مدة عمل المحرك الكهربائي

5- معامل القدرة :- لكل محرك كهربائي عامل قدرة ويعد معامل القدرة مهم من الناحية الاقتصادية لانه يعطي صورة واضحة عن كفاءة المحرك لتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة حركية

6- مقدار المقاومة عند البدء بالعمل : تختلف المحركات بمقدار القوة التي تؤديها للتغلب على قوة الاحتكاك او على وزن الجهاز ,وحسب الحاجة الى هذه القوة فان المحركات تتوفر بنوعين وهما

1- النوع ذو الغرض العام :- وهذا النوع من المحركات لايحتاج الى قوة لبدء الحركة ويستعمل للاجهزة البسيطة مثل تحريك الناقلات واجهزة التصنيع الصغيرة والمضخات الطاردة عن المركز

2- النوع ذو الغرض الخاص :- وهذا النوع من المحركات يمتاز بتوفير قوة كبيرة لبدء الحركة عند تحريك وعمل الاجهزةمثل المحركات المستخدمة في تحريك الضاغطات في مضخات الماء والهواء ومضخات التبريد والتجميد

7- القدرة الحصانية اللازمة :- يجب اختيار المحركات الكهربائية ذات القدرة الحصانية اللازمة لتحريك الاجهزة المتواجدة في معامل الاغذية حيث تتراوح القدرة الحصانية للمحركات الكهربائية مابين (0.66 – 7.5) حصان

(ان تشغيل الاجهزة بمحركات ذات قدرة حصانية اقل من حاجة الجهاز يعرض المحرك الكهربائي للاحتراق بسبب الحمل الكبيرعلى المحرك) . ويتوقف مقدار القدرة الحصانية للمحرك الكهربائي على عدة عوامل منها

1- القوة اللازمة لمقاومة الاحتكاك حيث كلما ازدادت تلك القوة ادى ذلك الى ازدياد القدرة الحصانية اللازمة لعمل المحرك وتشغيل الجهاز

2- وزن الجهاز المراد تحريكه :حيث كلما زاد وزن الجهاز تطلب ذلك زيادة القدرة الحصانية اللزمة للتحريك .

3- السرعة المراد تحريك الاجهزة عليها حيث يجب اختيار المحرك الكهربائي ذي القدرة الحصانية اللازمة والمناسبة للسرعة المراد تحريك الاجهزة عليها .

8- سرعة الدوران المطلوبة :- تدور مختلف الاجهزة بسرع دوران مختلفة لذلك يجب توفير محركات تتناسب مع سرعة التدوير للاجهزة وتتراوح سرعة دوران المحركات مابين (720 – 2880) دورة لكل دقيقة

9- مواصفات التركيب والتثبيت :- كل محرك كهربائي له قاعدة خاصة يتم تثبيت المحرك عليها وبالتالي يجب توفير قاعدة مناسبة لحجم المحرك المستخدم.

10- نوع الحماية المتوفرة :- للمحركات انواع مختلفة من اجهزة الحماية ضد بعض الضروف التي تعمل فيها هذه المحركات فمثلا هناك اجهزة حماية ضد ارتفاع

درجات الحرارة لحد معين حيث يتوقف عمل المحرك عند وصل درجة حرارة المحرك اكثر من الحد المسموح به وذلك لضمان سلامة المحرك وعدم احتراقه

- توفير فتحات تهوية في المحركات بابعاد وقياسات مدروسة لتهوية المحركات اثناء فترة العمل . * كما يتم تصنيع المحركات بمواصفات لاتسمح بدخول السوائل والمواد التي تتساقط عليها والاتربة والسوائل . ويتم تصنيعها بمواصفات مقاومة لضروف المناخ المختلفة .

نوع وعدد ناقلات الحركة :- تنقل الحركة المتولدة في المحرك الكهربائي الى الجهاز المراد تشغيله بعدة اساليب مثل البكرات والاحزمة , السلاسل والعجلات المسننة والاعمدة وغيرها

13- ربط الاسلاك المناسبة :- تختلف الاسلاك في قابليتها على نقل التيار الكهربائي (الامبير) لذا يجب استخدام الحجوم المناسبة والانواع المناسبة من الاسلاك لحماية المحرك الكهربائي وحماية الجهاز من الاحتراق وتوفير اقصى حد من التيارالمراد نقله .

التسخين الكهربائي :-

تستخدم الطاقة الكهربائية في عمليات التسخين المطلوبة في معامل الاغذية وفي انتاج البخار في المراجل البخارية (BOILERS)

الطاقة الحرارية المكافئة لكيلو واط ساعة هي 3.412 BTU

انواع المسخنات الكهربائية :- تعمل المسخنات الكهربائية باحدى الاسس التالية

1- التسخين بالمقاومة :- وفي هذا الاساس يتم انتاج الحرارة عند مرور التيار الكهربائي خلال مقاومة مناسبة ونتيجة لذلك تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية . ويوجد نوعين من هذه المسخنات هما

أ- المسخنات المغمورة:- وتتكون هذه المسخنات من اسلاك مرتبة بشكل حلزوني وتكون مصنعة من اسلاك مغطاة بمعادن يمكن استعمالها بتماس مع المادة الغذائية . كالنيكل والكروم ومن مميزات هذه هذه الطريقة الحصول على تبادل حراري جيد

ب- المسخنات المحوطة :- وتوضع هذه المسخنات عادة حول جدار الاناء الذي يتم فيه عملية التسخين وليس من الضروري ان تصنع اسلاك التسخين في هذا النوع من المواد الصحية لانها لاتكون بتماس مباشر مع الغذاء

2- التسخين الدايليكتريكي: ومن الامثلة على هذا النوع من التسخين هو فرن المايكروويف حيث يتم تسخين الاغذية بالحرارة المتولدة من الاحتكاك بين جزيئات المادة عندما تتعرض لتيار متناوب ذو ذبذبة تقدر ب 3 ملايين ذبذبة في الثانية الواحدة ومن مميزات التسخين بالمايكروويف سرعة معدل التسخين ونظافة عملية التسخين

3- التسخين غير المباشر بواسطة الاشعاع :- حيث يتم استخدام مشعات بوضعها على ممرات سير الاغذية لتنتقل الحرارة الى داخل الغذاء بواسطة الاشعاع

(حسابات الطاقة الكهربائية)

القوة الكهربائية = الفولتية × الامبيرية

P=V*A

حيث ان

V =الفولتية = فرق الجهد

A =الامبيرية =شدة التيار

P =القوة الكهربائية

$$V = \frac{A}{R}$$

حيث ان R هي المقاومة الكهربائية وتقاس بالاوم

وبالتالي

$$P = \frac{A^2}{R}$$

مهم : في حال استخدام التيار المتناوب احادي الطور SINGLE PHASE فان

P= V*A* POWER FACTOR

اما في حالة استخدام التيار المتناوب ثلاثي الطور THREE PHASE فان

P= V*A* POWER FACTOR*1.73

POWER FACTOR = معامل ثابت

1.73 = رقم ثابت

مثال 1:- اذا كان معدل قياس الجهد في محرك كهربائي من نوع احادي الطور يساوي 220 فولت , وكان التيار يساوي 90 امبير , ومعامل القدرة يساوي 80% فما هو مقدار القوة الكهربائية المستعملة .

الحل

P=V*A*PF

=220 *90*80/100= 15840 WATT

=15.840 KWATT

مثال 2:- في تيار كهربائي ثلاثي الطور كان مقدار الحمل 220 فولت لكل مرحلة (100) امبير في كل سلك وكان معامل القدرة يساوي 90% فما هو مقدار الطاقة المستهلكة خلال 12 ساعة .

الحل :-

P=V*A* PF *1.73* 90/100

= 220 * 100 *1.73*90/100 =3425 WATT

= 3425/1000 *12 = 411.05KWATT/hour

الوحدة المستخدمة في قياس الطاقة الكهربائية المستهلكة في المعامل والمنازل والتي تدفع نفقات الطاقة على اساسها هي كيلو واط لكل ساعة وهو مايعادل 1000 واط من القوة الكهربائية المستهلكة خلال ساعة واحدة.

مثال 3 :- مامقدار الطاقة الكهربائية اللازمة لاضاءة 5 مصابيح بحجم 100 واط ولمدة 20 ساعة

الحل :- مقدار القوة المستهلكة عند استعمال 5 مصابيح

P= 5*100= 500 watt/hr

P= 500*20 =10000 watt/hr ولمدة 20 ساعة

P = 10000/1000 = 10 units.

حسابات الطاقة الكهربائية للتسخين :-

الابعاد والوحدات
Units and Dimensions

من الضروري فهم الاسس الهندسية للابعاد والوحدات نظرا لكثرة مصطلحات الابعاد وانظمة الوحدات حيث في النهاية يكون هناك المقدرة على التحويل بين الوحدات المختلفة اثناء التشغيل ومرقبة اجهزة التصنيع.

تعريف بعض الوحدات

القوة Force

القوة (F) التي تعمل على جسم م كتلته m (kg) لتجعله يتحرك بعجلة a (m/s^2) هي:

$$F = m\ a$$
$$= m\ (kg)\ a\ (m/s^2)$$
$$= m\ a\ (N)$$

الضغط Pressure

الضغط (P) هو القوة (F) على وحدة المساحة (A):

$$P = F/A$$

الطاقة Energy

الطاقة (E) هي الشغل الحراري يتم بوسطة قوة (F) لمسافة (L):

$$E = F\ L$$
$$= F\ (N)\ L\ (m)$$
$$= F\ L\ (Nm)$$
$$= F\ L\ (J)$$

القدرة Power

القدرة (Pw) هي معدل استهلاك الطاقة :

$$Pw = E\ (J) / T\ (s) = E/T\ (W)$$

وحدات النظام العالمي SI Units

الوحدات الاساسية: وهي الوحدات التي يمكن اشتقاق كل الوحدات الاخرى منها, وهي تشمل:

البعد	الرمز	اسم وحدة القياس	رمز وحدة القياس
الطول	L	متر	m
الكتلة	M	كيلوغرام	kg
الزمن	T	ثانية	s

وحدات مشتقة من الوحدات الاساسية:

البعد	الرمز	اسم وحدة القياس	رمز وحدة القياس
القوة	F	نيوتن	N
الضغط	P	باسكال	Pa
الطاقة	E	جول	J
القدرة	Pw	وات	W

وحدات قياس اخرى مستعملة:

البعد	الرمز	اسم وحدة القياس	رمز وحدة القياس
الحجم	V	لتر	l
الكتلة	m	طن	ton
الضغط	P	بار	bar

التحويل من وحدات اخرى شائعة الى وحدات النظام العالمي

الطول	1 in = 0.025 m 1 ft = 0.305 m 1 yd = 0.914 m
المساحة	1 in^2 = 6.542 cm^2 1 ft^2 = 0.093 m^2 1 yd^2 = 0.836 m^2
السرعة	1 km/h = 0.277 m/s 1 mile/h = 0.44694 m/s
الكتلة	1 1b = 453.6 g = 0.454 kg
الضغط	1 atm = 101325 Pa = 1.01325 bar 1 torr = 1 atm/760 = 133.322 kPa = 1.33322 bar 1 mmHg = 133.322 Pa = 0.133322 bar 1 lb_f / ft^2 = 47.881 Pa 1 lb_f / in^2 = 1 psi = 6894.8 Pa
اللزوجة	1 Pa s = 1 Ns/m^2 = 1 kg/ms = 10 Poise (P) 1 Poise = 0.1 Pa s = 100 centipoise (cP) 1 cP = 0.001 Pa s = 1 mPas 1 1b/fts = 1.49 kg/ms
الطاقة	1 J = 2.7 x 10^{-7} kWh 1 kcal = 4.1868 kJ 1 Btu = 0.252 kcal = 1.055 kJ
القدرة	1 kW = 1.34 hp = 0.953 Btu/s 1 hp = 0.746 kW 1 Btu/s = 1.05 kW = 0.178 kcal/s
معامل التوصيل الحراري	1 Btu/ft^2h^0F = 5.681 W/m^2 K
الحرارة النوعية	1 J/kg K = 3.844 x 10^{-4} kcal/kg K 1 Btu/lb = 4.19 kJ/kg K

تحويل الوحدات
Conversion of Units

اي ناتج لآي تجربة ما يجب ان يعبر عنه في النهاية باعداد. هذه الاعداد لا معنى لها ان لم تذكر وحدات قياسية لها. لذلك يجب ان يكون هناك المام تام بتحويل الوحدات من اي نظام اخر الى النظام العالمي.

امثلة لتحويل الوحدات

في عملية تحويل الوحدات يضرب الجانب المراد تحويل وحداته بواسطة ما قيمته واحد صحيح بحيث تتغير وحداته الى الوحدات المطلوبة.

مثال

لتحويل 2ft الى m

2ft = 2ft x 0.305m/1 ft = 0.610 m

مثال

اذا كان مقياس ضغط البخار تعادل 14.7 psi حول هذا الضغط الى bar.

14.7 psi = (14.7 psi x 6894.8)/ 10^5 = 1.013536 bar

مثال

اذا كان الفقد في الحرارة من خلال جدران فرن كهربائي 6500 Btu/h. فاذا شغل هذا الفرن لمدة ساعتين, كم تكون كمية الكهرباء بـ kWh التي يحتاج اليها الفرن للمحافظة على درجة حرارته؟

الطاقة الحرارية المفقودة في ساعتين = 13000 Btu
اذن الطاقة الكهربائية المطلوبة يجب ان تساوي الطاقة الحرارية المفقودة حتى لا يحدث انخفاض في درجة حرارة الفرن.
13000 Btu = 13000 Btu (1054.85 J/1 Btu) (1 Ws/1 J)(1 kW/1000W) (1h/3600s) = (13000 x 1054.85) / (1000 x 3600) = 3.81 kWh

مثال

اذا كان لزوجة سائل تعادل 40 lb/fts احسب لزوجة هذا السائل بـ cP.
40 lb/fts = 40 lb/fts x 0.454 kg/1 lb x 1ft/(0.3048 m) x (1 cP)/(0.001 kg/ms) =
(40 x 0.454)/(0.3048 x 0.001) = 59580 cP

تمرين

اوجد تحويل الوحدات التالية الى النظام العالمي:

1. كثافة قدرها $60\ lb/ft^3$ الى kg/m^3
2. طاقة قدرها $1.7 \times 10^3\ Btu$ الى kJ ثم الى kW/h
3. ضغط قدره $14.69\ lb_f/in^2$ الى kPa
4. لزوجة قدرها 20 cP الى Pa s
5. $Btu/lb.\ ^0F$ الى J/gm. K

علما بان:

$1\ lb = 0.454\ kg$

$1\ ft = 0.3048\ m$

$1\ Btu = 1.055\ kJ$

$1\ in = 0.0254\ m$

$1\ cP = 10^{-3}\ Pa\ s$

$1\ Ib_f = 4.4483\ N$

اتزان المادة واتزان الطاقة
Material and Energy Balance

يساعد اتزان المادة واتزان الطاقة كثيرا في حساب كثير من المسائل المتعلقة بهندسة تصنيع الاغذية. يعتمد اتزان المادة واتزان الطاقة اساسا على قوانين حفظ المادة والطاقة. قانون حفظ المادة والطاقة يشير الى ان اي كمية من المادة او الطاقة تدخل في منظومة System ما بحالة منتظمة, يجب ان تخرج نفسها من المنظومة. المنظومة هو اي شيء يمكن ان يعرف بحدود معينة. انتظام الحالة Steady state يشير الى حقيقة انه لا تراكم للمادة او الطاقة في المنظومة بالرغم من ان المنظومة في حالة عمل مستمر.

اتزان المادة

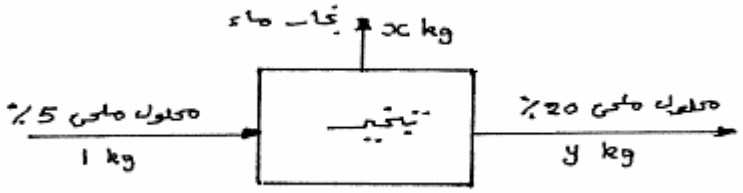
باجراء اتزان للمادة يمكن الحصول على معلومات عن كميات وتراكيز بعض المواد التي يصعب قياسها. كذلك باجراء اتزان للمادة ومعرفة كمية المواد المختلفة يمكن تحديد احجام وحدات التصنيع المختلفة.

قانون حفظ المادة هو:-

كتلة المادة الخارجة من المنظومة ناقصا كتلة المادة الداخلة للمنظومة تساوي كتلة المادة المتراكمة في المنظومة. وعندما تكون المنظومة في حالة اتزان, اي عندما لا يكون هناك تراكم للمادة في المنظومة, فان كتلة المادة الخارجة من المنظومة تساوي كتلة المادة الداخلة للمنظومة.

مثال

كم هي كمية الماء المتبخرة من محلول ملحي تركيزه 5% لتكوين محلول تركيزه % 20 ؟



نفرض ان الاساس 1 kg من محلول الملح تركيزه % 5 يدخل المنظومة.

$1 = x + y$……(1)

باتزان عنصر الملح (المادة الصلبة) حول المنظومة نحصل على :

$0.05\ (1) = 0 + 0.2\ (y)$……(2)

اذن

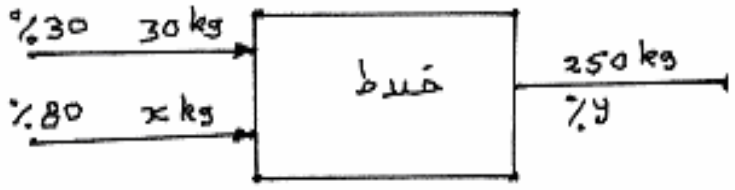
$y = 0.25$ kg

$x = 0.75$ kg

اذن يجب تبخير 0.75 kg من الماء لكل 1 kg من محلول الملح تركيز % 5 .

