

الباب الثاني

اليوغورت (الزبادي)

الفصل الأول

الطرق المختلفة لصناعة اليوغورت (الزبادي)

- نبذة تاريخية عن اليوغورت
- تعريف ومكونات اليوغورت
- صناعة الزبادي في المنزل.
- صناعة الزبادي في المعامل أو المصانع الصغيرة بالطرق المتقطعة.
- صناعة الزبادي في المصانع الكبيرة بالطرق المستمرة.

نبذة تاريخية عن اليوغورت

يقال أنه بدأ إنتاج المزارع للبنية كغذاء منذ ٤٥٠٠ سنة علي الأقل، أي من الألفية الثالثة قبل الميلاد.

وأول يوغورت ربما يكون أنتج بواسطة البكتريا البرية الموجودة في جلد الماعز، الذي يصنع منه الحقائب المحمولة بواسطة البلغاريين، أو ما يسمى Hunno-bulgaris الذين بدأوا الهجرة لأوروبا في القرن الثاني وأستقروا في البلقان في نهاية القرن السابع. والآن كل دولة تدعي أن اليوغورت هو ملكها، ولا يوجد أي معلومات أكيدة عن منشأ اليوغورت .

ونظرية أستخدام اليوغورت بواسطة الأتراك القدماء معتمدة علي كتاب Diwan lughat للمؤلف Mahmud Kashgari الذي كتب في القرن الحادي عشر. كذلك كتاب Kutadgu Bilig الذي كتب بواسطة Yusuf Has Hajib، كما أن أول معلومات للأوروبيون عن اليوغورت نشاهدها في تاريخ الطب الفرنسي French clinical history من تأليف Francis والذي وصف فيه أن اليوغورت يساعد علي الشفاء من الأسهال.

وبقي اليوغورت غذاء مبدئي في جنوب آسيا، ومركزها وغربها، وجنوب شرق أوروبا ومركز أوروبا، حتي النصف الثاني من القرن التاسع عشر، إلى أن ظهرت نظرية غير مثبتة بواسطة عالم بيولوجي روسي يسمي Ilya Ilyich Mechnikov والتي نكر فيها أن الأستخدام الكثير لليوغورت هو العامل المسئول عن طول عمر البلغاريين، واعتقد أن بكتريا *Lactobacillus* ضرورية للصحة الجيدة. وقد عمل Mechnikov لجعل اليوغورت في متناول الأوروبيون، وجعله مادة غذائية في أوروبا.

وقد قام أحد رجال الأعمال الأسبانيين يسمي Isaac Carasso بتصنيع منتج اليوغورت، وفي ١٩١٩ بدأ Carasso في عمل مصنع صغير لإنتاج

اليوغورت في Barcelona، وأطلق علي هذا المصنع اسم أبنه Danone والذي يعرف في أمريكا بأسم Dannon.

وتصنيع اليوغورت بأضافة الفاكهة المعروفة بالمرملاد Marmalade، تم أختراعه ليكون أكثر حماية لليوغورت ضد التعفن أو الفساد، وقد تم ذلك بواسطة Radicka Mlekarna عام ١٩٣٣. وأصل كلمة يوغورت Etymology of yoghurt هو أن هذه الكلمة أشتقت من الكلمة التركي Yogurt، والتي اشتقت من الصفة yogun والتي تعني مكثف وسميك، أو من الفعل yogurmak والذي يعني يعجن أو يدلك، والمحتمل أن تعني to make dense أي يعمل سمك أو كثافة، والتي تعني كيف يعمل اليوغورت.

مكونات اليوغورت (الزبادي):

يصنع اليوغورت (الزبادي) بادخال نوع محدد من البكتريا إلى اللبن، مع ضبط درجة الحرارة وظروف البيئة، خصوصا في إنتاج المصانع، فتستهلك البكتريا سكر اللبن الطبيعي، وتطلق حمض اللاكتيك كمنتج متخلف عن ذلك. وزيادة الحموضة ينتج عنه تحول بروتين اللبن إلى كتلة صلبة (خثرة)، نتيجة تجبنه، وزيادة الحموضة pH-5 أيضا يمنع تكاثر البكتريا المرضية، وفي الولايات المتحدة الأمريكية يسمى اليوغورت بأنه المنتج الذي يجب أن يحتوي علي بكتريا

Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus and lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus

وعادة هذين النوعين من البكتريا يشتركان مع بكتريا حمض اللاكتيك في

طعم اليوغورت والتأثير الصحي، وتشمل هذه البكتريا سلالات من

L. case · Bifidobacterium · L. acidophilus

وفي أغلب البلاد يسمي المنتج يوغورت لوزبادي إذا وجدت فيه بكتريا حية في المنتج النهائي، أما المنتجات التي يتم تعقيمها بعد تصنيعها، فإنها لا تحتوي علي بكتريا حية فتسمي ألبان متخمرة شراب Fermented milk drink . ويبيع اليوغورت الغير محلي في صورة شراب في الغرب علي أنه لبن خض، أو لبن خض متخم.

وللتغلب علي الطعم الحامضي للزبادي، فإنه دائما يباع محلي ومنكه، أو يباع في عبوات مع الفاكهة أو مربى الفاكهة، والتي تكون في قاع العبوة، وأذا تم تقليب الفاكهة في اليوغورت قبل تسويقه فإنه يكون للنوع السويسري.

وفي أغلب انحاء الولايات المتحدة الأمريكية يضاف لليوغورت بكتين، أو جيلاتين ومثل الجبن بالقشدة فإنه في بعض أنواع اليوغورت يوجد طبقة من الدهن المتخمر علي السطح، وتستخدم مربى الفاكهة بدلا من قطع الفاكهة الطازجة في اليوغورت بالفاكهة، وذلك للسماح لليوغورت بالتخزين لاسابيع لأن المربى تزيد فترة الحفظ.

تعريف اليوغورت (الزبادي):

هو لبن متخمر ذو قوام نصف صلب، صنع من قرون مضت في بلغاريا، ثم زادت شعبيته وأصبح يستهلك في أغلب أجزاء العالم، وبالرغم من أن تركيبه وطعمه يختلف من مكان إلى آخر إلا أن الأساس في تصنيعه واحد.

الألبن المستعملة لإنتاج اليوغورت (الزبادي):

يستعمل في إنتاجه ألبان الحيوانات المختلفة، ولكن -غالبية منتجي اليوغورت يفضلون استخدام اللبن البقري الكامل، أو المنزوع قشده جزئيا، وأحيانا يستعمل اللبن الفرز أو القشدة لمقابلة احتياجات تطور نمو البادئ.

واللبن المستخدم يجب أن تتوفر فيه الشروط التالية:

١- منخفض العد البكتيري.

٢- خالي من المضادات الحيوية، الكيماويات، ألتهاب للضرع ، التزنخ، لبن السرسوب.

٣- غير ملوث بالبكتريوفاج.

المواد الإضافية الداخلة في التصنيع (يمكن أن تستخدم أو لا تستخدم)

- لبن فرز مركز_ لبن فرز مجفف- شرش-لاكتوز. وكل هذه المواد تستخدم لزيادة المواد الصلبة.اللادهنية.
- مواد التحلية مثل الجلوكوز- السكروز- للمواد الشديدة الحلاوة للصناعية مثل الأسيرتام
- المثبتات مثل الجيلاتين -الكربوكسي ميثيل سليلوز-صمغ- بذور الخروب- الألبينات- الكارجينان- مركز بروتينات الشرش.
- المواد المكسبة للطعم مثل مستحضرات الفواكه، والمواد المكسبة للطعم الطبيعية والصناعية والمواد الملونة.

البادئ:

يستخدم بادئ خليط من

Str. salivarius subsp thermophilus (ST)

Lactobacillus delbrueckii subsp.bulgaricus (LB)

وبالرغم من أن كل نوع ممكن أن يستخدم بمفرده لأنتاج اليوغورت، إلا أن استخدام الأثنين معا يعطي نتائج أفضل لأنتاج الحمض.

وينمو (ST) اسرع وينتج كلا من الحمض وثاني أكسيد الكربون، والمواد المتكونة من نشاط (ST) تشجع نمو (LB).

ومن ناحية أخرى التحلل البروتيني بواسطة (LB) ينتج مواد منشطة من البيبتيدات والأحماض الأمينية للـ (ST) بكتريا.

