المادة: هندسة معامل الاغذية ***FOOD PLANTS ENGINEERING***

الجزء النظري: **عدد الوحدات النظرية (2)** **عدد الساعات (2)**

مدرس المادة: أ.م.د. اسعد رحمان سعيد الحلفي

قسم علوم الاغذية – كلية الزراعة – جامعة البصرة

المحاضرة التاسعة:

البسترة *Pasteurization*

تعرف البسترة بانها تلك المعاملة الحرارية التي يتم فيها تعريض المنتوج الغذائي الى درجة حرارة تضمن بواسطتها القضاء على مسببات الامراض ان وجدت وعلى غالبية الكائنات الحية الغير مسببة للامراض.

طرائق البسترة:

اولاً:- البسترة البطيئة: batch pasteurization

في هذا النوع من الاجهزة تتم معاملة المادة الغذائية لدرجة حرارة مابين 62.8 – 68.3 درجة مئوية لمدة نصف ساعة وتبريدها لدرجة حرارة 10 مئوي ويتوقف مقدار الحرارة التي تتعرض لها حسب طبيعة المادة الغذائية. وتجرى العملية على شكل دفعات. يتكون جهاز البسترة البطيئة من :

أ- حوض البسترة pasteurizing vat

وهو عبارة عن اناء يتألف من جدارين بينهما فراغ يستعمل لاجراء عملية التسخين وفي العادة يستعمل الماء والبخار لاجراء عملية التسخين للدرجة اللازمة ، يصنع السطح الاول الذي يأتيبتماس مع المادة الغذائية من الحديد الغير قابل للصدأ اما الغلاف الخارجي للجهاز فيصنع من صفائح الحديد الاعتيادي. يتصل هذا الفراغ من الاسفل بمبزل لازالة الماء المكثف اثناء عملية التسخين كما يربط ايضا بمصدر للبخار او الماء لاجراء عملية التسخين او التبريد ويجهز هذا الحوض بغطاء مصنوع من الحديد غير قابل للصدأ مثبت عليه محرار خاص لقياس درجة حرارة المنتوج الغذائي اثناء التسخين .

تصنع هذه الاحواض بطاقات مختلفة تتراوح مابين 500 لتر الى 2000 لتر يتم التسخين في هذه الاحواض عن طريق التبادل الحراري بين البخار والمادة الغذائية عبر جدار معدني ويبلغ معدا معامل الايصال الحراري لمثل هذه الاجهزة 976 كيلوسعرة / ساعة. م^2 . يتصل هذا الحوض الداخلي بفتحة من اسفل جانبه ومجهز بموصلات انبوبية لغرض ربطها مع الاجزاء الاخرى المكملة للجهاز.

ب- الخلاط agitator

يجهز الحوض بخلاط كهربائي مثبت عليه مصنوع من الحديد غير قابل للصدأ وقد يكون هذا الخلاط بشكل مروحة تدور بسرع مختلفة يمكن تنظيمها لغرض عملية خلط المادة الغذائية اثناء عملية بسترتها في الحوض ويتوقف حجم هذا الخلاط على سعة الجهاز.

ج- اجهزة قياس درجة الحرارة :

وهذه قد تتكون من محرار نوع المؤشر indicating يمكنه قراءة درجة حرارة المادة الغذائية اثناء معاملتها بصورة مباشرة وفي العادة تكون البصلة bulb الموجودة داخل المنتوج الغذائي مصنوعة من حديد غير قابل للصدأ او اي معدن صحي وهذه تستخدم في الاجهزة ذات السعة الصغيرة مابين 100 – 20 لتر. او تكون على شكل اجهزة قياس حرارة مسجلة .