مثال

عند تطوير منتج غذائي جديد خلطت 30 kg من احدى المواد التي تحتوي على 30 % مواد صلبة مع كمية من مادة اخرى تحتوي على 80 % مواد صلبة للحصول على 250 kg من الناتج. احسب كمية المادة التي تحتوي على 80 % مواد صلبة. وما هو تركيز الناتج الجديد؟



باتزان المادة الكلي

$30 + x = 250$

$x = 220$ kg

اذن كمية المادة التي تحتوي على 80 % مواد صلبة تساوي 220 kg

باتزان المواد الصلبة حول المنظومة نجد ان:

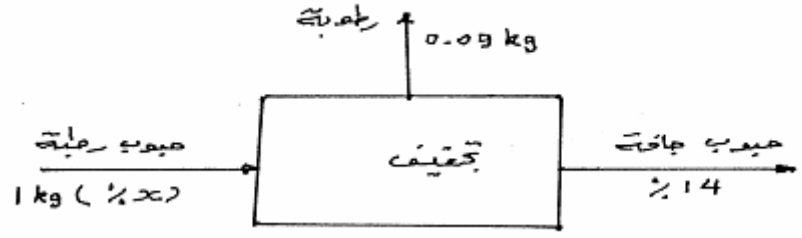
$250\ (y/100) = 220\ (0.8) + 30\ (0.3)$

اذن تركيز الناتج 74 % مواد صلبة مذابة.

$Y = 74\%$

مثال

حبوب قمح رطبة تم تجفيفها جزئيا وكانت الرطوبة التي تم التخلص منها تساوي 9 % من كتلة الحبوب. تم اختبار الحبوب بعد التجفيف ووجد انها تحتوي على 14 % رطوبة. احسب محتوى الرطوبة كنسبة مئوية من حبوب القمح قبل التجفيف.



الاساس 1 kg من الحبوب الرطبة.

اذن الرطوبة التي تم التخلص منها = 0.09 kg

اذن الحبوب الجافة الناتجة = 0.91 kg

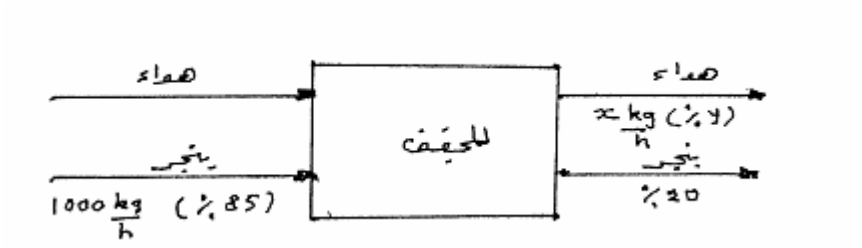
باتزان المادة حول المنظومة نجد ان :

$1\ (x/100) = 0.09 + 0.14\ (0.91)$

x = محتوى الرطوبة في الحبوب قبل التجفيف = 21.74 %

مثال

تم تجفيف 1000 kg/h من البنجر المقطع في مجفف الهواء الساخن ذي التيار المتوازي من محتوى رطوبة % 85 الى محتوى رطوبة % 20 . يدخل الهواء الى المجفف بمحتوى رطوبة 0.013 kg ماء لكل 1 kg هواء جاف وبمعدل 400 kg هواء جاف لكل 1 kg مادة صلبة جافة. احسب محتوى الماء في الهواء الذي يخرج من المجفف.



الاساس 1000 kg من البنجر المقطع.

اذن كمية المادة الصلبة الجافة التي تدخل الى المجفف = (1000) 0.15 = 150 kg/h

كمية الهواء التي تدخل الى المجفف = (400) 150 = 60000 kg/h

كمية الماء التي تدخل مع الهواء الى المجفف = (0.013) 60000 = 780 kg/h

كمية الهواء الرطب الداخل = 60780 kg/h

كمية الماء في البنجر الخارج = (0.2/0.85) 150 = 35 kg/h

كمية البنجر الخارج = 185 kg/h

باتزان المادة الكلي حول المبخر نجد ان :

$$1000 + 60780 = 185 + x$$

اذن x = كمية الهواء الخارج = 61595kg/h

باتزان الرطوبة حول المبخر نجد ان :

$$0.85\ (1000) + 780 = 35 + 61595\ (y/100)$$

اذن y = محتوى الماء للهواء الذي يخرج من المجفف = % 3

= 0.03 kg ماء لكل 1 kg هواء جاف.

اتزان الطاقة

الطاقة هي قدرة منظومة ما لاداء شغل على منظومة اخرى. وهي يمكن ان ترتبط بجسم مادي مثل النابض او تكون مستقلة عن المادة كما في حالة الضوء او اي اشعاع كهروممغنطيسي خلال الفراغ.

صور الطاقة:

كل انواع الطاقة مرتبطة بالحركة فمثلا الجسم له طاقة حركية kinetic energy (KE) اذا كان متحركا. والجسم الموضوع او النابض المشدود بالرغم من انها ثابتة ولكن لها القدرة على خلق حركة, ولهذا لها طاقة موضع potential energy (PE) نتيجة لوضعها او هيئتها. الطاقة الحرارية thermal energy هي نتيجة لحركة جزيئات المادة. فمثلا حرارة غاز الهيليوم تتناسب طرديا مع سرعة جزيئاته التي تتحرك بصورة عشوائية. الطاقة الكهربائية

electrical energy هي نتاج تيار كهربائي ينتج من سريان الالكترونات خلال موصل كهربائي. الطاقة الكيميائية chemical energy والطاقة الذرية atomic energy هي نتيجة لتركيبة ووضع الذرات في جزيئات المادة او وضع بعض مكونات الذرة في النواة. ولهذا تقاس الطاقة بتحديد كمية الشغل المطلوب لخلق الحركة او الوضع او الهيئة.

يمكن ان تتغير صورة الطاقة ولكن كمية الطاقة الكلية بالنسبة لمنظومة معزولة تبقى ثابتة. ولهذا لا يمكن خلق او تدمير الطاقة. فالطاقة الموجودة مثلا في الوقود والهواء الذي يحترق في ماكنة ما لابد ان يتساوى مع الشغل المبذول الذي تقوم به الماكنة. هذا هو مبدأ قانون حفظ الطاقة.

يمكن تحويل الطاقة من صورة الى اخرى بعدة طرق فمثلا يمكن الحصول على طاقة ميكانيكية او كهربائية بواسطة الماكنات الحرارية لحرق الوقود وبواسطة المولدات الكهربائية او البطاريات او الخلايا الكهروضوئية او غيرها.

وبالنسبة لمنظومة مغلقة فان الطاقة الصافية المضافة الى المنظومة تساوي الزيادة في طاقة المنظومة, والتغير في طاقة المنظومة يعادل التغير في الطاقة الدخلية (U) والحركية (KE) والوضعية (PE).

اي:-

$$Q - W = \Delta U + \Delta (KE) + \Delta (PE) \quad \ldots\ldots\ldots 1$$

والشغل W هو حاصل جمع الشغل نتيجة للتغير في الحجم ونتيجة للتغير في السرعة ونتيجة لتغير الموضع حيث :-

$$W = \int PdV - \Delta (KE) - \Delta (PE) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

وبالتعويض في المعادلة (1) نحصل على :-

$$Q - \int PdV = \Delta U \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 3$$

وفي حالة حجم المنظومة ثابتا مثلا في حالة تسخين مادة في وعاء مغلق وصلب فان المعادلة (3) تصبح:-

$$Q = \Delta U \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4$$

فان المعادلة (3) يمكن كتابتها كالاتي :-

$$Q = \Delta U + \Delta (PV)$$
$$= (U_2 + P_2V_2) - (U_1 + P_1V_1)$$

وحاصل الجمع (U+PV) يعرف بالانثالبي (H) , اي :-

$$Q = \Delta H$$

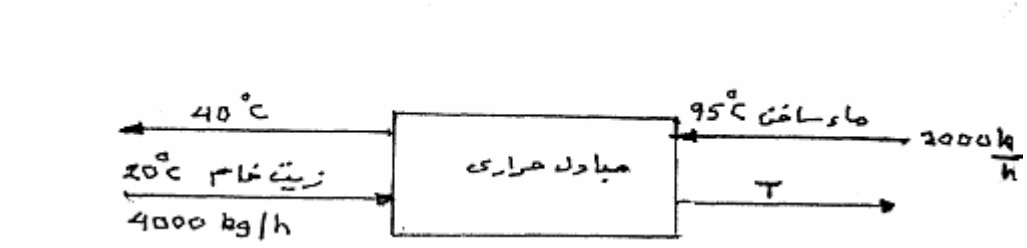
واذا كان التسخين تحت ضغط ثابت فان :-

$$Q = \Delta H$$

ولكون التسخين تحت ضغط ثابت يحصل في كثير من الحالات, يعرف الانثالبي بالمحتوى الحراري.

<u>مثال</u>

في مصنع لازالة الرائحة من الزيت يسخن الزيت الخام في اتجاه معاكس مع الماء الحار في مبادل حراري. اذا كان معدل تدفق الماء الساخن في البادل الحراري 2000 kg/h ويدخل عند درجة 95 ^oC ويغادر عند عند درجة 40 ^oC . يتدفق الزيت الخام بمعدل 4000 kg/h . اذا كان الزيت يدخل عند درجة 20 ^oC , كم تكون درجة حرارة خروج الزيت. علما بان الحرارة النوعية للماء 4.19 kJ/kgK وللزيت 2.10 kJ/kgK.



الاساس ساعة واحدة.

الانثالبي الداخلة (المحتوى الحراري) مع الماء

$m\ Cp\ \Delta T = 2000 \times 4.19 \times (95-40) = 460900\ kJ/h$

الانثالبي الداخلة مع الزيت

$m\ Cp\ T = 4000 \times 2.10 \times (20-20) = 0$

الانثالبي الخارجة مع الماء

$2000 \times 4.19 \times (40-20) = 167600\ kJ/h$

الانثالبي الخارجة مع الزيت

$4000 \times 2.10 \times (T-20)$

اذن باتزان الانثالبي

$460900 = 167600 + 4000\ (2.10)\ (T-20)$

$T = 55\ ^oC$

فصل المواد الغذائية
Food separation

معامل الاغذية تحتوي على وحدات تقوم بفصل بعض اجزاء من مواد غذائية معينة فقد تشمل ازالة مادة غذائية سائلة من اجزاء اخرى صلبة كما يتم في معاملات تصنيع السكر او ازالة مواد عالقة كما يجري في ازالة الرواسب من الحليب قبل تعقيمه او فصل الشرش من كتل الجبن المتخثرة او فصل بعض الاجزاء الذي يتكون منها مادة غذائية كما في فرز الحليب لانتاج الكريم.

تشمل عمليات الفصل في مختلف الصناعات الغذائية:

1. الترسيب Sedimentation
2. الترشيح Filtration
3. الطرد المركزي Centrifugation
4. العصر الميكانيكي Mechanical expression
5. الترشيح العالي Ultra filtration

الترشيح Filtration

يمكن تعريف الترشيح Filtration بانه وحدة التصنيع التي يتم فيها فصل مادة صلبة من المادة السائلة وذلك بتمرير الاخير خلال غشاء مسامي يحبس الجسيمات الصلبة. حيث تسمى المادة التي تمر خلال الغشاء الراشح Filtrate والغشاء نفسه يشار اليه بوسط الترشيح Filter medium والمواد الصلبة المفصولة تعرف بكعكة المرشح Filter cake.

ويمكن احداث تدفق الراشح بواسطة الجاذبية فقط او باستعمال ضغط اعلى من الضغط الجوي (ترشيح الضغط) او باستعمال تفريغ (ترشيح التفريغ) او بقوة الطرد المركزي (ترشيح الطرد المركزي). الترشيح تحت تاثير الجاذبية محدود الاستعمال على العوالق التي تحتوي مواد صلبة حرة التصريف ولهذا النوع من الترشيح استخدام محدود جدا في صناعة الاغذية ولكن يستخدم في معاملة المياه وتصريف النفايات.

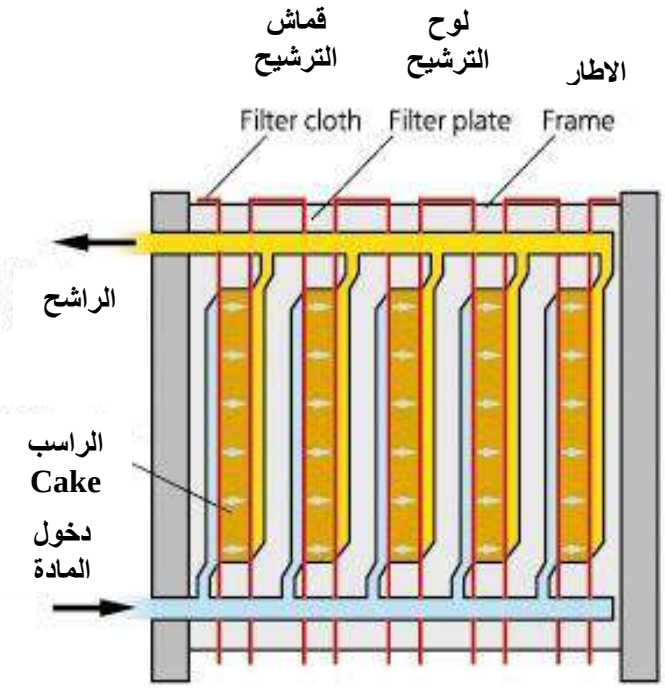
اجهزة الترشيح

أ. مرشحات الضغط Pressure filters

قيمة الضغط القصوى المستخدم في مرشحات الضغط هي في حدود 3-6 بار ولكن بعض المرشحات تعمل تحت ضغط اعلى بكثير. ومنها:

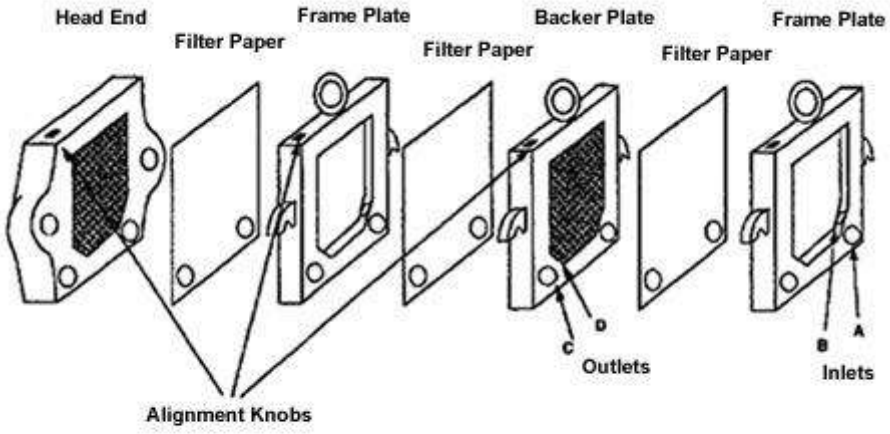
- مرشح اللوح والاطار Plate and frame filter

في هذا النوع من المرشحات تتبادل الواح بها مجار مغطاة على جانبيها ورق او قماش الترشيح مع اطارات في حامل. يمكن ضغط مجموعة الالواح والاطارات مع بعضها بواسطة لولب.



مرشح اللوح والاطار

وتزود كل من الالواح والاطارات بفتحات في احد الاركان.

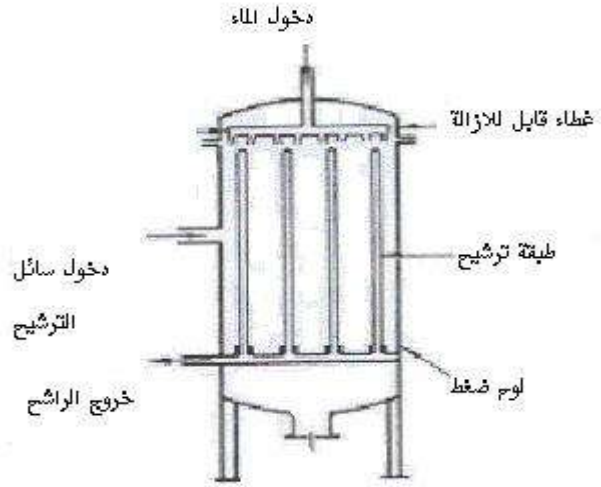


Expanded Assembly Diagram

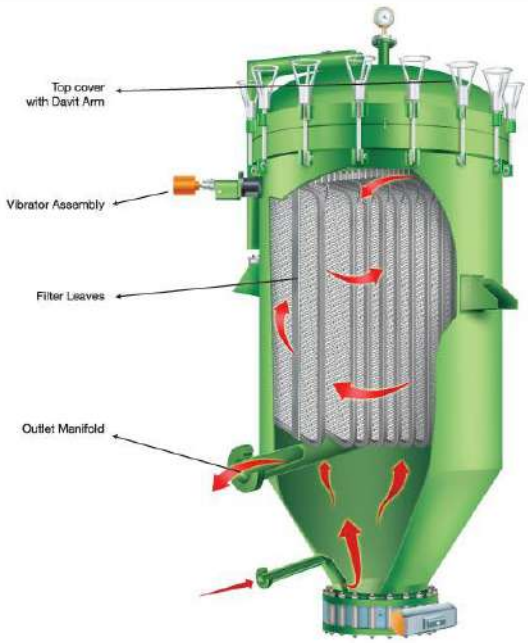
تزال الكعكة يدويا بعد فتح الجهاز. ولمرشح اللوح والاطار استخدامات واسعة في الصناعة. وهي مبسطة التصميم والتشغيل ومرنة ويمكن استخدامها لتداول انواع مختلفة من العوالق. وهي نسبيا رخيصة في البداية ولكن في الجانب الاخر تكاليف العمالة واستهلاك قماش الترشيح عال.