ونواتج التحلل بواسطة بكتريا البادئ، مهمة لإنتاج يوغورت موحد الصفات من حيث الطعم والتركيب، وتكون خثرة لليوغورت يرجع إلى انخفاض الـpH بواسطة البادئ، وقد وجد أن *Streptococci* مسؤولة عن الانخفاض المبني في الـpH تقريبا إلى 5. pH وبكتريا *Lactobacilli* مسؤولة عن الانخفاض التالي إلى 4 pH ومركبات التخمر التالية تكون مسؤولة عن الطعم: حمض اللاكتيك والأسيتالدهايد.

صناعة الزبادي منزليا وللمشروعات الصغيرة

١- تسخين اللبن:

يصفي اللبن ويغلي في إناء مناسب مع التقليب المستمر لمدة نصف ساعة، حتي لا يحترق اللبن الملاصق للقاع، والغرض من ذلك هو للقضاء علي البكتريا المرضية، ونسبة كبيرة من الميكروبات التي في اللبن. وتركيز مكونات اللبن بنسبة من ١٠- ١٥ % لزيادة قوام الزبادي الناتج.

ملاحظة: يمكن زيادة تركيز اللبن بزيادة المادة الصلبة، مع تقليل مدة الغليان إلى ١٠ دقائق، بأضافة ٣ ملاعق لبن بودرة لكل كيلو لبن سائل.

٢- تبريد اللبن:

ترفع الأنية بعد التسخين وتوضع في ماء بارد، حتي تصل درجة حرارة اللبن الي ٤٠°م مع التقليب المستمر.

٣- أضافة الخميرة:

- ينتخب زبادي خالي من أى طعم غريب قوامه متماسك، غير فاصل للشرش.
- تكشف الطبقة السطحية المعرضة للتلوث.

- تؤخذ الخميرة المناسبة من وسط الكمية المتبقية بمقدار ملعقة شاي لكل كيلو لبن.

تدهك جيدا في طبق نظيف بملعقة نظيفة، ثم تخفف بجزء من اللبن ثم تضاف إلى باقي اللبن باستخدام شاشة معقمة مع للتقليب المستمر لتوزيعها توزيع منتظم (درجة حرارة اللبن المضاف إليه الخميرة حوالي ٤٠ م°)

٤- تعبئة اللبن:

يعبأ اللبن السابق في العبوات الخاصة

٥- التسوية (التخمير):

تحضن العبوات على درجة حرارة ٤٠م° إلى أن يتم التجبن ويستغرق ذلك حوالي ٣-٤ ساعات.

كيفية حدوث التجبن في صناعة اللبن الزبادي:

تهاجم بكتريا حمض اللاكتيك سكر اللاكتوز وتحوله إلى حمض لاكتيك، يتحد حمض اللاكتيك المتكون مع الكالسيوم المرتبط بالكازين الموجود في صورة كازينات كالسيوم غروية مكونا لاكتات الكالسيوم وينفرد الكازين، كما أن الزيادة في حمض اللاكتيك تتحد مع الكازين المنفرد وتتكون لاكتات الكازين. ومن ذلك يتضح أن الخثرة في الزبادي والألبان المتخمرة بصفة عامة تتكون من كازين ولاكتات كازين.

الأحتياطات التي يجب مراعاتها:

- استخدام لبن نظيف طازج من حيوان سليم.
- الأواني المستخدمة تكون نظيفة ومعقمة، أو تستخدم عبوات بلاستيكية نمرة واحدة.
- تسخين اللبن في حمام مائي مع التقليب الجيد المستمر.
- تبريد اللبن مباشرة إلى الدرجة المناسبة.

- انتقاء الخميرة الجيدة من مصدر موثوق به.
- مزج الخميرة جيدا مع اللبن.
- المحافظة علي درجة الحرارة المناسبة للزبادي (٤٠-٤٢°م) ثابتة.
- حفظ المنتج بعد التجبن مباشرة في الثلجة، الزبادي الجيد هو الخالي من المواد المخاطية والقليل الحموضة.