ء- مضخة pump

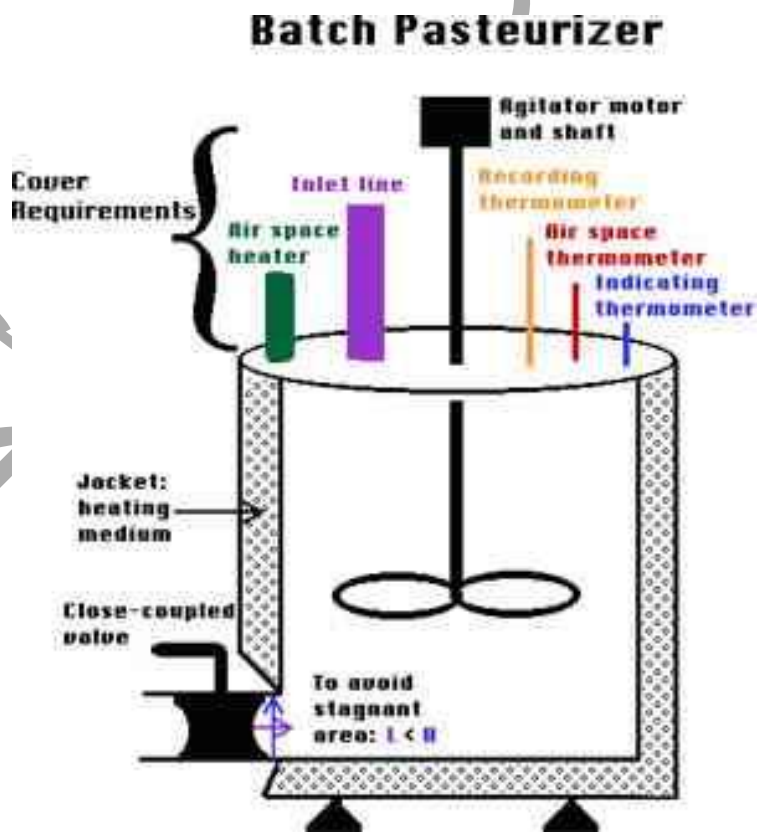
تقوم المضخة بسحب الحليب الذي تم معاملته لنقله الى الاجزاء الاخرى من وحدة البسترة البطيئة وهي المبردات .

هـ- وحدة التعبئة والتغليف filling & cupping

بعد عملية التبريد تنقل المادة الغذائية الى وحدات خاصة للتعبئة اذا اريد توزيع هذا المنتوج بشكل مبستر مثل عصير الفواكه والحليب او تنقل الى وحدات تصنيع اخرى لمعاملتها كما هو متبع في تحضير خليط المثلجات.

و- مخازن التبريد cold storage

تحفظ المادة المبسترة في غرف مبردة بدرجة حرارة 4 مئوي.



مثال: احسب مقدار الحرارة اللازمة B.t.u لتسخين (لبسترة) 20000 باوند من الحليب اذا علمت بان درجة حرارة الحليب الداخل 50 فهرنهايت واريد بسترته لدرجة حرارة 145 فهرنهايت وان حرارته النوعية 0.92 وكفاءة المسخن 80 %.

$$q = \frac{M\ C_P\ (T_1 - T_2)}{E}$$

$$q = \frac{20000 \times 0.91\ (145 - 50)}{0.80} = 2185000Btu = 550620\ kcal.$$

مثال: احسب مقدار الحرارة اللازمة كيلوسعرة لبسترة 5000 كغم من عصير فواكه حرارته النوعية 0.85 وان درجة حرارته الاولى 20 مئوي وان درجة حرارة البسترة المستعملة 65.5 مئوي علما بان كفاءة الحوض المستعمل 82 %.

$$q = \frac{M\ C_P\ (T_1 - T_2)}{E}$$

$$q = \frac{5000 \times 0.85\ (65.5 - 20)}{0.82} = 235823.17\ kcal.$$

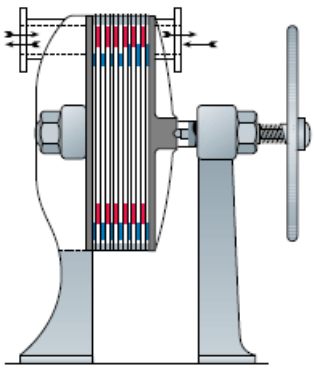
ثانيا:- البسترة السريعة high temperature short time pasteurization unite (H.T.S.T.)