- مرشح الضغط نوع الاسطوانة والصفيحة الرقيقة Shell and leaf pressure filter

ولهذه المرشحات صفيحة ترشيح كعنصر الترشيح الاساسي. يمكن تعليق الصفيحة من اعلى او من اسفل او من المركز. تدخل المادة المراد ترشيحها تحت ضغط في الاسطوانة وتتراكم الكعكة على الاسطح الخارجية للصفائح. يمر الراشح خلال وسط الترشيح ويتم تصريفه في قناة الخروج. قد تكون الصفائح مستطيلة او دائرية الشكل. ويمكن ان تكون ثابتة او تدور ببطء حول محور افقي.

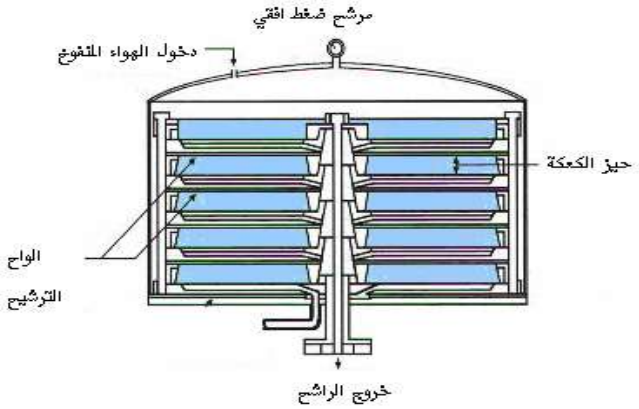


Vertical Pressure Leaf Filter



مرشح الضغط نوع الاسطوانة الراسي والصفائح (الرقائق) راسية

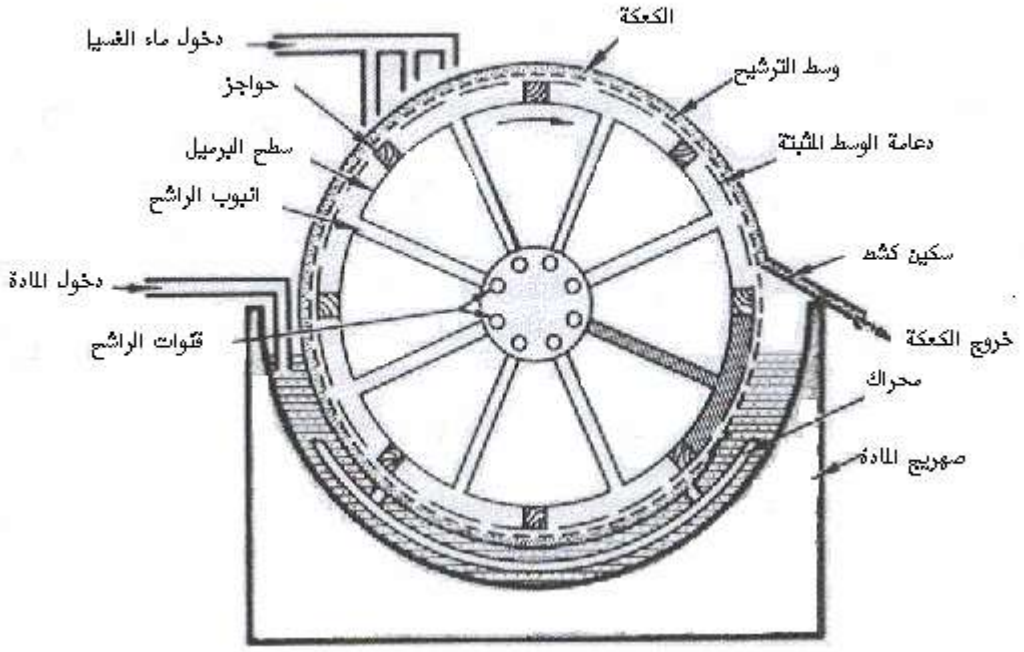
او يمكن ان تكون الصفائح (الرقائق) افقية في اسطوانة راسية



وهذه المرشحات مرنة واقتصادية في استخدام العمالة خاصة عندما يكون ممكنا تصريف الكعكة من الاسطوانة المغلقة. ومن الجانب الاخر فان الكعكة المتكونة ليست جافة بمستوى المرشحات الاخرى ويمكن ان يحدث تراكم غير متناسق للكعكة وتكاليف راس المال لها اعلى من مرشحات اللوح والاطار. ولا تتعدى الضغوط المستخدمة مع هذه المرشحات 5 بار.

2. مرشحات التفريغ Vacuum filters

وفي مرشحات التفريغ تتم المحافظة على ضغط اقل من الضغط الجوي في جانب الراشح وضغط جوي في الجانب المادة المراد ترشيحها. ومن مرشحات التفريغ هي مرشحات التفريغ المستمرة نوع البرميل الدوار Continuous rotary drum vacuum filter. وهذا يتكون من برميل اسطواني يدور حول محور افقي.



مرشح التفريغ نوع البرميل الدوار

يغمر البرميل جزئيا في صهريج المادة المراد ترشيحها المفتوح. يغطي وسط الترشيح السطح الكلي للبرميل ويسند بواسطة الواح مثقبة او شبكات معدنية. يدور البرميل عند سرعات في حدود 0.1-2 دورة في الدقيقة. يتدفق الراشح خلال الوسط ثم يخرج خلال انبوب التصريف الى مستقبل الراشح بواسطة صمام. تزال الكعكة بواسطة سكين الكشط.
ومن مزايا مرشحات التفريغ نوع البرميل الدوار هي انخفاض تكلفة العمالة. والسعة الكبيرة بالنسبة للمساحة التي تحتلها ومرونتها من ناحية سمك الكعكة. ومن ناحية اخرى فان راس المال المستثمر في الاجهزة واجهزة التفريغ عال نسبيا وهي لا تناسب ترشيح المواد الساخنة او المواد الطيارة.

3. الفصل الغشائي Membrane separation

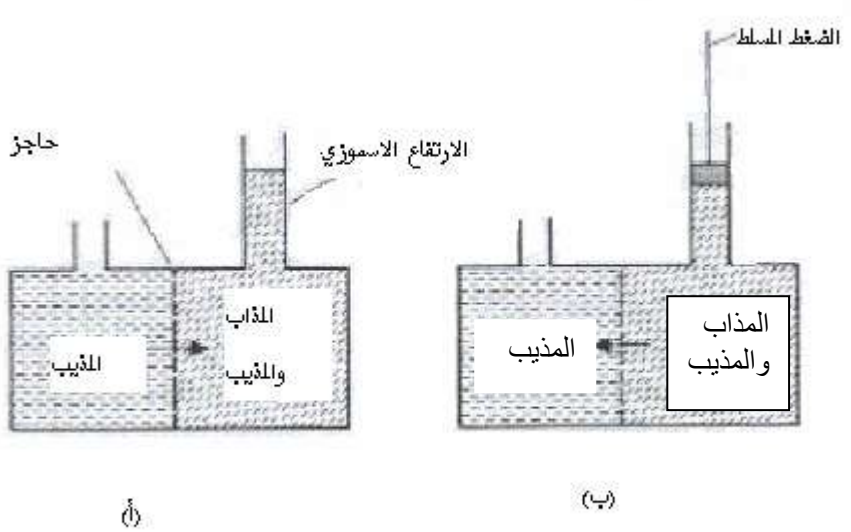
ومنها الترشيح الغشائي فائق الدقة والانتشار الغشائي المعاكس Ulrafiltration and reverse osmosis. وهذه تقنيات فصل غشائي تنشط بالضغط وفيها يتم فصل مواد ذات اوزان جزئية مختلفة من المحلول. والفرق الاساسي بين الترشيح الغشائي فائق الدقة والانتشار الغشائي المعاكس يكمن في الضغط المطلوب لاحداث الفصل ونتيجة لهذا في اختلاف تكاليف الاجهزة.

- الترشيح الغشائي فائق الدقة Ulrafiltration

يعتد حجم المسامات المطلوب للترشيح فائق الدقة على حجم الجسيمات المفصولة وتتوفر انواع من الاغشية في حدود 0.1 ميكروميتر ويطلق عليها المرشحات الدقيقة Microfilters. ويهتم الترشيح الغشائي فائق الدقة بفصل الجزيئات الكبيرة ذات الوزن الجزيئي العالي من الجزيئات الصغيرة ذات الوزن الجزيئي المنخفض.

- الانتشار الغشائي المعاكس Reverse osmosis (RO)

عندما تكون جزيئات او ايونات الذائب في محلول ذات حجم مقارب لجزيئات المذيب واذا كانت ميكانيكية الفصل هي ببساطة ترشيح في الثغور الدقيقة, فانه يتوقع انتقال العينات ذات الحجم المتشابه عبر الغشاء دون ان تفصل. ولكن هذه ليست الحالة مع بعض الاغشية. وفي محاولة لايجاد طرق جديدة لتحلية مياه البحر وجد بعض العلماء ان ايونات الذائب لا تتدفق عبر بعض الاغشية المتناسقة الرقيقة المصنوعة من خلات السليلوز التجاري ذات درجات متفاوتة من الاستلة وعندما تكون تحت ضغوط 50-100 بار تسمح بنفاذ جزيئات الماء وتمنع بدرجة كبيرة مرور ايونات الصوديوم وايونات الكلوريد. وتم بذلك التخلص من حوالي 99 % من الملح. بما ان معدل نفاذية الماء بطيئة بدرجة لا تسمح بالاستغلال التجاري لتلية مياه البحر. وبذلك تم تطوير اغشية مناسبة تسمح بمعدلات نفاذية عالية. وفي عمليات الفصل الغشائي يقوم الانتشار الغشائي المعاكس بفصل الجزيئات المختلفة ذات الوزن الجزيئي المنخفض وذات حجم مقارن مع حجم جزيئات الماء.
من مزايا الفصل الغشائي هو دون حدوث تغير في الطور وبهذا تكون احتياجات الطاقة اقل من تلك في عمليات التركيز التقليدية. فمثلا احتياجات الطاقة لتبخير الماء حوالي 25 كيلو واط/م^3 بينما احتياجات الانتشار الغشائي المعاكس هي فقط حوالي عشر هذه الكمية. تشمل المزايا الاخرى لهذه التقنية عدم وجود ضرر حراري نظرا لانه لا يحتاج لتسخين وليس هناك خطر لفقدان النكهة.



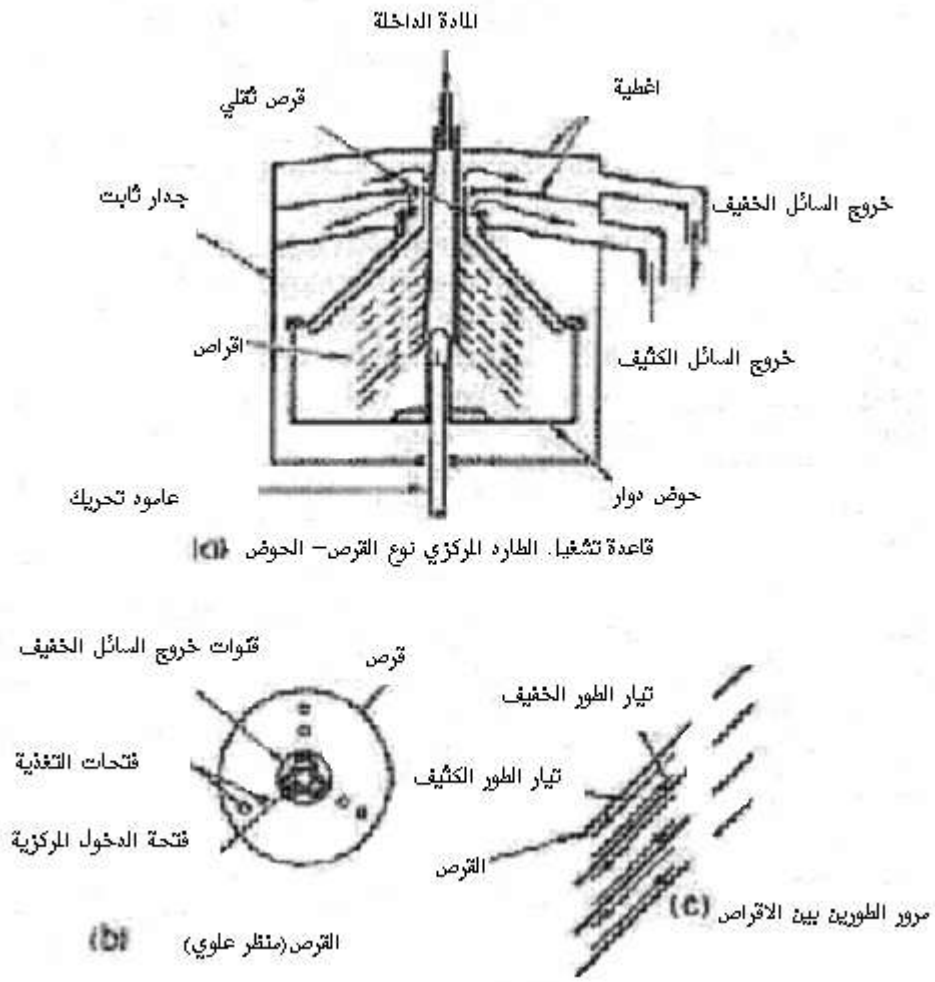
أ. انتشار غشائي طبيعي ب. لنتشار غشائي معاكس

<u>الفصل بالطرد المركزي Centrifugation separation</u>

- اجهزة فصل السائل-السائل بالطرد المركزي

1. الطارد المركزي نوع القرص-الحوض Disk-bowl centrifuge

يحتوي هذا النوع من اجهزة الطرد المركزي على حوض اسطواني واسع يدور نسبيا بسرعة معتدلة في اطار ثابت. يحرك الحوض عادة من اسفل. وتدخل عادة المادة المراد فصلها من اعلى الى اسفل الحوض خلال انبوب موضوع مركزيا. يحتوي الحوض على عدد من المخاريط المعدنية المتقاربة تسمى اقراص تدور مع الحوض وموضوعة الواحدة فوق الاخر وبخلوص مناسب بينها.



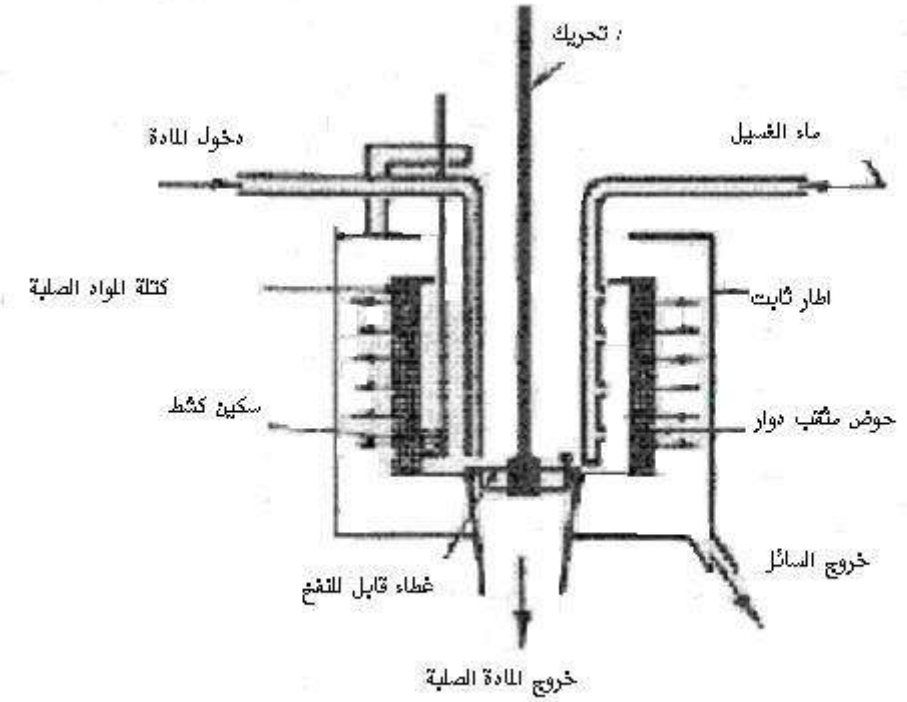
الطرد المركزي نوع القرص-الحوض

وللاقراص فتحة واحدة او اكثر من الفتحات المتطابقة والتي تكون قنوات تتدفق خلالها المادة. وتحت تاثير قوة الطرد المركزي يتدفق الطور الكثيف الذي يتحرك نحو الحائط اسفل السطح السفلي للاقراص بينما يتدفق الطور الخفيف والذي يزاح نحو المركز اعلى الاسطح العلوية للاقراص. وتتراوح اقطار الحوض من 20-100 سم والمسافة بين الاقراص من 0.5-1.3 ملم. ينتج حوض نموذجي قطره 30 سم ويدور بسرعة 6400 دورة في الدقيقة وبقوة تكافيء 7000 قوة الجاذبية الارضية.