عيوب الزبادي

الطعم الحامضي: وأسبابه

- ارتفاع درجة حرارة التسوية عن اللازم.
- زيادة كمية البادئ المستخدمة في الصناعة.
- طول فترة التسوية عن اللازم.
- القوام الضعيف أو التجبن البطئ: وأسبابه
- استخدام بادئ ضعيف نتيجة لقدم البادئ وتركه مدة طويلة بدون تنشيط.
- عدم التسخين الكافي إلى درجة أقل من ١٨٠°ف.
- استخدام لبن مغشوش أو منخفض في نسبة الجوامد اللبنية

الطعم الناقص: وأسبابه هي

- استخدام لبن فرز أولبن فقير في الجوامد.
- قلة الحموضة في الناتج النهائي، ولكي يكون الزبادي ذو رائحة وطعم مقبولين، يجب ألا يقل الدهن عن ١,٥ % وأن تكون حموضته لا تقل عن ٠,٨٦ %.

تكوين كمية من الشرش وأسبابه

• زيادة تكون الحموضة وهذا يعطي خثرة جامدة عن اللازم وينفصل الشرش.

- حفظ اللبن علي درجة حرارة مرتفعة بعد التسوية (التحضين).
- رج اللبن أو هزه وهو علي وشك للتجبن.

طراوة القوام: وأسبابها

- تعود إلى الخميرة سواء كميته أو نوعها أو تلوثها.
- عدم تخمر الزبادي للوقت الكافي.

زبادي مثقب ومنتفخ: وأسبابه

- نتيجة وجود تلوث بالأحياء الدقيقة تولد غازات، والتلوث يكون أما في اللبن لعدم الغلي الجيد أو تلوث الأواني أو الخميرة (البادئ).

الطعم للشايط:

وهو تعرض اللبن للشياط أثناء الغلي لعدم التقليب.

الطعم المر أو اللاذع:

نتلوث اللبن أو الخميرة (البادئ).

نصائح عند استعمال الزبادي:

عند استعمال الزبادي من قبل المستهلك يجب الكشف علي الشكل المظهري والقوام والحموضة كما يلي:

- ملاحظة مظهر العبوة من حيث إحكام الغليق والنظافة الخارجية للعبوة وتحسس درجة حرارتها، علاوة علي ظروف تخزينها وتسجيل تاريخ الإنتاج عليها.
- ملاحظة سطح الناتج من حيث وجود تهتك للسطح في منتصفه، والناتج عن تكاثر الميكروبات المكونة للغازات مثل الخمائر وبكتريا

القولون، أو تواجد نمو فطري علي السطح، كما يلاحظ تكون شرش علي السطح أم لا .

● يتم إمالة سطح العبوة قليلا، فإذا كان سطح العبوة ثابت بدون أي تموجات فهذا يدل علي احتواء الزبادي علي النسب المطلوبة من الجوامد وجودة قوامه.

● تنوق الطعم، ويجب علي المستهلك الأحساس بالطعوم الغريبة، مثل الطعم الخميري الناتج عن التلوث بالخمائر والفطريات، والطعم الحامضي اللاذع نتيجة طول فترة أو سوء التخزين، والطعم المر نتيجة قدم الناتج، ونشاط بعض الميكروبات المحللة للبروتين والمنتجة للبيبتيدات المسببة للطعم المر.

● ودائما ينصح بتناول قسما من الألبان المتخمرة أو الزبادي بعد تناول العشاء، أو بمعنى آخر ينصح أن يكون آخر ما وصل للمعدة قبل النوم هو هذا المنتج، للقضاء علي البكتريا التطفلية بالأمعاء.

● كذلك ينصح بتناول الزبادي علي الوجبات الدسمة للمساعدة علي هضمها من خلال بكتريا الموجودة في الزبادي.

● دائما ينصح بعدم وضع السكر علي الزبادي، إذا ما تم أستعماله قبل النوم للوصول إلى الفائدة العظمي من البكتريا الموجودة فيه.

● لابد من تشجيع الأطفال علي تناول الزبادي أو الألبان المتخمرة بصورة كبيرة وأساسية، لقيمتها التغذوية والصحية العالية، وعند تعذر تقبل الزبادي فيمكن أن يحول إلى أي من الأشكال التالية لزيادة التقبل:

١. الزبادي المخفوق: يخفق بالخلط حيث يزداد حجمه إلى ٧٥ % نتيجة دفع الهواء بالناتج المتخمر ولاسيما لاضافة مطعمات مثل الشيكولاته أو مركبات الفواكه ويحفظ تحت التجميد.