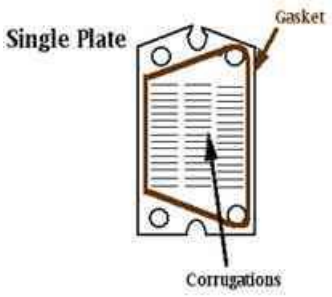
في هذه الوحدات تتعرض المادة الغذائية الى درجة حرارة 72 مئوي لمدة لاتقل عن 15 ثانية وتصنع هذه الوحدات بطاقات مختلفة تتراوح مابين 1000 – 20000 لتر/سا. وتتكون من :

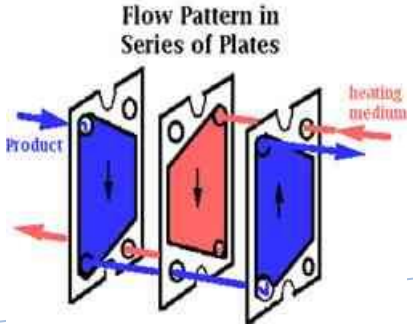
1- الخزان ذو الطوافة : ويصنع من الحديد غير قابل للصدأ ومجهز بطوافة تنظم مستوى المادة الغذائية بشكل متجانس طيلة فترة العمل.

2- -المبادل الحراري :وتتم فيه عملية التدفئة والتسخين والتبريد ويتكون من ثلاثة اجزاء رئيسية:

أ- جزء التسخين heating section ب- جزء التدفئة regenerator جـ- جزء التبريد cooling section وهو من النوع ذو الصفائح تبلغ كفاءته 80 %. ويصنع من الحديد غير القابل للصدأ 8/18 رقم 302 وسمكل المعدن المستعمل هو رقم 20 gauge . عندما تربط هذه الصفائح المختلفة يتكون فراغ بينهما مقداره 0.32 سم وذالك بفصل كل اثنين منهما بوساطة واشر gaskets مصنوع من البلاستك الذي لايمتص الرطوبة وكل صفيحة من هذه الصفائح تكون مرقمة لكي توضع حسب التسلسل وبذلك تضمن تكون مسالك بين هاتين الصفيحتين لمرور المادة المسخنة (وهو الماء الحار) او (الحليب المبستر) او المادة المبردة . يتوقف عدد هذه الصفائح على حجم المبادل الحراري فكلما زاد عددها زادت قدرة هذا المبادل لمعاملة كميات اكبر من المواد الغذائية.تنظم هذه الصفائح على حامل خاص ويمكن ضغط هذه الصفائح مع بعضها اثناء اجراء عملية المعاملة او فتحها عندما تجرى عليها عملية التنظيف بشكل فعال ومن ثم اعادة ضغطها لكي يكون جاهز للاستعمال. يمكن لهذا النوع من المبادلات تحمل ضغط مقداره 2.1 كغم / سم^2 ويكون الضغط في جهة المنتوج اعلى من الضغط المتوفر في الجهة الثانية من المنتوج (المادة المسخنة او المبردة).







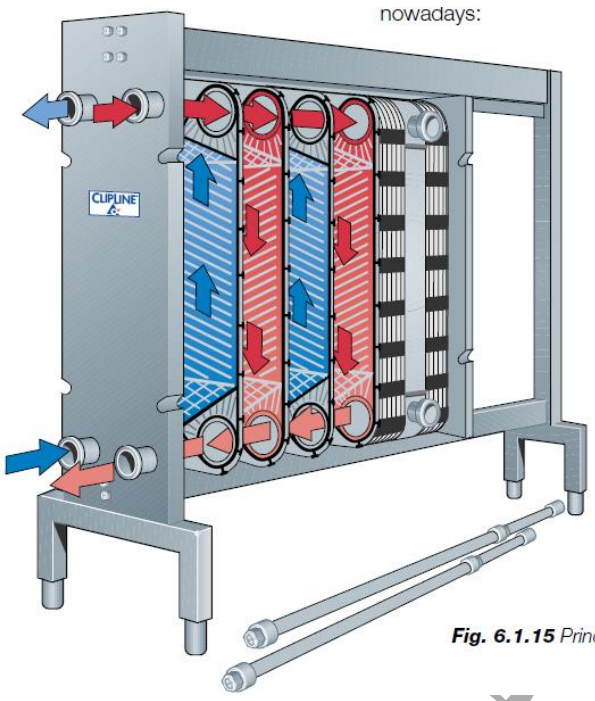
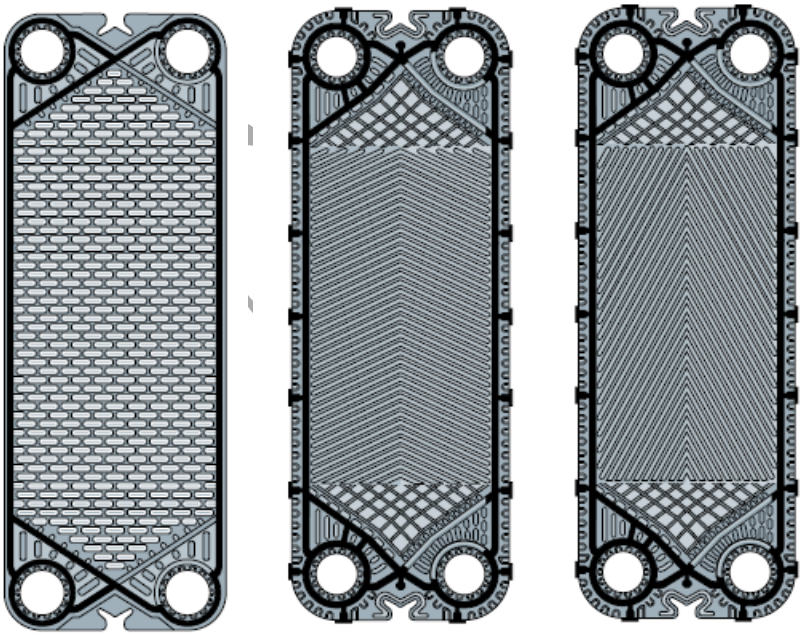