وجدت اجهزة الفصل نوع القرص-الحوض تطبيقا واسعا في صناعة الالبان لفصل القشدة من الحليب وفي تكرير الدهون النباتية وعصائر الخضراوات وزيوت الاسماك وزيوت الحمضيات.

2. مرشح الطرد المركزي على دفعات Batch filtering centrifugals

تعلق السلة المعدنية الاسطوانية ذات الحائط المثقب من نهاية عمود راسي. ويبطن وسط ترشيح (ورق او قماش) الحائط الداخلي للسلة. في دورة السلة تدخل المادة اثناء دوران السلة بسرعة معتدلة ثم تسارع السلة ويتم الترشيح خلال كعكة المواد الصلبة التي تتكون على حائط الحوض. وتقطع الكعكة بواسطة سكين وتزال خلال فتحة في ارضية السلة. يغسل وسط الترشيح وتعاد الدورة. يتراوح قطر الحوض عادة من 75-120 سم وعمقها من 45-75 سم وتدور بسرعة حتى حوالي 2000 دورة في الدقيقة. زمن الدوران يتراوح من 3-30 دقيقة.



مرشح الطرد المركزي على دفعات

يستخدم الطارد المركزي المرشح بكثرة في تكرير السكر لاسترداد وغسيل وتجفيف بلورات السكر واستخدام ايضا لاستخلاص عصائر الفاكهة والخضراوات ولاسترداد بروتينات الخضراوات ولفصل النشأ من عالق البطاطا وفي عمليات التركيز.

العصر الميكانيكي Mechanical expression

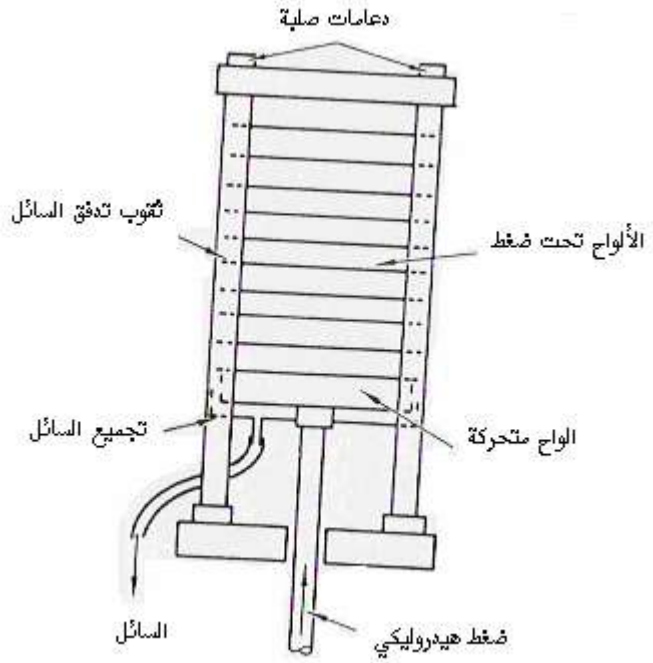
يستعمل الضغط في العديد من الحالات لاجراء عملية فصل بعض السوائل التي تحويها الفواكه والخضراوات او البذور ويطلق على هذه العملية عملية العصر الميكانيكي.

1. العصر بواسطة الضغط الهيدروليكي Hydraulic pressing

هناك ثلاث انواع من اجهزة الضغط الهيدروليكي :

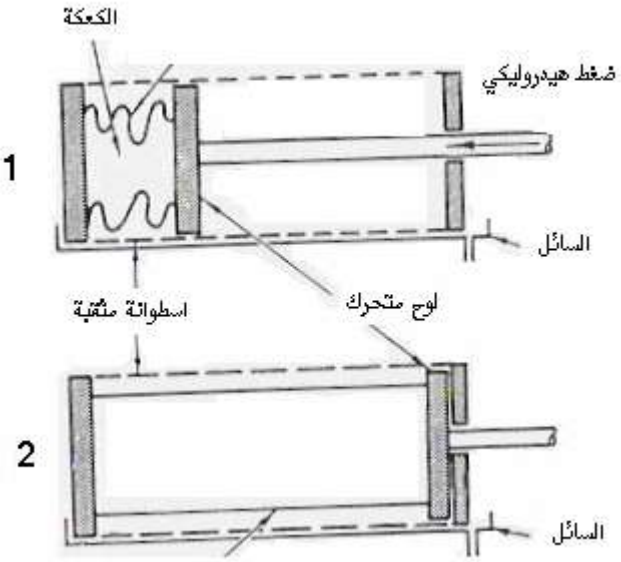
أ. جهاز الضغط بالالواح Plate press

ويتم وضع اللب المراد عصره في قماش ترشيح قطني ثم يوضع بين الواح ضغط بها مجار ومرصوصة على اعمدة راسية. يتم الضغط الهيدروليكي على الالواح بضغوط تعادل 310-620 بار. من عيوب هذا النوع انه يتم على دفعات وهذا يتطلب استخدام عمالة عالية للملء والضغط والفتح والتنظيف.



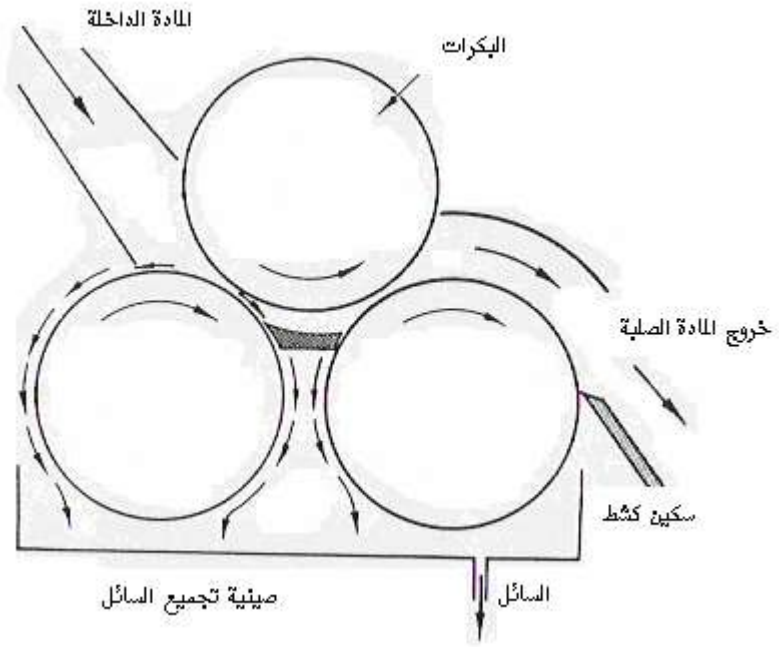
جهاز الضغط بالالواح

ب. جهاز ضغط بالقفص Cage press
يوجد بداخل اسطوانة ذات ثقوب دقيقة لوح للضغط الداخلي يمكن تحريكه للامام وللخلف هيدروليكيا. يمر السائل المستخلص من خلال الثقوب.



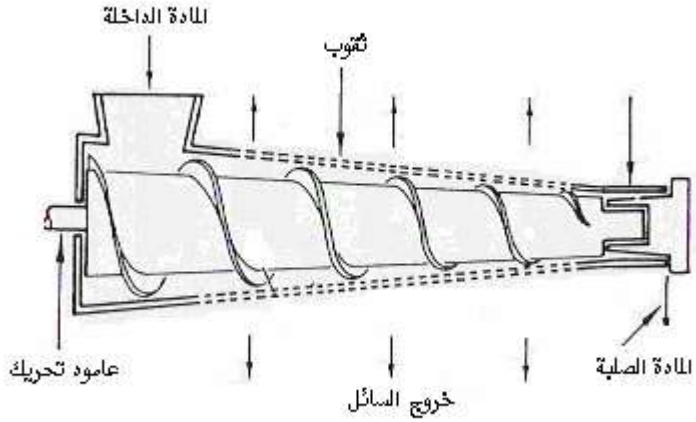
جهاز الضغط بالقفص

ج. جهاز الضغط بالبكرات Roller press
وتستخدم في هذه الاجهزة قوة الضغط وذلك بضغط اللب بين بكرات ثقيلة وتوجد مجار على سطح هذه البكرات لتسمح بخروج السائل وتوجيه مروره.



جهاز الضغط بالبكرات المستمر

د. جهاز الضغط باللولب Screw press
هذه الوحدة مشهورة في استخلاص الزيوت وهي عبارة عن اسطوانة يدور بداخلها لولب يتناقص قطرها تدريجيا.



جهاز الضغط باللولب المستمر

تمر المادة الغذائية في المساحة المتناقصة ايضا بينهما ويزداد بذلك الضغط عليها. ويمر السائل الذي يتم عصره من خلال ثقوب على جدار الاسطوانة.

د. ثامر

اجهزة البسترة والتعقيم

Pasteurization and sterilization equipments

البسترة

هدف عملية البسترة القضاء على كل الكائنات المرضية ومعظم الكائنات المسببة للفساد. وتعتبر البسترة من المعاملات الحرارية الشائعة الاستخدام مع الالبان ومنتجات الالبان. هناك هدفان من عملية البسترة:

1. جعل المادة المبسترة امنة للاستهلاك البشري بتدمير كل الكائنات المسببة للمرض.
2. تحسين جودة حفظ المادة المبسترةوذلك بتدمير بعض الانزيمات غير المرغوبة وكثير من البكتريا المسببة للفساد.

تتفاوت درجة حرارة البسترة وفتراتها المستخدمة في كثير من الدول وهي يمكن ان تكون في حالة الحليب:

1. درجة حرارة 63 ^{5}م لفترة لا تقل عن 30 دقيقة
2. درجة حرارة 72 ^{5}م لفترة لا تقل عن 16 ثانية

وفي حالة منتجات الحليب المجمد (مثل الايس كريم او الحليب الثلجي)

1. درجة حرارة 69 ^{5}م لفترة لا تقل عن 30 دقيقة
2. درجة حرارة 80 ^{5}م لفترة لا تقل عن 25 ثانية
3. درجة حرارة 83 ^{5}م لفترة لا تقل عن 16 ثانية

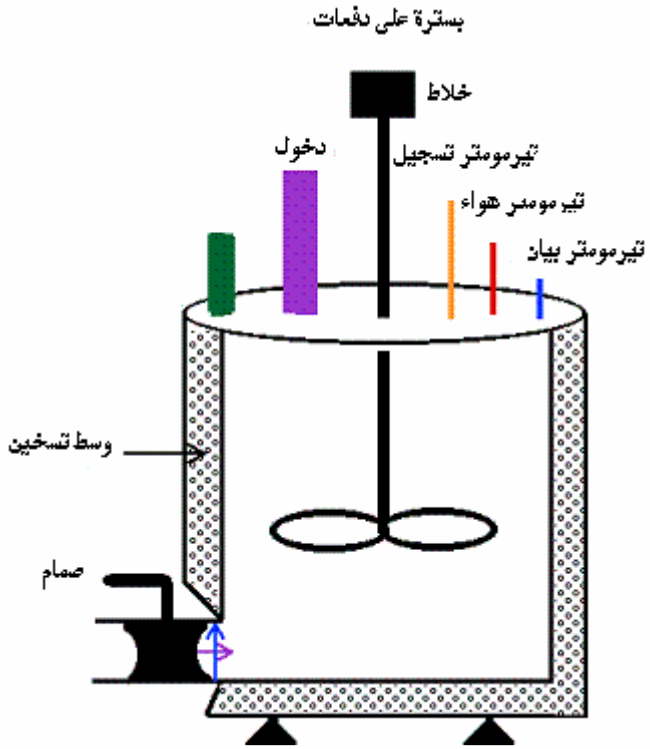
وفي حالة منتجات اساسها الحليب (القشدة وحليب الشوكلاتة)

1. درجة حرارة 66 ^{5}م لفترة لا تقل عن 30 دقيقة
2. درجة حرارة 75 ^{5}م لفترة لا تقل عن 16 ثانية

وفي كل الحالات يتم التبريد بسرعة لدرجة حرارة تقريبا 4 ^{5}م.

انواع اجهزة البسترة

أ. اجهـزة البسـترة علـى دفعـات Batch pasteurizing equipment وهي عبارة عن وعاء مزدوج الجدار ويحتوي على خلاط . يمر الماء الحار المستخدم في التسخين بين جدارين وتستمر عملية التسخين حتى تحقيق التسخين الكافي ثم يبدأ بتمرير الماء البارد بين الجدارين.

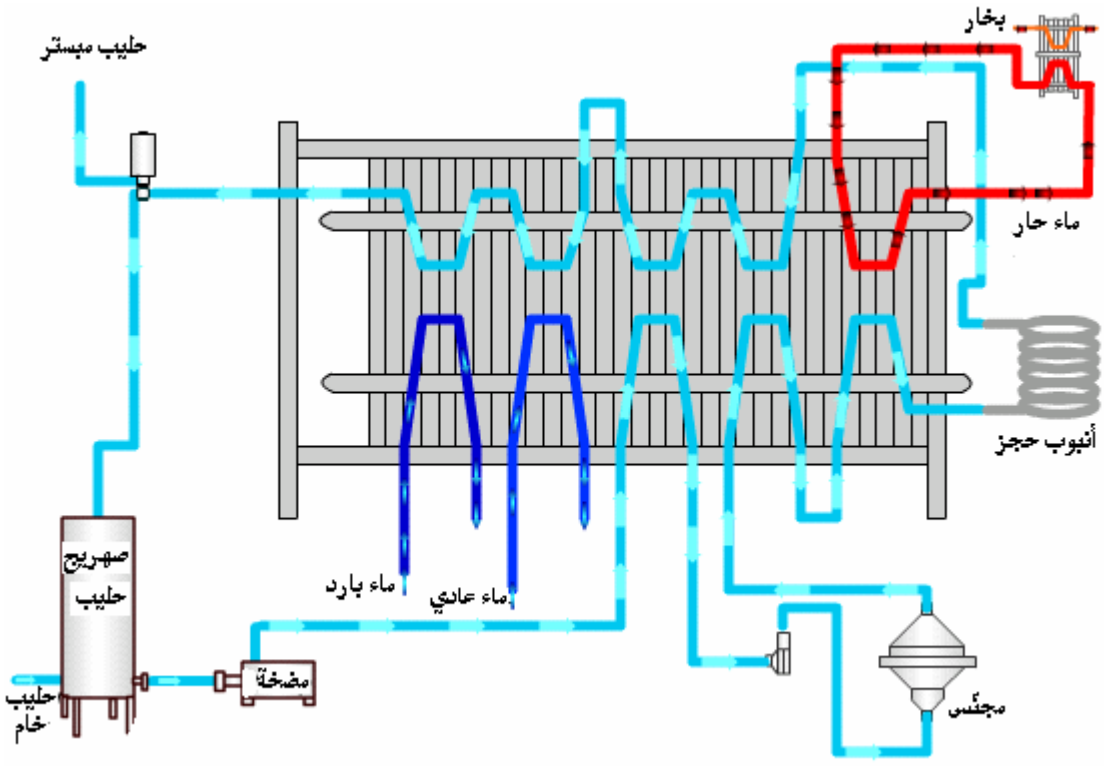


مخطط لجهاز بسترة على دفعات

ب. اجهزة البسترة المستمرة Continuous pasteurizing equipment

المبادل الحراري ذو الصفائح Plate heat exchanger

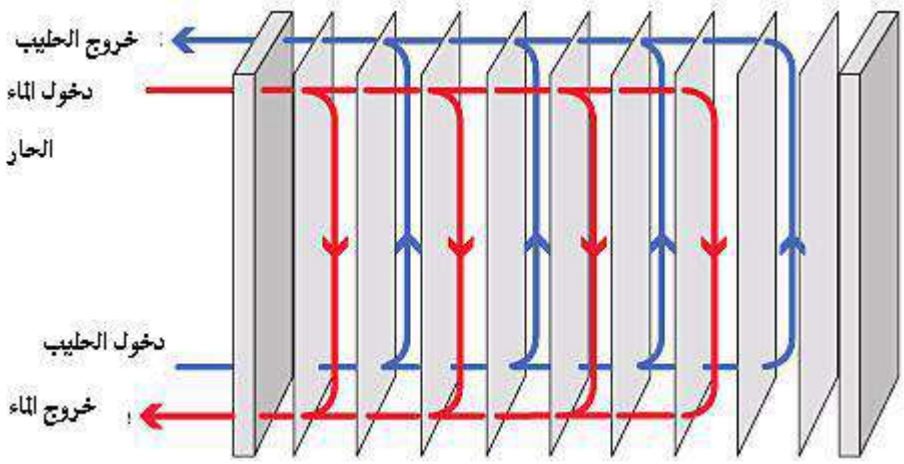
جهاز بسترة ذو الصفائح



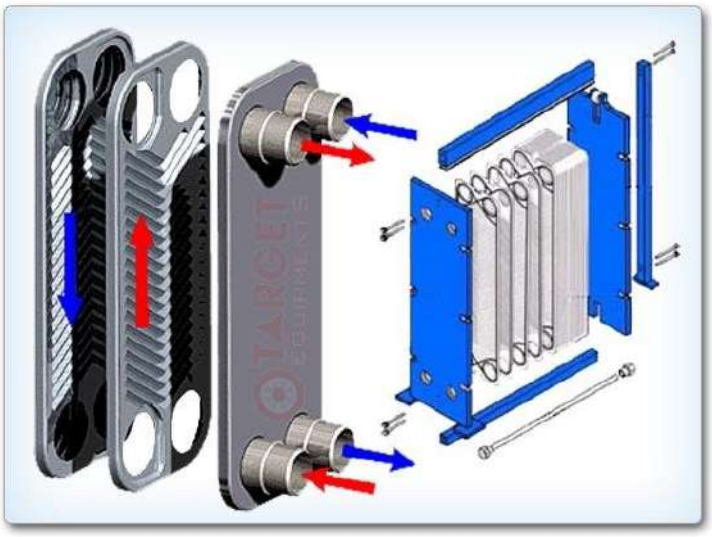
مخطط لجهاز بسترة مستمر

تتكون كل اجزاء جهاز البسترة الملامسة للمادة الغذائية من الصلب الذي لا يصدأ Stainless steel وهي كالاتي:

1. صهريج Tank المادة الخام ذو العوامة: وتضخ اليه المادة المراد بسترتها مثل الحليب الخام من صهريج استقبال ذو العوامة الحليب حيث يحفظ عند درجة حرارة 4 ^{5}م.
2. مضخة الطرد المركزي Centrifugal pump : وهذه المضخة تقوم بضخ الحليب من الصهريج الى التسخين في جهاز المبادل الحراري نوع الالواح ويلاحظ انها مصنوعة من الصلب الذي لا يصدأ بالكامل لانها تلامس المادة الغذائية. يتم التحكم في معدل تدفق الحليب بواسطة صمام تحكم في معدل التدفق للحليب في الانبوب الموصول بين مضخة الطرد المركزي للحليب وجزء التسخين في البادل الحراري.
3. المبادل الحراري نوع الالواح Plate heat exchanger: وهو من الالواح الراسية ويوجد بينها بالتبادل المادة الغذائية ووسط التبادل الحراري كما في الشكل:



مخطط لمبادل حراري نوع الالواح



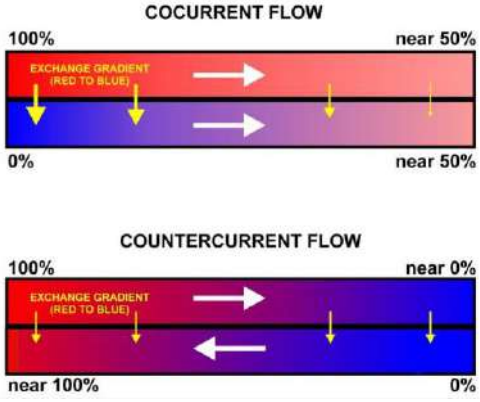
وهو مكون من ثلاثة اقسام هي:

- قسم التسخين Heating section : حيث يسخن الحليب بالتبادل مع الماء الحار الى درجة حرارة البسترة. ويتم تسخين الماء في صهريج الماء الحار بواسطة البخار.
- قسم التبريد الاولي Primary cooling section : وفيه يتم تبريد الحليب الذي تمت البسترة الى درجة حرارة البسترة في قسم التسخين والذي تم حجزه لفترة البسترة في انبوب الحجز بواسطة الماء العادي.
- قسم التبريد الثاني Secondary cooling section : وفيه يتم تبريد الحليب الى درجة حرارة البسترة الثانية وهي 4 ^{5}م بواسطة المحلول الملحي (المحلول الملحي المستخدم هو بروبيلن جيليكول).

4. انبوب الحجز Holding tube: وفيه يتم حجز الحليب عند درجة حرارة البسترة في لحظة خروجه من قسم التسخين في المبادل الحراري الى لحظة دخول قسم التبريد الاولي. ويلعب طول انبوب الحجز وهو ثابت ومعدل تدفق الحليب دور في التحكم في فترة البسترة والتي عادة تكون 16 ثانية عند درجة حرارة بسترة تعادل 72 ^{5}م.
5. لوحة التشغيل.

المبادل الحراري الانبوبي Tubular heat exchanger

لا يستخدم عادة هذا النوع من المبادلات الحرارية في المعامل الغذائية ولكنها شائعة الاستعمال في المحطات الكهربائية والمفاعلات النووية. اما في الصناعات الغذائية كعملية بسترة الحليب والعصائر. لهذا تعتمد فكرة المبادل الحراري الأساسية على مرور وسطين سائل وسائل أو سائل وغاز أو غاز وغاز داخل أنابيب أو ألواح بحيث يكون كل وسط بمعزلٍ عن الآخر، وتتم مبادلة الحرارة من خلال جدار المبادل الحرارى وبما لا يسمح باختلاط الوسطين. وللمبادلات الحرارية طرق مختلفة منها المتوازي والمعكوس ولكل واحدٍ غرضٍ للوصولِ إلى عملية التبادل الحراري.



التعقيم Sterilization

وهي عادة تتم عند درجة حرارة 100 ^{5}م او اكثر لانتاج منتوج مقبول من الناحية الميكروبولوجية . وهذا لايعني عدم الوجود التام للكائنات الحية الدقيقة. التعبير الافضل هو التعقيم التجاري Commercial sterilization الذي يمكن ان يعرف بانه التصنيع الحراري المصمم لقتل تقريبا كل الكائنات الدقيقة والجراثيم والتي ان وجدت تكون قادرة على النمو في الغذاء تحت ظروف تخزين محددة. اي ان عمليات التعقيم التي يوصى بها غير مصممة لقتل كل الكائنات في الاغذية المعلبة.

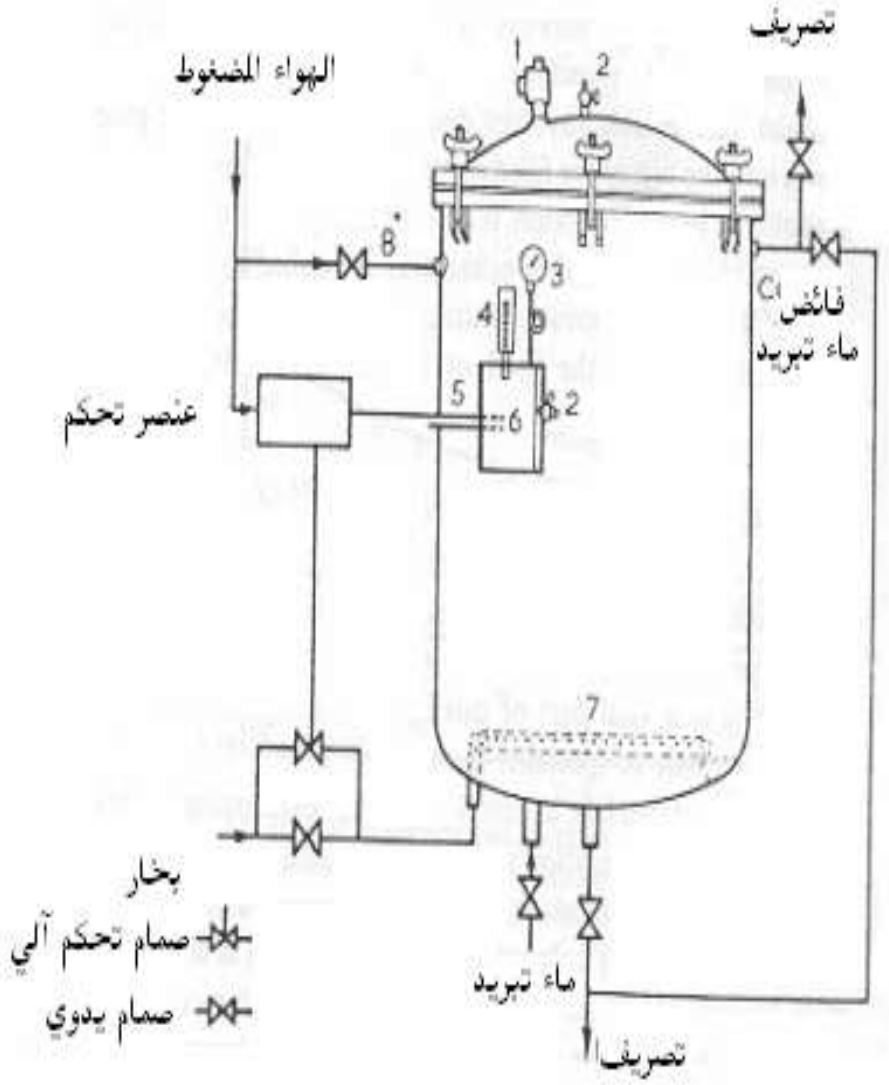
انواع اجهزة التعقيم

يتم تعقيم المواد الغذائية في انواع مختلفة من المعقمات وهي يمكن ان تكون :

1. المعقم الراسي على دفعات
2. المعقم الافقي على دفعات
3. المعقم الدوار
4. المعقم المستمر

المعقم الراسي على دفعات

الشكل التالي يوضح صورة للمعقم الراسي :



مخطط تفصيلي لمعقم راسي ساكن

1. صمام امان 2. اقفال للمحافظة على خروج الهواء من المعقم اثناء التصنيع 3. مقياس الضغط 4. ثيرموميتر 5. عنصر الاحساس لجهاز التحكم 6. الصندوق الحراري 7. موزع البخار 8. مدخل الهواء المضغوط للتبريد.

يدخل البخار الى المعقم من خلال موزع للبخار. يستخدم الهواء المضغوط اثناء التبريد لمعادلة ضغط خارج الاوعية مع الضغط داخلها وخاصة مع الاوعية مثل:

1. العلب الكبيرة 2. الزجاج 3. العبوات المرنة

تقوم صمامات تصريف الهواء بتصريف الهواء اثناء دورة تصريف الهواء وتقفل بعد ذلك. تقوم صمامات تصريف وعاء التعقيم باخراج ماء التبريد والبخار المكثف.

خطوات تشغيل معقم الدفعات

1. يتم تحضير مادة غذائية مثلا بازلاء او فاصوليا في محلول ملحي في علب مناسبة ثم يتم قفل العلب بماكنة القفل المزدوج.
2. توضع العلب في السلات وتدخل السلات الى داخل المعقم.
3. يتم قفل غطاء المعقم باحكام
4. يتم تصريف الهواء من المعقم. اذا وجد الهواء داخل المعقم فان درجة الحرارة داخل المعقم عند ضغط معين ستكون اقل مما يمكن الحصول عليه لو كان البخار غير مخلوط بالهواء (درجة الحرارة التي تناظر الضغط من جداول البخار). ووجود الهواء يسبب مشاكل منها:
   أ- وجود مناطق باردة في المعقم.
   ب- خليط الهواء يكون انتقال الحرارة فيه ضعيف.
   ج- يقلل الهواء نفاذ الحرارة الى العلب ويمكن ان يسارع في التآكل الخارجي.
5. عندما يكمل التصريف يتم قفل صمام التصريف ويبدأ الضغط في الارتفاع. وعند الوصول الى درجة حرارة التعقيم يجب ان تتوافق حرارة مقياس الضغط مع درجة الحرارة.
6. يتم عادة تعقيم الاغذية عالية الحموضة (pH اقل من 4.5) عند ضغوط منخفضة حوالي 34 kPa . اما الاغذية منخفضة الحموضة (pH اكثر من 4.5) فيتم تعقيمها عند ضغوط 73-103 kPa .
7. يعرف الزمن من لحظة فتح البخار وحتى الوصول الى درجة حرارة التعقيم بزمن الوصول. والزمن من لحظة الوصول الى درجة حرارة التعقيم الى لحظة بداية التبريد يعرف بزمن المعاملة ويسمى ايضا زمن المشغّل.
8. عند بداية التبريد يتم فتح صمام الهواء المضغوط لمعادلة انخفاض الضغط نتيجة تكثف البخار داخل المعقم.

المعقم الافقي على دفعات

العملية التي تدار بها تشغيل المعقم الافقي هي نفسها للمعقم الراسي ولكن تعبأة المعقم الافقي بالسلات الحاملة للعلب تكون اسهل من مما هو عليه في المعقم الراسي حيث يتم حمل السلات على عربات خاصة وادخالها الى المعقم الافقي بسهولة بعكس مما في المعقم الراسي حيث يجب رفع السلات وادخالها في المعقم.

المعقم الدوار

يستخدم المعقم الدوار الدوران المحوري لتحريك حاويات العلب (السلات) . تحريك السلات داخ المعقم يزيد من فعالية التسخين ويقلل من المدة الزمنية للتعقيم وذلك بزيادة الانتقال الحراري الى المادة الغذائية المراد تعقيمها.

المعقم المستمر

تحتوي المعقمات المستمرة على ثلاث وحدات مكملة الواحدة للاخرى وهي وحدة التسخين الابتدائي ووحدة التعقيم ووحدة التبريد.

التبخير
Evaporation

التبخير هو الوحدة الحرارية المتكاملة التي يتم فيها خفض محتوى الماء من السوائل الغذائية للحصول على منتجات مركزة. يؤدي خفض محتوى الماء في الاغذية الى الثبات الميكروبي ويساعد على تقليل تكاليف النقل والتخزين ويعتبر تصنيع معجون الطمامة مثال لعملية التبخير حيث يتم عادة الحصول على ناتج محتوى المواد الصلبة في حدود 35-37 % عن طريق تبخير الماء من عصير الطماطة الذي يحتوي على مواد صلبة في حدود 5-6 % . يختلف التبخير عن التجفيف في ان المنتج النهائي من عملية التبخير في حالة سائلة.

يتكون المبخر اساسا من:

1. مبادل حراري لامداد الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة لتبخير المادة الغذائية.
2. حيز لفصل بخار الماء الناتج من السائل المركز.
3. مكثف لتكثيف بخار الماء وازالته من جهاز التبخير.

هناك خطر الضرر الحراري عند تركيز المواد الغذائية بالتبخير تحت الضغط الجوي ولهذا عادة ما يتم التبخير تحت ضغط منخفض (تفريغ). بسبب وجود التفريغ يغلي المنتج عند درجة حرارة منخفضة نسبيا وتقل بالتالي الخسائر الحرارية. يتكثف البخار داخل المبادل الحراري ومن ثم يطرد كناتج تكثيف.

اجهزة التبخير

تستخدم العديد من انواع المبخرات في الصناعات الغذائية نذكر منها:

1. مبخرات الدوران الطبيعي Natural circulation evaporators

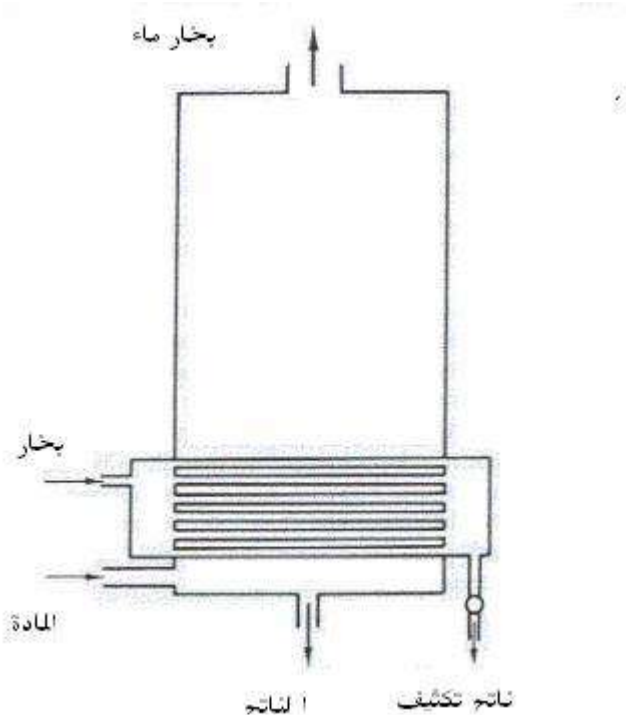
أ. مبخر الوعاء المفتوح Open pan evaporator

يعد من ابسط انواع المبخرات المستخدمة في الصناعات الغذائية وربما اقدمها. يسخن المنتج داخل وعاء نصف كروي مزدوج الجدار ويمر البخار بين الجدارين. ويكون وعاء التبخير مفتوحا للهواء الجوي او متصلا بمكثف وتفريغ. يسمح التفريغ بغليان السائل على درجة حرارة اقل من درجة غليانه عند الضغط الجوي وبالتالي لا يؤثر على المنتجات الحساسة للحرارة. تكون مساحة سطح انتقال الحرارة لوحدة حجم في هذا النوع من البخرات صغيرة وبالتالي يكون زمن مكوث المنتج عادة طويلة جدا. ويحدث تسخين المنتج نتيجة للحمل الطبيعي, مما يؤدي الى الحصول على قيمة منخفضة لمعامل انتقال الحرارة بالحمل.

يستخدم هذا النوع من البخرات في تركيز الطماطة والشوربات وفي تصنيع المربى والحلويات.