٢. زبادي الفواكه: قد تضاف الفواكه الغير حمضية عند التصنيع، أما أن توضع الفواكه مع الزبادي أثناء التحضين، أو يمكن إضافتها عند الأستهلاك بالمزج، والفواكه التي يوصي بأستخدامها لهذا الشأن (الموز-الكانتلوب - المانجو) ولا ينصح بأستخدام الموالح بصفة عامة.

٣. مشروب الزبادي: حيث يخفق الزبادي بحجم مناسب من اللبن الكامل، ويمزج بالخلط لدفع الهواء به، أو يخفف بعصائر الفواكه ويحفظ بالثلاجة.

وأذا كان مستهلك الألبان المتخمرة (كالزبادي) علي دراية كافية بتصنيعه جيدا في المنزل، فأليه بعض الطرق لاطالة القوة الحفظية :

- تجنب التلوث بمكان التصنيع.
- خلو البادئ المستخدم من الملوثات.
- تركيز اللبن جيدا عند المعاملة الحرارية.
- تطهير أدوات أعداد الزبادي جيدا عند الأستخدام.
- التحضين في أماكن معقمة ونظيفة.

تصنيع اليوغورت (الزبادي) بالطرق المتقطعة (البطينة)

صناعة اليوغورت تشمل تعديل تركيب اللبن، البسترة، للتخمير علي درجة حرارة دافئة، التبريد، إضافة الفاكهة والسكر والمواد الأخرى.

أولا تعديل تركيب اللبن:

عندما يصل اللبن إلى المصنع يعدل تركيبه، ويشمل ذلك تخفيض نسبة الدهن، وزيادة نسبة الجوامد. وفي صناعة اليوغورت تعدل نسبة الجوامد الي ١٦ %، بحيث تكون من ١ - ٥ % دهن، ١١ - ١٤ % جوامد لا دهنية، ويتم ذلك بعمل تبخير لجزء من الماء أو إضافة اللبن للمركز أو المجفف، وزيادة جوامد اللبن تحسن القيمة الغذائية لليوغورت، وتحسن خواصه وتعطي يوغورت أكثر تماسكا وثباتا.

وتضاف الفاكهة بعد حدوث عملية تكون خثرة اليوغورت، حيث تضاف قبل التعبئة، وبذلك تتخفف قابلية الفاكهة للانفصال في أثناء التخزين، ومخلوط الزبادي يجب أن لا يحتوي علي جوامد دهنية أقل من ١٢ %، وذلك لزيادة اللزوجة وزيادة المقاومة للتشريح wheying-off، وزيادة البروتين يزيد اللزوجة في المنتج النهائي، لأنه هو الذي يكون التجبن و خصوصا الكازين .

ثانيا البسترة:

بعد عملية التعديل للمكونات الصلبة في اللبن، تضاف المثبتات في تلك الخلاط المزود بقمع للبودرة ومزود بنظام تقليب، وتتم البسترة بعد ذلك علي درجة ٨٥ م° لمدة ٣٠ دقيقة، أو علي ٩٥ م° لمدة ١٠ دقائق، ودرجات الحرارة هذه أعلى من المستعملة مع اللبن السائل وذلك لأهميتها التالية:

١- القضاء علي الميكروبات التي ممكن أن تتداخل مع عملية التخمر، ونتاج لبن معقم تقريبا يلائم نمو بكتريا البادئ.

٢- دنترة بروتيينات الشرش في اللبن، والتي تعطي للمنتج النهائي قوام وتركيب أفضل وتحسن للزوجة.

٣- هذه المعاملة الحرارية تساعد علي تحرر بعض المركبات التي تعمل علي تنشيط نمو البادئ.

٤- للتسخين أيضا تأثير كيميائي طبيعي علي بروتين اللين وبعض الإضافات في المخلوط، فالمعاملة الحرارية ربما تكون ضرورية للحصول علي حالة تكوين للجيل وتكوين شبكة البروتين، التي تعطي المنتج لزوجته وتركيبه النهائي.

ثالثا التجنيس:

يجنس بعد ذلك المخلوط باستخدام الضغط العالي ٢٠٠٠ - ٢٥٠٠ رطل.