Fig. 6.1.15 Princi



3- المضخة المؤقتة timing pump

تستعمل هذه المضخة لغرض سحب المادة الغذائية من المخزن ذو الطوافة ثم عبر الجزء الاول من المبادل الحراري ومن ثم ضخ هذه المادة الغذائية بضغط مناسب بحيث تدفع المادة الغذائية عبر جزء التسخين ومن ثم من بداية انبوب المسك الى نهايته بسرعة بحيث تضمن تعرض المادة الغذائية لدرجة المعاملة لمدة لاتقل عن 15 ثانية على الاقل.وفي الغالب تستعمل مضخة طاردة عن المركز بسبب عدم تكون ضغط عالي بواسطتها.وعند توقيتها وقياس وقت المسك تختم هذه المضخة.

4- انبوب المسك holding tube

هو عبارة عن انبوب مصنوع من الحديد غير القابل للصدأ ويتوقف قطره وطوله على وقت المسك المطلوب ويمكن حساب هذا الطول والقطر اللازم في الجهاز كالاتي:

$$L_H = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{QHT}{3600\ \eta}$$

Q : معدل جريان الحليب (م^3 اساعة) .

HT: زمن المسك (ثانية)

L_H : طول أنبوب المسك (م) .

D : قطر الأنبوب الداخلي (م) .

V: حجم الحليب خلال HT و Q (م^3)

η : عامل الكفاءة و تؤخذ قيمته 0.85 .

يربط انبوب المسك في نهاية قسم التسخين ويوضع هذا الانبوب بحيث يكون مائلا الى الاعلى ويربط في نهايته الثانية منظم حركة السائل الحراري flow diversion valve حيث يتحكم بسير المنتوج في حالة معاملته بدرجة مناسبة او دون هذه الدرجة.

وتستخدم طريقة الايصال الملحي salt conductivity method لقياس وقت المسك . حيث يربط في الجهاز قطبين electrodes مرتبطين بجهاز يحوي على ساعة توقيق اوتوماتيكية. يوضع اح القطبين في بداية انبوب المسك بينما يثبت الاخر في نهايته ثم يزرق 50 سم^3 من محلول مشبع من ملح الطعام في الجهاز (عندما يكون الجهاز في حالة توازن) وعند ذلك يبدأ الجهاز بتسجيل الوقت وتتوقف الساعة عند احساس القطب الاخر بوجود الملح في الماء وبذلك تسجل الوقت الذي استغرقته جزيئات الملح للانتقال في هذا الانبوب. وخلال العملية يتم قياس مقدار جريان الماء داخل جهاز البسترة باخذ عينات من الجهاز لفترة من الوقت ثم تعدل على اساس مقدار الجريان 4500 باوند/سا باستعمال المعادلة التالية:

وقت المسك المصحح (4500 باوند/سا)=(وقت المسك المقاس/4500) ×معدل الجريان (للماءالمقاس).