ب. مبخر الانابيب الافقية القصيرة Horizontal short tube evaporator

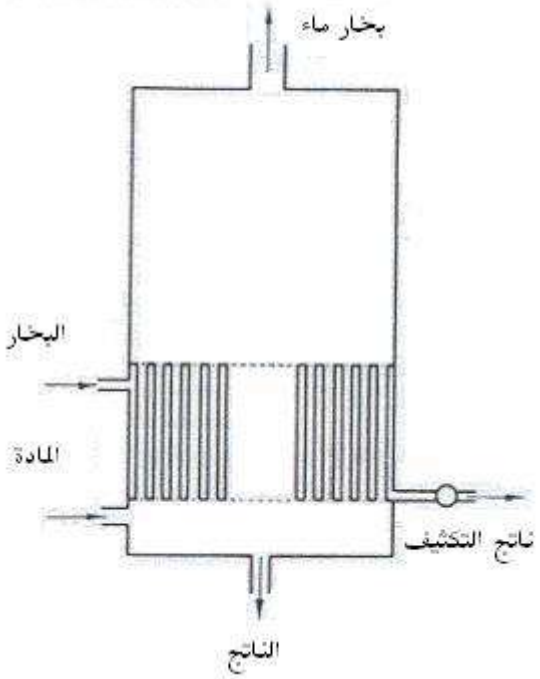
يوجد داخل المبخر عدد من الانابيب الافقية التي تسخن من الداخل بالبخار. من عيوب هذا الجهاز هو ان الانابيب الافقية تعيق دوران المادة الغذائية داخل المبخر ولهذا فان المعامل الكلي لانتقال الحرارة ضعيف.



مبخر الانابيب الافقية القصيرة

جـ. مبخر الانابيب الراسية القصيرة Vertical short tube evaporator

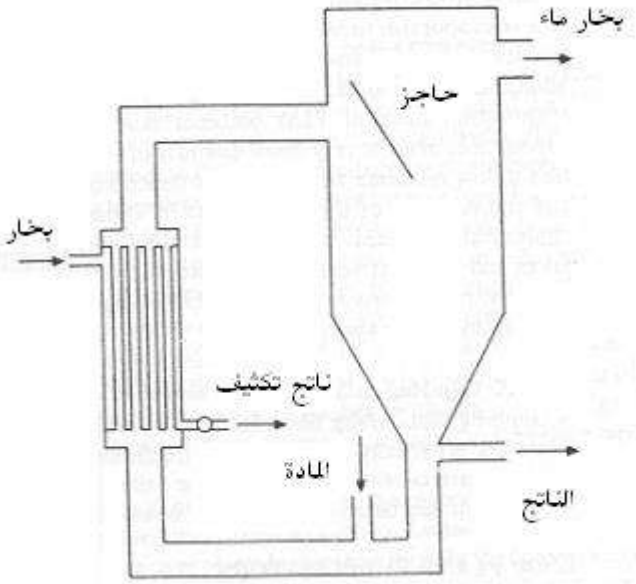
يرتفع المنتج عند تسخينه خلال الانابيب الراسية عن طريق الدوران الطبيعي بينما يتكثف البخار خارج الانابيب. طول الانابيب حوالي 0.5-2 م وقطرها 25-75 ملم. يجب ان تكون الانابيب مغطاة بالمادة الغذائية لتفادي تكون ترسبات صلبة عليها.



مبخر الانابيب الراسية القصيرة

د. مبخر الدوران الطبيعي ذو الانابيب الخارجية
Natural circulation evaporator with external calandria

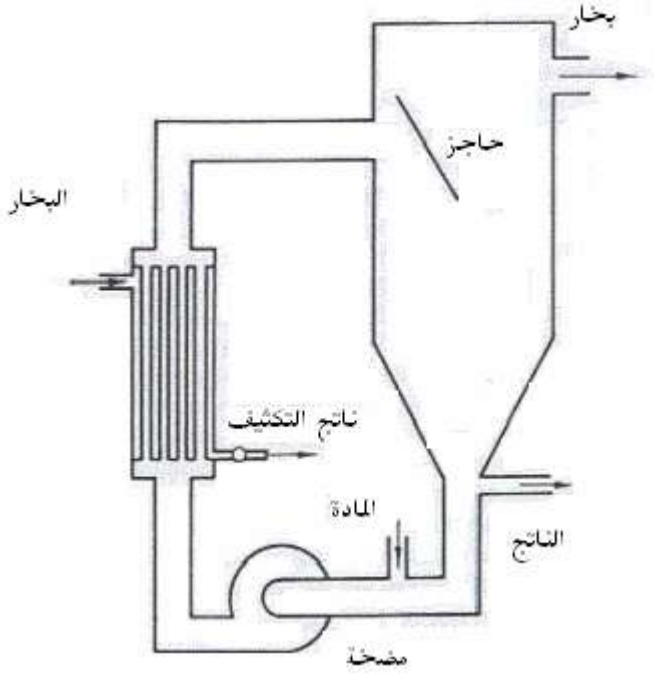
توجد الانابيب في هذا المبخر خارج جسم المبخر. يستخدم في تبخير الاغذية الحساسة للحرارة مثل الحليب ومستخلصات اللحوم وعصائر الفاكهة.



مبخر الدوران الطبيعي

2. مبخرات الدوران القسري Forced circulation evaporators

يتم عادة تشغيل المبخرات ذات الانابيب الخارجية بالدوران القسري. يمكن لهذه المبخرات تركيز السوائل اللزجة. تستخدم مضخات الطرد المركزي مع السوائل ذات اللزوجة المنخفضة ويمكن استخدام مضخات الازاحة الايجابية ومضخات الترس مع المواد ذات اللزوجة العالية.

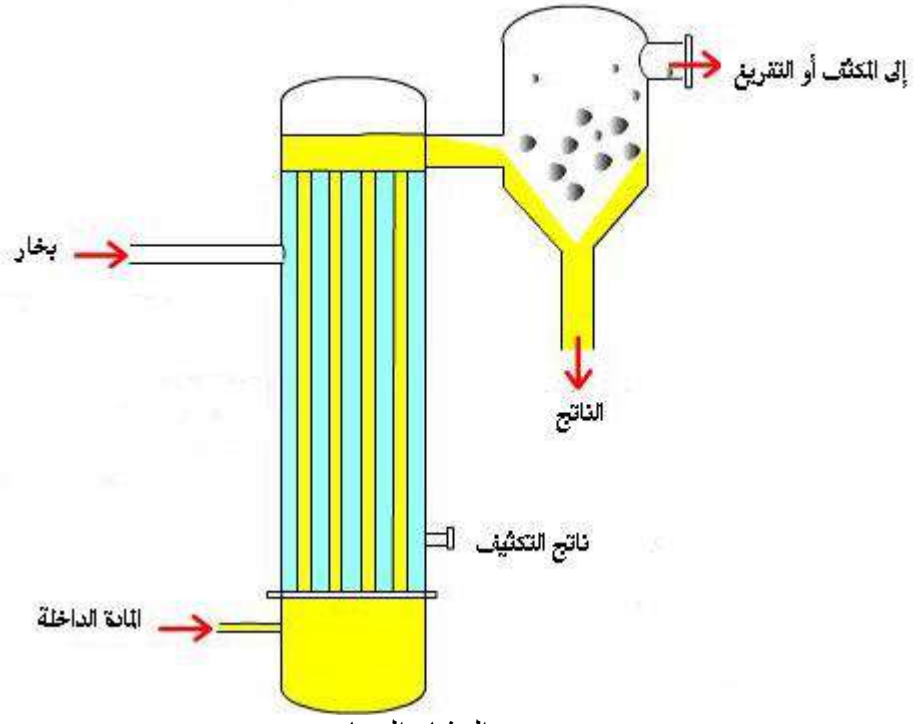


3. المبخرات طويلة الانابيب Long tube evaporators

يمكن اعتبار هذه المبخرات مبادلات حرارية ذات انابيب راسية.

أ. مبخر الغشاء الصاعد Climbing film evaporator

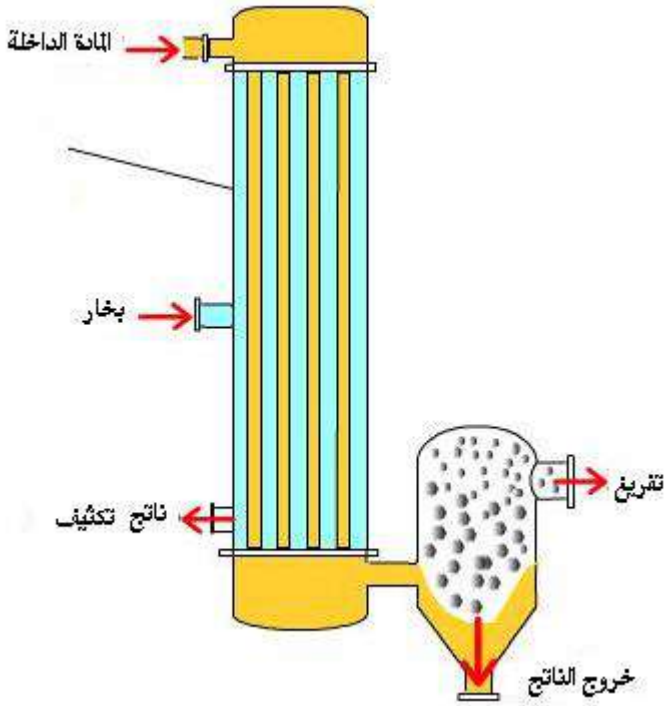
المبخرات من هذا النوع لها انابيب طولها 3-12 م وقطرها 25-50 ملم . يسخن السائل الى قرب نقطة الغليان ثم يدخل الى اسفل المبخر ويبدأ الغليان بعد مسافة قصيرة اثناء ارتفاعه الى الاعلى. يؤدي تمدد السائل اثناء الغليان الى ارتفاع فقاعات بخار الماء اعلى الانابيب. ويقوم بخار الماء بحمل غشاء رقيق من المادة الغذائية التي يزداد تركيزها اثناء ارتفاعها على جدران الانابيب. يمر الخليط الى جهاز يفصل بخار الماء. فترة بقاء المادة الغذائية قصيرة في منطقة التسخين وهناك قيم عالية للمعامل الكلي لانتقال الحرارة مما يجعل هذا النوع من المبخرات مناسب للمواد الحساسة للحرارة.



مبخر الغشاء الصاعد

ب. مبخر الغشاء الهابط Falling film evaporator

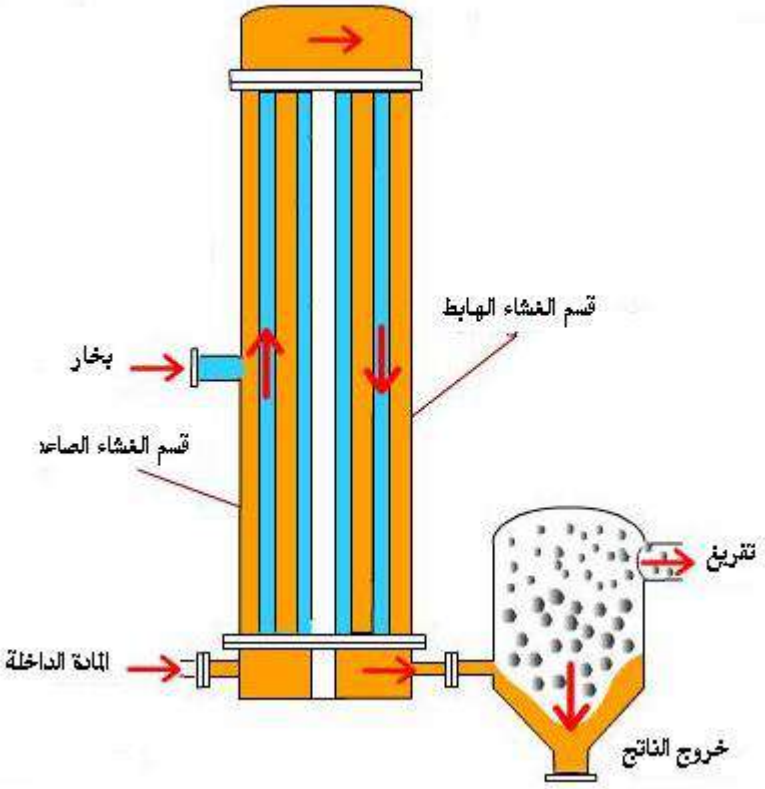
هذا النوع مشابه لمبخر الغشاء الصاعد ولكن في هذه الحالة يضخ الغذاء السائل المسخن الى اعلى الانابيب التي قد يصل طولها الى 15 م . يوزع السائل على الانابيب بحيث يتدفق الى اسفل على السطح الداخلي للاسطح الساخنة في صورة غشاء رقيق يغلي. يمكن ان يتم التبخير عند درجات غليان منخفضة وفترة بقاء المادة الغذائية قصيرة (10-30 ثانية) اعتمادا على طول الانابيب ولزوجة المادة المركزة. هذه الاجهزة ممتازة لتركيز المواد الحساسة وتستخدم مع عصائر الفواكه وفي مجال تركيز الالبان.



مبخر الغشاء الهابط

جـ. مبخر الغشاء الصاعد/الهابط Climbing-falling film evaporator

يركز المنتج في هذا النوع من المبخرات بواسطة دورانه خلال جانب الغشاء الصاعد ثم يتبعه دورانه خلال جانب الغشاء الهابط من المبخر. اي يسخن المنتج اولا عندا يرتفع خلال انابيب الرفع ثم يتبع ذلك تبخير المنتج خلال جانب الغشاء الهابط وبالتالي يصل تركيزه النهائي.



مبخر الغشاء الصاعد/الهابط

حسابات الحرارة اللازمة للتكثيف

مثال:

اوجد كمية البخار اللازم لتكثيف 12000 كغم من الحليب في قدر مفتوح بنسبة 3 : 1 على فرض ان درجة حرارة الحليب الداخل هو 10 ^{5}م وان درجة حرارة المبخر 100 ^{5}م وان كل كغم بخار يعطي 554.4 كيلوسعرة وان الحرارة النوعية للحليب هي 0.93 كيلوسعرة/كغم.^{5}م.

الحل:

الحرارة اللازمة = الحرارة المحسوسة + الحرارة الكامنة للتبخر
الحرارة المحسوسة = 12000 x 0.93 (100 – 10) = 1004400
الحرارة الكامنة للتبخر:-

كمية الماء المتبخر = 12000/4 x 3 = 9000 كغم ماء

الحرارة الكامنة للتبخر = 9000 x 538 = 4842000
الحرارة اللازمة = 1004400+ 4842000= 5846400
الحرارة المتوفرة في كغم واحد من البخار = 554.4 كيلوسعرة

مقدار البخار اللازم = 5846400/ 554.4 = 10545.5كغم.

تجفيف الاغذية

Food dehydration

ان انخفاض المحتوى المائي لاي مادة غذائية يؤدي الى ارتفاع المواد الصلبة الذائبة بها وبالتالي تتكون بيئة اقل ملائمة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة والحشرات والانزيمات. فمثلا تؤدي زيادة تركيز المواد الصلبة الى 70 % او اكثر في المادة الغذائية الى امكانية حفظها معلبة بعد معاملتها معاملة حرارية بسيطة ويتم تركيز العصائر والحليب بالتبخير كذلك اعتبار التبخير لبعض المواد الغذائية الاخرى مرحلة ابتدائية لاتمام عملية التجفيف وذلك عن طريق خفض المحتوى الرطوبي للمادة الى ادنى حد ممكن.

المحتوى الرطوبي Moisture Content

يعبر عادة عن المحتوى الرطوبي للمادة على اساس الوزن الجاف ويعرف بانه نسبة وزن الماء بالمادة (W_m) الى الوزن الجاف للمادة (W_d) ويمكن حساب المحتوى الرطوبي على اساس الوزن الجاف (M_d) من المعادلة الاتية:

$$M_d = 100\ (W_m/W_d)$$

وتستخدم هذه المعادلة وهذا التعريف في الغالب مع الحبوب او المواد التي تكون فيها نسبة المواد الصلبة كبيرة كذلك يمكن حساب المحتوى الرطوبي على اساس الوزن الرطب (M_w) باستخدام المعادلة الاتية:

$$M_w = 100\ (W_m/W_t)$$

$$W_t = W_m + W_d$$

W_t = الوزن الكلي للمادة

$$M_w = 100 \times W_m/(W_m + W_d)$$

وتستخدم هذه المعادلة غالبا مع السوائل والخضر والفواكه واللحم.

مثال

اوجد كمية الرطوبة الواجب ازالتها في تجفيف واحد طن من الحبوب من 25 % رطوبة الى 14 % رطوبة على اساس الوزن الرطب.

$M_w = 25\ \%$

$W_t = 1000\ kg$

$M_{m1} = W_{m1}/W_t$

$25/100 = W_{m1}/1000$

$W_{m1} = 250\ kg$

$W_d = W_t - W_{m1} = 1000 - 250 = 750\ kg$

$M_{m2} = W_{m2}/W_{t2}$

$W_{t2} = W_{m2} + W_d$

$14/100 = W_{m2}/(W_{m2} + W_d)$

$14/100 = W_{m2}/(W_{m2} + 750)$

$W_{m2} = 122$ kg

وزن الرطوبة المزالة (M_r) هي:

$M_r = 250 – 122 = 128$ kg

<u>خواص الهواء</u> Air properties

للهواء بعض الخصائص التي تستخدم كدليل وكمقياس لمقدرته على حمل الرطوبة وبالتالي تحديد كمية الهواء اللازمة لتجفيف وزن معين من المنتج الزراعي وحساب زمن التجفيف, ومن هذه الخصائص ما يلي:

1. درجة الحرارة الجافة (T_d) Dry Bulb temperature والرطبة (T_w) Wet bulb Temperature.

درجة الحرارة الرطبة هي درجة حرارة الهواء عند تشبعه بالرطوبة. ودرجة الحرارة الجافة هي درجة حرارة الهواء العادية.