أهمية التجنيس:

- ١- العمل علي خلط المكونات.
- ٢- منع تكوين طبقة القشدة علي سطح اليوغورت، ومنع انفصال الشرش أثناء التحضين أو التخزين.
- ٣- أعطاء اليوغورت قوام انعم وقشدي نتيجة لتكسير الدهن.
- ٤- أعطاء منتج موحد الصفات.
- ٥- عدم انفصال مكونات اليوغورت أثناء التحضين أو التخزين.

رابعا التلقح والتحضين والتبريد:

يبرد اللبن إلي ١٠٩,٤ - ١١٤,٨[°]ف (٤٣ - ٤٦[°]م)، وبمجرد أن تنخفض درجة الحرارة إلي هذه الدرجة المثلّي لنمو ميكروبات البادئ، يضاف البادئ بنسبة ٢% (ويتكون البادئ من *Lactobacillus spp*، *Streptococcus spp* بنسبة ١ : ١)، وذلك إلي وعاء التخمر المزدوج الجدار، وتثبت درجة الحرارة عند ٤٣[°]م دون حدوث أي اهتزاز أو تقليب لمدة ٤ - ٦ ساعات. ودرجة

الحرارة المستعملة في تحضين اللبوغورت وسط بين درجتَي الحرارة المثلي لنمو نوعي البكتريا (L.B.C) ٤٥ ° م و (S.C.C) ٣٩ ° م.

وعملية التحضين والتخمردائما تتم في أوعية من الصلب المحكم الغلق المعقمة، وتضبط درجة الحرارة ويحافظ عليها ثابتة عند درجة الحرارة المثلي لنمو بكتريا البادئ، ويقاس حمض اللاكتيك المتكون أثناء عملية التخمير.

وتوقف عملية التخمير بالتبريد عند وصول حمض اللاكتيك إلى الدرجة المرغوبة، وطول أو قصر فترة التخمير ينتج عنه منتج ذو صفات غير مرغوبة من ناحية كلا من القوام والطعم، فعملية التخمير الطويلة سوف تعطي فرصة لكائنات أخرى غير بكتريا البادئ للنمو، ويتبع ذلك ظهور مخاطر تكون الرائحة الكريهة.

١- اللبوغورت الجالس Set Yoghurt

وتتم عملية التخمير في هذا النوع في العبوات النهائية، حيث يتميز الناتج بقوام جبلي متماسك، وفي هذا النوع يعبأ اللبن مباشرة بعد التلقيح بالبادئ، ويتم التخمير في العبوات. وبعد انتهاء عملية التخمير وحدث التجبن وتكون الزبادي، يوضع الناتج في الثلجة علي درجة حرارة ٥ ° م لأيقاف نشاط بكتريا البادئ، وأيقاف زيادة الحموضة ومنع حدوث التثريش.

٢- اللبوغورت المقلب Stirred Yoghurt

هذا النوع من اللبوغورت يحضن في تنكات، فعندما تصل حموضة اللبن أثناء التخمير ٠,٨٥-٠,٩٥ %، يغير الماء الذي في الجدار المزدوج بماء بارد، ويكسر التجبن النهائي بالتقليب، قبل اجراء عملية تعبئة اللبوغورت (الزبادي)، وتكون درجة الحرارة عندئذ من ٥ - ٢٢ ° م ، ويعتمد ذلك علي نوع الناتج.

وتركيب اليوغورت المقلب stirred yoghurt يكون أقل تماسكا من اليوغورت الجالس set yoghurt، ويكون هناك قليل من إعادة التكوين للتجبن بعد عملية التعبئة، وعادة تضاف الفاكهة والمواد المكسبة للطعم إذا لزم الأمر قبل عملية التعبئة، وبعد ذلك يخزن الناتج في الثلاجة علي درجة حرارة ٥° م لأيقاف نشاط بكتريا البادئ، ومنع زيادة الحموضة نتيجة لذلك.

٣- شراب اليوغورت Drinking Yoghurt

هذا النوع من اليوغورت شديد الشبه باليوغورت المقلب stirred yoghurt والذي يحدث له تكسير للتجبن قبل التبريد، ولكن في حالة drinking yoghurt فإن التقليب يكون اشد، وقليلًا ما يحدث إعادة تكوين للتجبن بعد التعبئة. والجوامد الصلبة في هذا النوع لا تتعدى ١١ %.