ويؤخذ معدل لعشرة قراءات لتحديد وقت المسك في الجهاز. ولاجل حساب وقت المسك على اساس الحليب المضخوخ بدلا من الماء كالاتي:

$$H=TM/W$$

H:وقت المسك للحليب ، T: الوقت اللازم لاعطاء حجم معين من الحليب ، M:الوقت اللازم لاعطاء نفس الحجم من الماء ، W: وقت المسك عند استعمال الماء.

5- منظم حركة السائل الحراري flow diversion valve

وهو صمام امانيقع في نهاية انبوب المسك وهو صمام يتألف من ثلاثة فتحات وهو يتحكم بسير المادة الغذائية في الجهاز حسب درجة حرارتها ويسيطر على عمل هذا الجزء الحيوي من اجهزة البسترة مسيطر حراري مسجل safety thermal limit recorder فاذا حصل خلل في الهواء او الكهرباء او خلل في المسيطرات يتوقف هذا الجزء ويسمح للمادة الغذائية بالرجوع الى الخزان ذو الطوافة. واثناء عمله يرجع المادة الغذائية الى الخزان ذو الطوافة عندما تكون درجة حرارتها اقل من المطلوب اما اذا وصلت الى الحد المطلوب فان هذه الفتحة تغلق وتفتح الفتحة اتي توصل المادة الغذائية الى داخل قسم التدفئة . يعمل الصمام بواسطة هواء يضخ له من مضخة هواء خاصة ، فالهواء المضغوط يؤثر على منظم حركة السائل الحراري ويضغط عليه بحيث يسمح للمادة الغذائية بالمرور داخل الجهاز الى قسم التدفئة اما اذا توقف الهواء فان الدايفرام الخاص به يرتفع وان نابض خاص يغلق هذه الفتحة فيفتح الصمام في جهة الخزان ذو الطوافة ، والصمام يحتوي على حلقة في اسفله فعند الضغط عليها يخرج الهواء من داخل الصمام ويمكن الاستفادة من هذه لادخال الماء الحار داخل اقسام الاجهزة الاخرى لغرض تعقيم القسم الذي ينقل الماد الغذائية الى الخزان ذو الطوافة.

6- المحرار thermometer

يوضع في نهاية انبوب المسك لغرض اعطاء فكرة للعاملين عن درجة حرارة الحليب في هذه النقطة .

7- جهاز تسجيل السيطرة الحرارية temperature recorder

يقوم هذا الجهاز بتسجيل درجة حرارة الحليب بعد خروجه من انبوب المسك وقبل دخوله الى منظم حركة السائل الحراري على ورقة خاصة وبواسطة قلم حبر خاص كما يحتوي الجهاز على مؤشرين بصورة تقريبية الدرجة الحرارية التي يتوقف فيها تحويل المنتوج الى الخزان ذو الطوافة وتسجيل ايضا موقع منظم حركة السائل الحراري بواسطة رسم خط مستمر على الحافة من ورقة التسجيل ويبين تحويل الحليب الى الخزان ذو الطوافة او استمراره في الجهاز بحالة توازن باستعمال مصابيح معينة فاللون الاحمر يبين رجوع الحليب الى الخزان ذو الطوافة اما اللون الاخض فانه يبين ان منظم حركة السائل الحراري مفتوح الى جهة الجهاز وان عملية البسترة مستمرة.

8- وحدة الماء الحار hot water unite

يضخ الماء الحار الى جزء التسخين من المبادل الحراري لغرض تسخين الحليب بواسطة مضخة طاردة عن المركز من خزان خاص يمكن تحديد درجة حرارة الماء فيه بصورة اوتوماتيكية باستعمال منظم الحرارة الاوتوماتيكي الموجود في الجهاز .

9- منظم درجة حرارة الماء الحار

يسيطر هذا المنظم على صمام البخار الى خزان الماء الحار وينظم في حدود 3 – 4 درجات اكثر من درجة البسترة.