2. الرطوبة المطلقة Absolute Humidity

وهي وزن الرطوبة الموجودة في وحدة الاوزان من الهواء الجاف وهي تبقى ثابتة مع عملية تسخين او تبريد الهواء.

3. ضغط بخار الهواء (P_v) Water vapour pressure

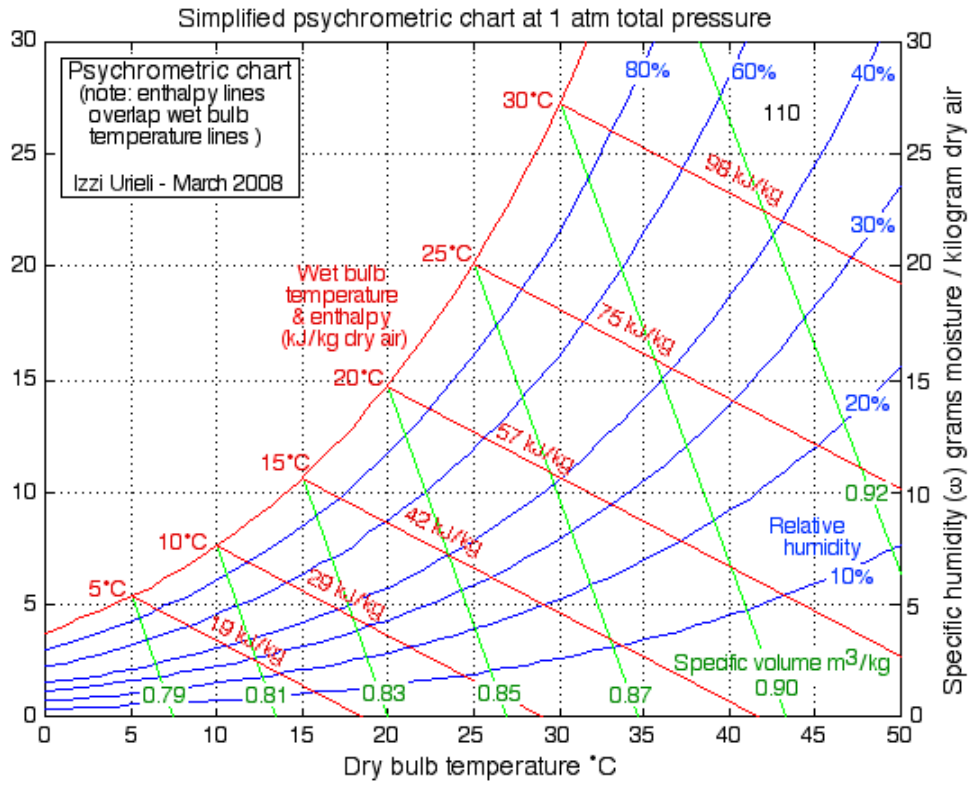
وهو الضغط الجزئي للبخار في الهواء ويصل الى ضغط التشبع عندما يتشبع الهواء كله بالرطوبة وعند ارتفاع درجة حرارة الهواء يزداد الضغط المشبع له.

4. الرطوبة النسبية (H_r) Relative humidity

وهي عبارة عن النسبة المؤية لضغط بخار الهواء (P_v) الى الضغط المشبع (P_s) عند نفس درجة الحرارة, اي ان:

$H_r = P_v/P_s \times 100$

وعند تسخين الهواء تنخفض رطوبته النسبية وتبقى رطوبته المطلقة ثابتة. هذا وقد تم تجميع خصائص الهواء هذه في شكل منحنيات مجموعة هذه المنحنيات تسمى بالمنحنيات السيكرومترية.



التجفيف الادياباتيكي Adiabatic drying

وهي ان كمية الحرارة التي يحملها الهواء عند دخوله على المادة الرطبة تعادل كمية الحرارة التي يحملها الهواء عند خروجه.

مثال

يستخدم هواء جوي درجة حرارته 22 ^{o}C ورطوبته النسبية 60 % بعد تسخينه الى 70 ^{o}C لتجفيف 5 طن برسيم من محتوى رطوبي 80 % (على اساس الوزن الرطب) الى 12 % (على اساس الوزن الجاف) بحيث يخرج هواء التجفيف برطوبة نسبية 90 % , على افتراض ان التجفيف اديباتيكي فاحسب حجم الهواء اللازم لاتمام عملية التجفيف واذا كانت سعة المروحة (fan capacity) المستخدمة 700 m^3/min واحسب الزمن اللازم لعملية التجفيف.

الحل

اولا :تحسب كمية الماء اللازمة ازالتها من البرسيم كما يلي:

1. قبل التجفيف (الوزن الرطب) (W_{m1})

$W_t = W_{m1} + W_d = 5000$ kg

$M_w = (W_{m1}/W_t) \times 100$

$80 = (W_{m1}/5000) \times 100$

$W_{m1} = 4000$ kg water

الوزن الجاف قبل التجفيف (W_d)

$W_t = W_{m1} + W_d = 5000$

$W_d = 5000 - 4000 = 1000$ kg

2. بعد التجفيف فان الوزن الرطب للمادة الجافة (W_{m2})

$M_d = (W_{m2}/W_d) \times 100$

$12 = (W_{m2}/1000) \times 100$

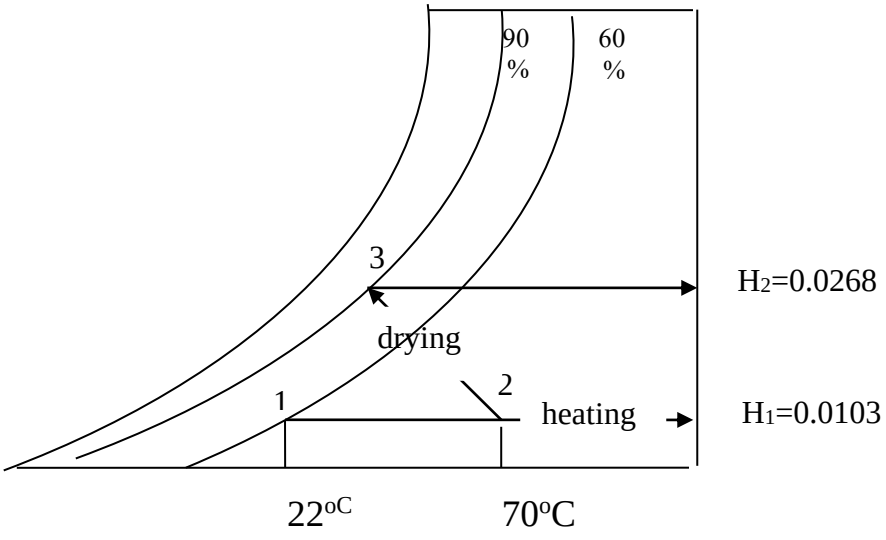
$W_{m2} = 120$ kg water

وزن الماء اللازم ازالته (W_w)

$4000 - 120 = 3800$ kg

ثانيا: تحسب كمية الماء التي يحملها واحد كغم هواء اثناء التجفيف وذلك باستخدام الخريطة السايكرومترية كما يلي:

1. تحدد نقطة دخول الهواء الى المروحة على الخريطة باستخدام خواص الهواء (درجة الحرارة والرطوبة النسبية) ولتكن النقطة 1 كما في الشكل التالي, ويتم تعيين هذه النقطة (1) بتقاطع الخط الراسي لدرجة حرارة دخول الهواء (22 ^oC) مع منحني الرطوبة النسبية للهواء الداخل (60 %)



2. عند تسخين الهواء تبقى رطوبته المطلقة ثابتة وترتفع درجة حرارته الى 70 ^oC عند النقطة (2) ويمكن تحديد هذه النقطة برسم خط افقي من نقطة 1 وحتى يتقاطع مع الخط الراسي الممثل لدرجة الحرارة 70 ^oC
3. على فرض ان التجفيف اديباتيكي فان التغيير في خواص الهواء خلال التجفيف يتبع خط التجفيف الاديباتيكي مبتدأ من النقطة 2 وحتى النقطة 3 والتي تحدد بتقاطع خط التجفيف الاديباتيكي مع منحني الرطوبة النسبية 90 %.
4. بتحدد النقط الثلاث (3, 2, 1) يمكن قراءة الرطوبة المطلقة للهواء الداخل الى المجفف H_1 كما يمكن قراءة الرطوبة المطلقة للهوا الخارج من المجفف H_2 وذلك عند خط افقي خلال النقطة 3 ليقطع المحور الراسي في H_2 ومن الخريطة يتضح أن:

$H_1 = 0.0103$ kg water/kg air

$H_2 = 0.0268$ kg water/kg air

اذن وزن الرطوبة التي يحملها واحد كغم هواء خلال المجفف (W_c)

$W_c = H_2 - H_1 = 0.0268 - 0.0103 = 0.0165$ kg water/ kg air

ثالثا: يحسب الزمن اللازم لانجاز عملية التجفيف كما يلي:

1. يحسب وزن الهواء اللازم لعملية التجفيف (W_a)

$W_a = W_w/W_c = 3880/0.0165 = 235151.52$ kg air

2. يحسب حجم الهواء اللازم لعملية التجفيف (V_a)

يقرأ الحجم الرطب للهواء (V_w) مباشرة من الخريطة السيكروترية عند النقطة 1 وهو يساوي 0.849 m^3/kg وعلى ذلك يكون حجم الهواء الذي يلزم لعملية التجفيف (V_a)

$V_a = W_a \times V_w = 235151 \times 0.849 = 199643.64\ m^3$

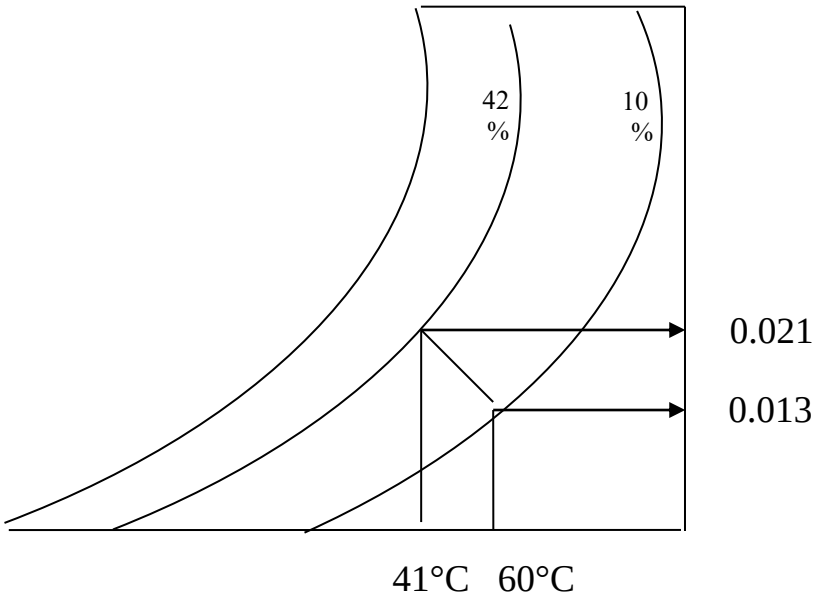
3. الزمن اللازم لعملية التجفيف t

$t = V_a/$fan capacity $= 199643.64/700 = 285.2$ min $= 4.75$ hr.

<u>مثال</u>

هواء عند درجة حرارة 60 ^{0}م ورطوبة نسبية 10 % استعمل في تجفيف شرائح الجزر بمعدل 20 كغم هواء جاف/ثانية. اذا كان معدل تبخر الرطوبة من الجزر 0.16 كغم/ثانية احسب درجة الحرارة والرطوبة النسبية لهواء التجفيف الخارج باستعمال الخريطة السايكومترية.

من الخريطة السايكومترية عند درجة حرارة ورطوبة نسبية 10 % فان الرطوبة المطلقة = 0.013



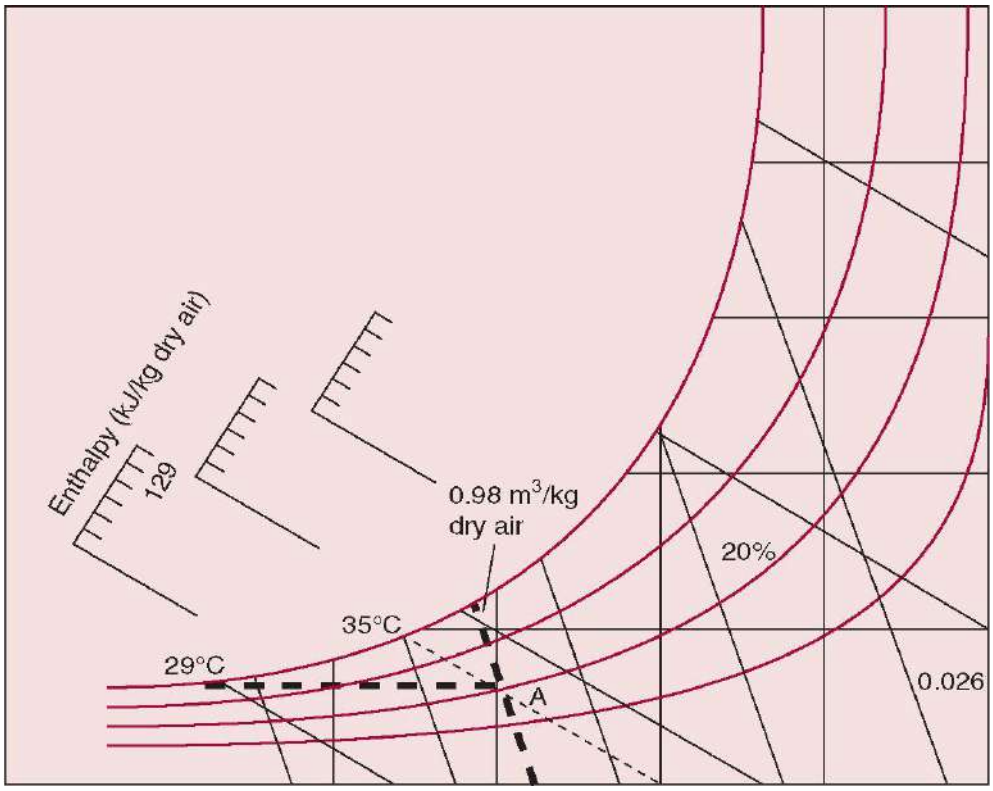
الرطوبة المضافة الى هواء التجفيف = 0.16 كغم رطوبة / 20 كغم هواء جاف
= 0.008 كغم رطوبة/كغم هواء جاف
اذن الرطوبة المطلقة لهواء التجفيف الخارج = 0.013 + 0.008 = 0.021 كغم/كغم

وباستعمال الخريطة السايكومترية فان خط الرطوبة المطلقة 0.021 سوف سيتقاطع مع خط درجة الحرارة الرطبة عند الرطوبة النسبية 42 % ودرجة الحرارة 41 ^{0}م.

مثال: خليط من الهواء والبخار عند درجة حرارة جافة 60 ^{o}C ودرجة حرارة رطبة 35 ^{o}C .
استخدم الخريطة السايكروميترية وقدر الرطوبة النسبية والرطوبة المطلقة والحجم النوعي للهواء الجاف والانثالبي ودرجة حرارة نقطة الندى.

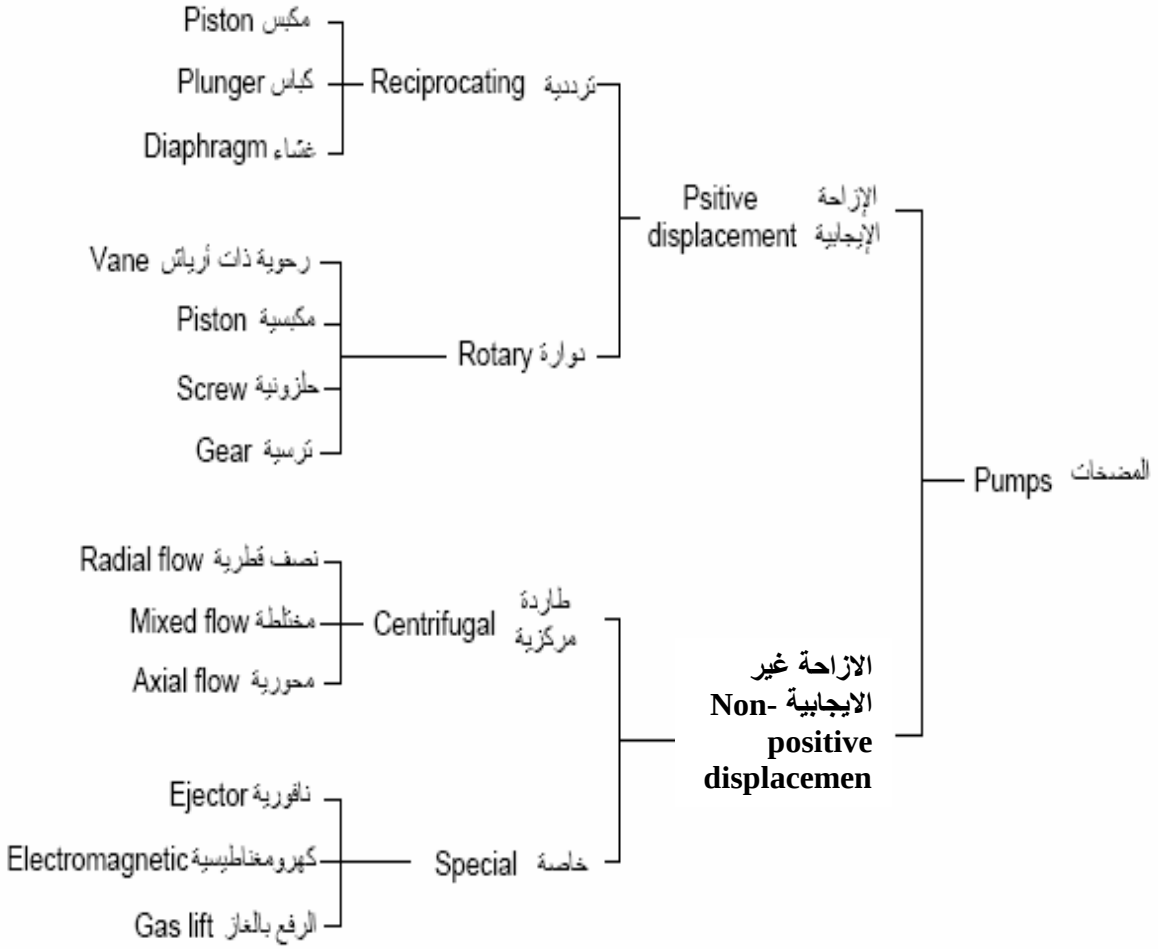
Solution

1. From the two given independent property values, identify a point on the psychrometric chart. As shown in the skeleton chart (Fig. E9.2), the following steps illustrate the procedure.
2. Location of point A: Move up on the 60°C dry bulb line until it intersects with the 35°C wet bulb temperature line.
3. Relative humidity: Read the relative humidity curve passing through A; <f> = 20%.
4. Specific humidity: Move horizontally to the right of the ordinate to read W = 0.026 kg water/kg dry air.
5. Enthalpy: Move left on the oblique line for constant enthalpy (same as constant wet bulb temperature) to read H_w = 129kJ/kg dry air.
6. Specific volume: By interpolation between specific volume lines, read V'_m = 0.98 m^3/kg dry air.