٤- اليوغورت المجمد Frozen Yoghurt

الزبادي المجمد يحتاج إلى وصفة مختلفة، وغالبا ما يتكون من يوغورت خفيف مخلوط مع مخلوط آيس كريم مرتفع في محتواه من الجوامد، وتجري عملية التجميد من خلال الضخ خلال المجمد، في طريقة تشبه صناعة الأيس كريم، وتركيب المنتج النهائي يتاثر كثيرا بالتجميد.

٥- اليوغورت ذو الفاكهة في أسفل العبوة:

خليط الفاكهة يوضع في أسفل العبوة، ويوضع عليه اللبن الملقح بالبادئ، ويجري التخمر في العبوات.

العوامل المؤثرة علي جودة اليوغورت:

- ١- نوع اللبن.
- ٢- تعديل اللبن.
- ٣- إضافة الفاكهة والمثبتات والمستحلبات والمواد الحافظة.
- ٤- اللبائنات.

- ٥- طريقة الصناعة وهل هي مستمرة أو متقطعة.
- ٦- المعاملة الحرارية.
- ٧- درجة حرارة التحضين، وعادة تكون من ٤٠ - ٤٥° م إلى أن تصل الحموضة إلى ١ % حمض لاكتيك.
- ٨- التّجنيس.
- ٩- التبريد إلى ٥ - ٧° م.
- ١٠- إضافة الفاكهة والتعبئة..

وقد وجد أنه عند تصنيع اليوغورت (الزبادي) من لبن فرز مسترجع (معاد زوبانه) فإن التدعيم بواسطة كازينات الصوديوم مع محسنات القوام، أعطى أفضل نتائج حسية وكانت أفضل من التدعيم باستخدام معزول بروتينات الشرش أو عدم التدعيم.

أجهزة تصنيع اليوغورت بالطرق المنقطعة

أولاً: معدات تصنيع اليوغورت الجالس Set Yoghurt

تتلخص طريقة صناعة اليوغورت الجالس في:

- ١- تلقيح اللبن بالبائى على درجة حرارة التحضين المستخدمة.
- ٢- يضاف إليه المواد المكسبة للطعم والرائحة.
- ٣- في حالة إضافة الفواكه، تضاف أولاً في العبوة ثم تعبأ بعد ذلك باللبن الملقح بالبائى في عبوات التوزيع، وتقل وتحتفظ على درجة حرارة التحضين للمدة المطلوبة ثم تبرد.

وهناك ثلاثة أنواع من معدات التحضين:

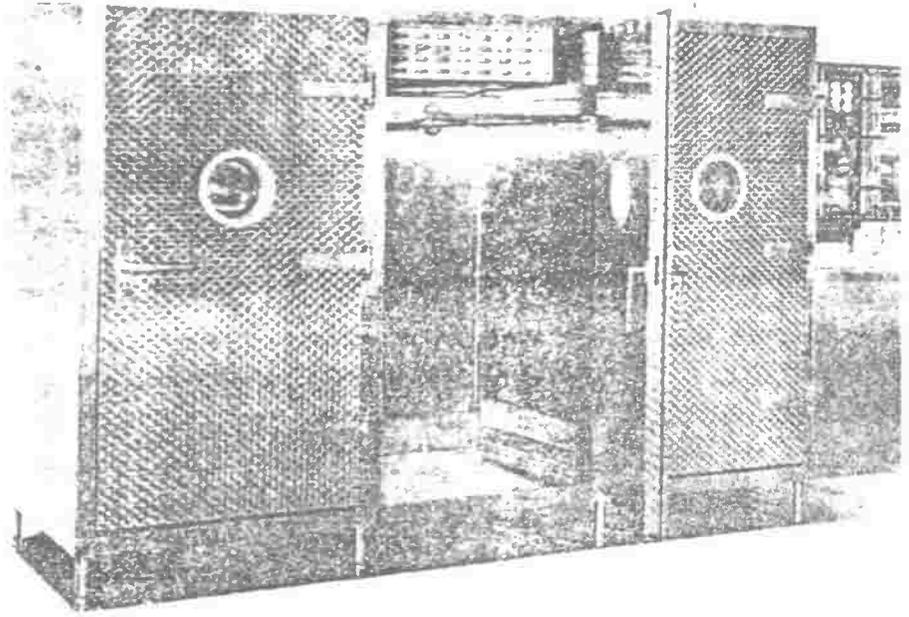
١- معدات تستخدم نظام الحمام المائي Water bath or tanks

وتستخدم دائماً مع العبوات الزجاجية بحيث تحتفظ العبوات الزجاجية في حوض ضحل يصل ارتفاع الماء الساخن فيه إلى أقل من ارتفاع العبوة، لتلاشي وقوع أى تلوث من الماء للمنتج، وبعد تمام التجين يستبدل الماء الدافئ بالبارد لتبريد العبوات.