10- وحدة التبريد بالماء الحلو

يبرد الحليب في الجزء الاخير من المبادل الحراري بواسطة ضخ ماء حلو بارد ويبرد هذا الماء بواسطة تمريره على ملف تبريد ويضخ بواسطة مضخة طاردة عن المركز يسيطر عليها بواسطة مفتاح موجود على اللوحة وعادة يضخ في هذا الماء بمعدل 4 اجزاء ماء بارد لكل جزء حليب او مادة غذائية.

11- لوحة السيطرة control panel

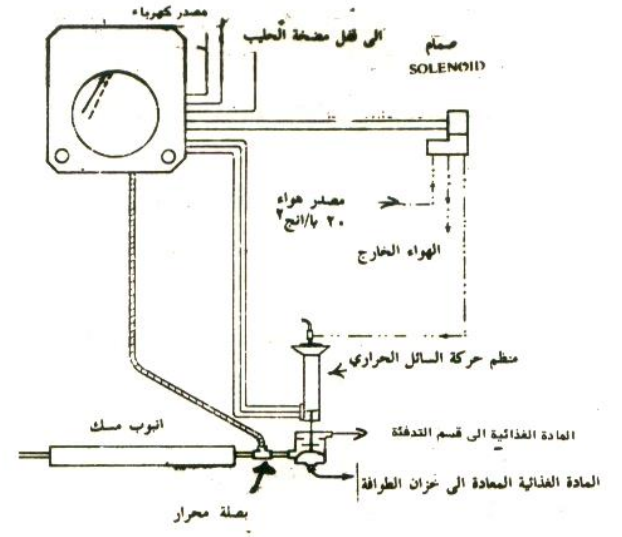
وتضم جميع اجزاء السيطرة على تحريك المضخات المختلفة ومصابيح السيطرة ومقاييس الضغط .

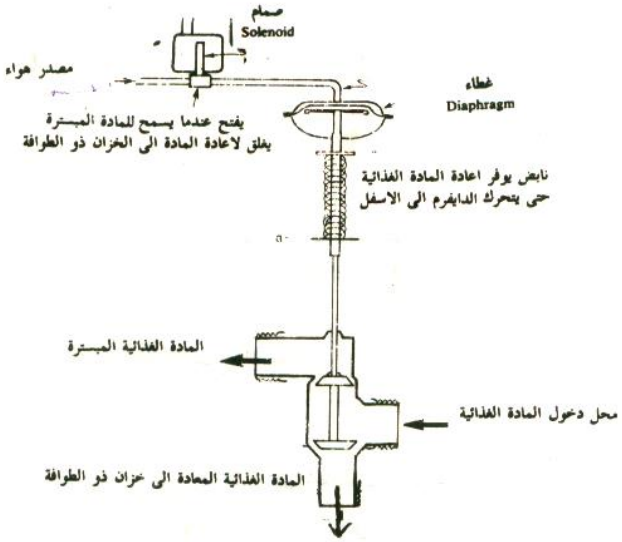
12- التبادل regeneration

ان تسخين او تبريد اي منتوج من درجة الى اخرى يكلف مبالغ وذلك لتوليد الطاقة الحرارية في حالة التسخين ولازالة الحرارة في التبريد فيمكن تسخين المنتوج الداخل للجهاز بصورة اولية وبواسطة المنتوج الساخن الذي يمر في الجهة الاخرى بعد تسخينهوبهذه الطريقة فاننا نتمكن من اضافة وحدات حرارية الى المنتوج الداخل عن طريق انتقال الحرارة وفي الوقت نفسه يكون قد فقد المنتوج المعامل جزء من الحرارة عند مروره بجانب المنتوج المعامل .