Enthalpy (kJ/kg dry air)
129
0.98 m³/kg
dry air
20%
35°C
29°C
A
0.026

المضخات Pumps

هناك طرق مختلفة لتحريك الموائع مثل قاذفات البخار والماء وكذلك نتيجة لتاثير الجاذبية الارضية والحمل الطبيعي. ومن الاجهزة الميكانيكية التي تهتم كثيرا بنقل الموائع والغازات هي المضخات حيث تستخدم في رفع ودفع السوائل من مستوى الى اخر. وتعمل كما هو الحال في المراوح والضواغط والتي تستخدم لدفع الموائع، إلا مضخات التفريغ. وتنقسم المضخات كما في المخطط التالي:



مضخات الازاحة الايجابية Positive displacement pumps

وهذه المضخات تؤثر بشكل مباشر على حجم محدد من المائع لدفعه الى ضغط اعلى وبالتالي لا يمكن التحكم بمعدل السريان عن طريق صمام على خط السحب. ويتم توليد ضغوط عالية جدا في هذا النوع من المضخات كما انها تتعامل مع موائع ذات لزوجة عالية جدا. وتنقل المضخة المائع على دفعات متقطعة الى تجويف المضخة ويجبر على الخروج من خط الطرد. ويحسب معدل التصريف الحجمي بعدد الدفعات المنقولة في وحدة الزمن وبالتالي فان معدل التصريف يعتمد اعتمادا كليا على السرعة الدورانية او الترددية للمضخة. ومن المشاكل التي تعاني منها هذه المضخات الاهتزازات العالية والضوضاء.

- **المضخات الترددية Reciprocating pumps**

1. **المضخات المكبسية piston pump** ومنها احادية الدفع وثنائية الدفع. وتتكون المضخة المكبسية من اسطوانة يتحرك بداخلها مكبس يتحرك الى الاعلى والاسفل. هناك صمامان وهما صمام السحب وصمام الدفع. عندما يفتح صمام السحب يتسرب السائل الى داخل الاسطوانة ويكون صمام الدفع مغلق, وعند تحرك المكبس الى الامام يغلق صمام السحب ويفتح صمام الدفع الموجود في جهة خروج السائل Discharge فتدفع المادة السائلة الى الخارج وتستمر العملية. مقدار ما يضخه هذا النوع من المضخات يعتمد على حجم الاسطوانة وطول الضربة وعدد حركات المكبس في الدقيقة وكفاءة المضخة الحجمية. وتتميز هذه المضخات بضخ كميات متجانسة من المائع ولكن بشكل متقطع ولكن يمكن تقليل من الجريان المتقطع وذلك باستعمال اكثر من مكبس. ومن مميزاتها ايضا هو انها لا تحتاج الى ملء بالسائل عند تشغيلها.
يتم حساب كمية الضخ في المضخات المكبسية باستعمال العلاقة الاتية:

$$\text{مقدار الضخ (لتر/دقيقة) (Q)} = \frac{A \cdot L \cdot N \cdot E}{1000 \cdot 100}$$

A= مساحة المكبس ($سم^2$)
L= طول الضربة (سم)
N= عدد الضربات في الدقيقة
E= الكفاءة الحجمية (%)

مثال:
اوجد مقدار الضخ (لتر في الدقيقة) لمضخة مكبسية تحوي مكبس واحد وتعمل بمعدل 110 ضربة في الدقيقة ولها كفاءة حجمية مقدارها 90% وان قطر اسطوانة المكبس يبلغ 5 سم وان طول الضربة 10 سم.

الحل:
باستعمال المعادلة السابقة:
مساحة المكبس (A) = $(5)^2$ x 0.7854 $سم^2$
طول الضربة (L) = 10 سم
عدد الضربات (N) = 110
الكفاءة الحجمية (E) = 90 %

$$Q = \frac{90 \text{ x } 110\text{x } 10 \text{ x } [\ 0.7854 \text{ x } (5)^2\ ]}{1000 \text{ x } 100}$$

= 19.44 لتر/دقيقة

- **القدرة الحصانية المائية Water horsepower**

مقدار القدرة المستعملة لتحريك الماء ولا تتضمن اي فقدان في قدرة المحرك والمضخة ويمكن حسابها كالاتي:

$$\text{Water Hp} = \frac{W \cdot H}{4573.2}$$

Water Hp = القدرة الحصانية المائية
W = معدل جريان السائل (كغم/دقيقة)

- **القدرة الحصانية المكبحية (للبدء) Brake horsepower**

القدرة التي تسلط على المضخة من المحرك وهذه تشمل الفقدان المسبب عن كفاءة المضخة الحجمية (Ep) وهي القدرة المستعملة في تحريك الماء داخل المضخة (water Hp) مقسوما على كفاءة المضخة وتحسب كالاتي:

$$\text{Brake Hp} = \frac{W \cdot H}{4573.2 \times Ep} = \frac{\text{القدرة الحصانية المائية}}{\text{كفاءة المضخة}}$$

- **القدرة الحصانية للمحرك Motor horsepower**

وتحسب كما في العلاقة التالية :

$$\text{القدرة الحصانية للمحرك} = \frac{\text{القدرة الحصانية المكبحية}}{\text{كفاءة المحرك (Em)}}$$

الفقدان في الانابيب والملحقات Losses in pipelines and fittings

نتيجة لحركة السائل داخل الانابيب يحصل فقدان في الضغط نتيجة لعوامل عديدة منها: طول الانبوب (L) وقطره (D) وسرعة جريان السائل (v) وحالة سطح الانبوب (الخشونة Roughness) ومقدار اللزوجة (μ) وكمية الماء داخل المضخة ورقم رينولد Reynolds No. (Re) ولحساب مقدار هذا الفقد تستعمل جداول خاصة لتحديد مقدار الفقد بالاجزاء المختلفة من نظام الضخ. يمكن حساب مقدار الفقد بسبب الاحتكاك باستعمال المعادلة التية:

$$h_l = \frac{f.(L + L_e)}{D} \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

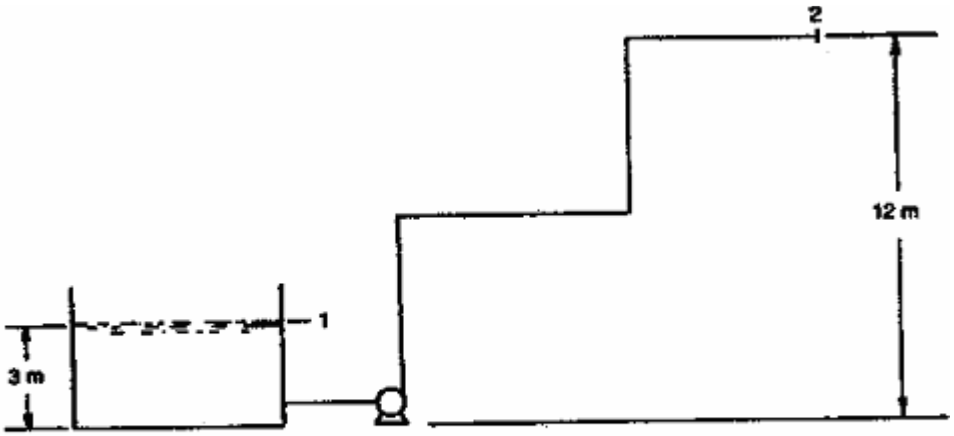
h_1 = الفقد نتيجة الاحتكاك (m)
f = معامل الاحتكاك
g = التعجيل الارضي
L_e = الطول المكافيء لنوع الوصلات fittings
v = سرعة المائع

قيم L_e المكافئة لوصلات الانابيب

عكس 90^5	32 متر
عكس 45^5	15 متر
حرف T (من الرئيسي الى الفرع)	20 متر
حرف T (من الفرع الى الرئيسي)	75 متر

مثال:

في مصنع اغذية, محلول السكروز كثافته النسبية 1.081 ولزوجته 1.9 cp عند درجة حرارة 20^5 يضخ من خزان كبير مفتوح بمعدل 60 لتر/دقيقة خلال انبوب من الحديد المغلون الى مستوى اعلى. الانبوبة طولها 30 متر وقطرها 26.65 ملم وتحتوي على 3 عكوس (نوع 90^5). اذا كان منسوب الماء الخارج 12 متر فوق سطح الارض احسب قدرة المضخة على اعتبار ان كفاءة المضخة هي 50 % ومعامل الاحتكاك بين المحلول والانبوب 0.0088 .



الحل:

كثافة المحلول السكري = $\rho = s.g. \times \rho_w = 1.081 \times 1000 = 1081\ kg/m^3$

لزوجة المحلول الديناميكية = $\mu = \frac{1.9}{1000} = 0.0019\ Pa.s$

مساحة الانبوب = $A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \times 0.02665^2 = 0.000558\ m^2$

السرعة تساوي = $v = \frac{Q}{A} = \frac{\left(\frac{60}{1000 \times 60}\right)}{0.000558} = 1.79\ m/s$

$$h_l = \frac{f.(L + L_e)}{D}\left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

الفقد نتيجة الاحتكاك بوجود العكوس تعادل بطول مكافيء وحسب ما موجود في الجدول اعلاه فان الطول الكافيء للعكس 90^5 هو 32 متر لكل عكس.

$$h_l = \frac{f.(L + L_e)}{D}\left(\frac{v^2}{2g}\right) = 0.0088 \times \frac{30 + (3x32)}{0.02665}\left(\frac{1.79^2}{2 \times 9.81}\right) = 6.794 \text{ m}$$

Total tube length (h_p) = 12 + 6.79 = 18.79 m

وبالتالي فان قدرة المضخة تساوي :

$$P_{theoretical} = \rho g Q h_p$$

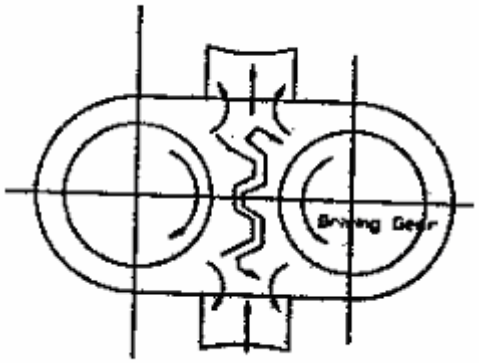
$$P_{theoretical} = 1081 \times 9.81 \times \frac{60}{1000 \times 60} \times 18.79 = 199.3 \text{ w}$$

لان كفاءة المضخة 50 % فان القدرة الفعلية للمضخة :

$$P_{actual} = \frac{199.3}{0.5} = 398.5 \text{ w}$$

2. المضخات الدوارة Rotary pump

تتألف المضخة من اجزاء مكونة من عدة اجزاء تدور كل واحدة عكس الاخرى ومحصورة في مجال ضيق هو جدار المضخة وتكون فجوات بين جدار المضخة والجسم الدوار فينتقل السائل بواسطة هذه الفجوات من جهة الدخول الى الخارج. تدورعادة هذه المضخات بسرعة كبيرة وقد تكون هذه الاجزاء على شكل ترسين يدوران باتجاه معاكس ويطلق على هذه المضخات اسم المضخات الترسية Gear pumps.



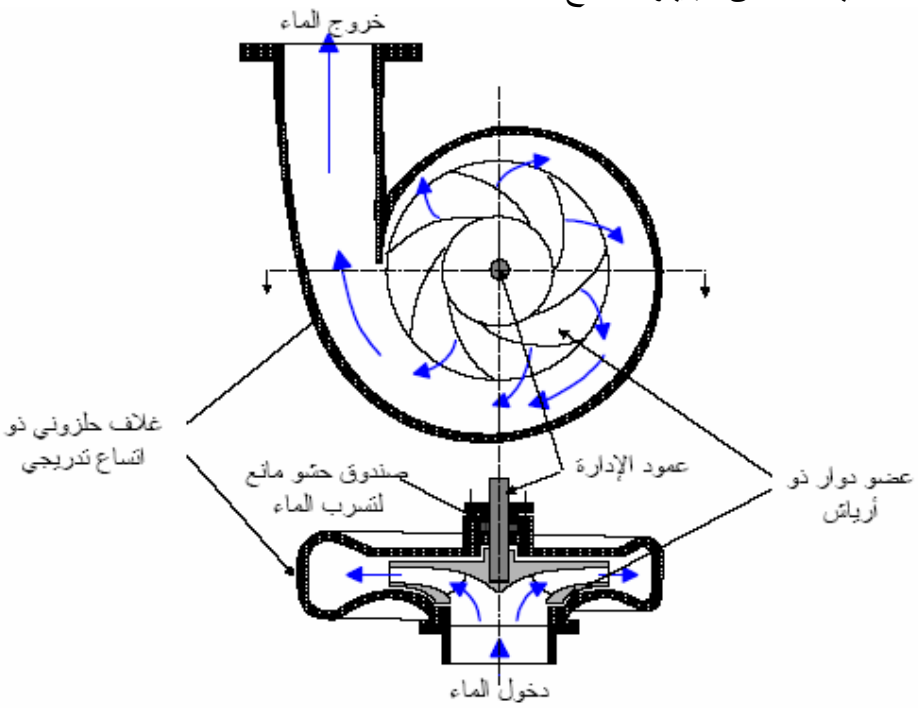
مضخات الازاحة غير الايجابية Non-positive displacement pumps

تعطي هذه المضخات ضغط متجانس ومستمر وهي سهلة التكوين وذات كفاءة عالية ومن هذه المضخات هي مضخات الطاردة المركزية.

- **المضخة الطاردة المركزية Centrifugal pump**

تعتمد في عملها على القوة الطاردة عن المركز حيث تدور المروحة داخل المضخة بسرعة كبيرة فيؤدي دورانها الى رمي الاجزاء الى خارج دائرة الدورة. وتعد من المضخات الشائعة الاستعمال

تتكون من قاعدة للمضخة Casing في داخلها تتحرك المروحة Impeller تتكون من عدة ريش Blades وتكون هذه المضخة من نوع المغلق. يتم تحريك المروحة بواسطة محرك كهربائي مناسب تعتمد قابلية الضخ على حجم المروحة المستعملة, كما ان مقدار الضخ يعتمد على سرعة حركتها. تتميز هذه المضخة ببساطة التركيب ورخص الثمن وحاجتها الى مساحة ارض صغيرة وانها تعطي ضخ منتظم ولكنها تسبب في خض السوائل اثناء عملية ضخها ولا تولد ضغط عالي وتحتاج الى ملء المضخة بالمادة الغذائية قبل تشغيلها بتاثر فاعليتها بحدوث تسرب هواء كما ان الحرارة العالية تقلل من قابليتها للضخ.



مضخة طرد مركزية

المضخات الصحية Sanitary pumps

يطلق هذا الاسم على جميع الانواع التي تكون المروحة والتروس والمكابس مصنوعة بشكل يسهل ازالتها وتنظيفها ومن معدن صحي مناسب هو الحديد غير قابل للصدأ stainless steel. وتعتبر المضخات الطاردة المركزية اكثر المضخات شيوعا في معامل الاغذية لما تمتاز به من صفات عديدة كالتي سبق ذكرها.

انتخاب المضخات

عند إجراء انتخاب للمضخات لاجراء عملية ضخ معينة يجب ملاحظة النقاط الاتية:

1. يجب ان تكون المضخة مصنوعة من مادة لها قابلية على مقاومة الضغط العالي ومقاومة التآكل.
2. مصنوعة من معدن لا يتفاعل وليس له قابلية الذوبان في المادة الغذائية.
3. تكون ذات تصميم يتناسب مع العمل المراد اجراءه.
4. الضغط المراد وصوله.