$$HR = \frac{(T_2 - T_1)}{(T_3 - T_1)} \times 100$$

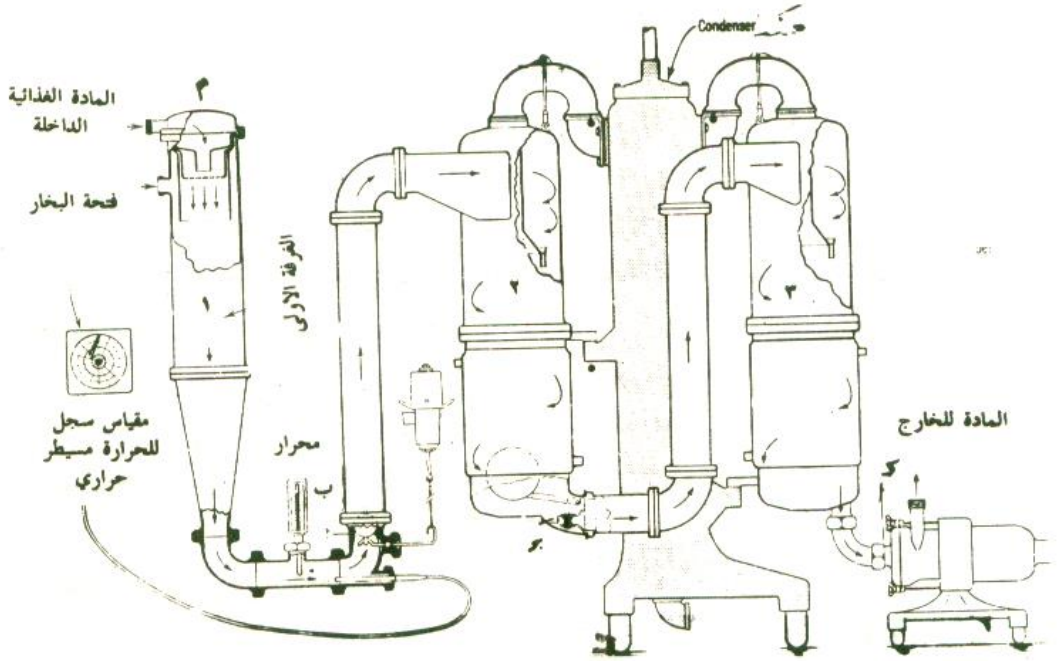
HR : نسبة الطاقة المسترجعة (%) ، T_1:درجة حرارة الحليب الداخل الى المبادل الحراري (مئوي) ، T_2:درجة حرارة الحليب الخارج من المبادل الحراري والذاهب الى قسم التسخين (مئوي) ، T_3: درجة حرارة البسترة (مئوي).





ثالثا: البسترة بالفراغ vacreation

تستعمل البسترة بالفراغ لازالة الروائح الباقية في بعض منجات الالبان كالكريم وفي هذه الاجهزة تتم عملية البسترة في درجات حرارة عالية ولوقت قصير في اجهزة يتوفر فيها الفراغ مما يساعد على ازالة وتطاير المواد المسببة للروائح غير المرغوب فيها في هذه المواد الغذائية . وقد تتم فيها معاملة المادة الغذائية بعدة مراحل يعرض فيها المنتوج لدرجات حرارة مختلفة وتحت فراغ مختلف.تتم عملية البسترة بهذا النوع من الاجهزة بضخ المنتوج بصورة سريعة الى الغرفة الاولى أ حيث تتعرض فيها المادة الغذائية الى درجة حرارة 90.5 – 96.1 مئوي في فراغ مقداره 101.6 – 288.6 ملم فراغ ويعبر المنتوج بعد ذلك الى الغرفة الثانية ب حيث يتعرض لدرجة حرارة 71.6 – 81.7 مئوي وفي فراغ مقداره 381 – 508 ملم وفي هذه الغرفة يسير المنتوج الى الغرفة الثالثة جـ فتنخفض درجة حرارته الى 37.8 – 46.1 مئوي وفي فراغ مقداره 457.2 – 685.8 ملم فراغ.



هناك طرق أخرى لعملية البسترة منها الطريقة المستمرة Continuous – flow system إذ إن الحليب يمر ضمن أنابيب وبالوقت نفسه يعرض الحليب إلى معاملات حرارية مختلفة ولمدة نصف ساعة و إن طول هذه الأنابيب تؤمن المعاملة الحرارية له. البسترة بطريقة الأشعة تحت الحمراء Infra-red treatment إذ يعرض الحليب المار بألواح أفقية مصنوعة من الحديد غير قابل للصدأ إلى الأشعة تحت الحمراء إلى إن تصل درجة الحرارة إلى 85 ^{o}م ويبقى لمدة زمنية معينة وهناك البسترة الومضية يعرض الحليب فيها الى 100 مئوي لمدة 0.01 ثانية.

د.اسعد رحمان الحلفي