٢- نظام الكبائن:

وهذه الكبائن معزولة، وذات حجم يتراوح بين ٢٥٠ - ٧٥٠ لتر، يحتفظ عبوات اليوغورت أثناء مرحلة التحضين، حيث يدفع فيها الهواء المسخن حتى الوصول إلى درجة الحموضة المطلوبة، ثم يدفع فيها الهواء البارد

(شكل ١)



شكل (١): نظام الكابينة في التحضين والتبريد (Incubator/cooler cabinet)

٣- نظام الأنفاق Tunnel

ويستخدم عادة في حالة الأنتاج الضخم وبطريقة مستمرة، حيث توضع العبوات بعد رصها في طبقات علي سير متحرك، يمر داخل نفق يتكون من جزأين:

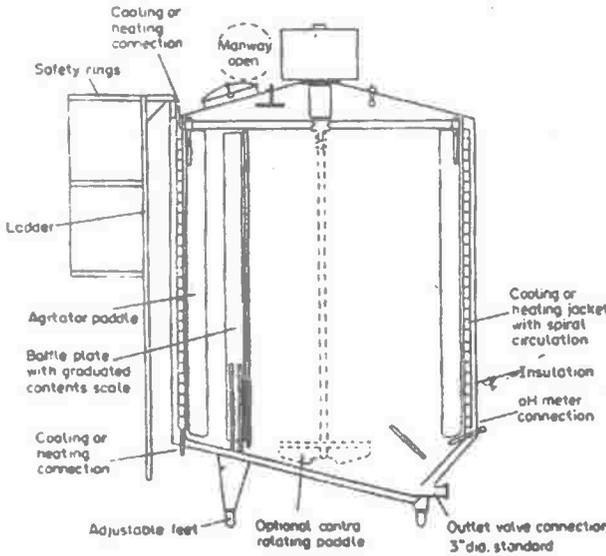
الجزء الأول: يدفع فيه تيار من الهواء الدافئ لتوفير درجة الحرارة المناسبة للتخمير، مع القدرة علي التحكم في سرعة السير تبعاً لمرعة تطور الحموضة في العبوات ثم تمرر العبوات بعد التجبن إلى الجزء الثاني من النفق حيث تبرد العبوات بتيار من الهواء البارد.

ثانياً معدات تصنيع اليوغورت المقلب:

يتم تصنيع اليوغورت المقلب في أحواض علي صورة مجمعة bulk ثم تكسر الخثرة المتكونة بالنقل، قبل وأثناء التبريد وفي خطوة التعبئة، وهناك أنواع متعددة من الأحواض التي تستخدم في إنتاج اليوغورت المقلب:

Multi purpose tank الأغراض متعددة

ويستخدم هذا النوع من الأحواض في إذابة المواد للصلبة المضافة إلى اللبن، والمعاملة الحرارية للبن والتحصين وإنتاج اليوغورت، وعلاوة علي ذلك ففي مرحلة للتحصين وبعد أن نضيف البادئ إلى اللبن المعدل تركيبياً، وعند الوصول إلى درجة الحرارة المرجوة، يتم الحفاظ علي تلك الدرجة بأمرار ماء دافئ في الفراغ بين جداري الحوض، وبعد أنتهاء التجبن ووصول الحموضة إلى الدرجة المرجوة، يتم دفع تيار من الماء المبرد بين جداري الحوض لتبريد الخثرة للدرجة المطلوبة، مع التقليب البسيط للخثرة (شكل ٢) وشكل (٣) يوضح تخطيط لإنتاج اليوغورت باستخدام الأحواض متعددة الأغراض.



شكل (٢): حوض متعدد الأغراض

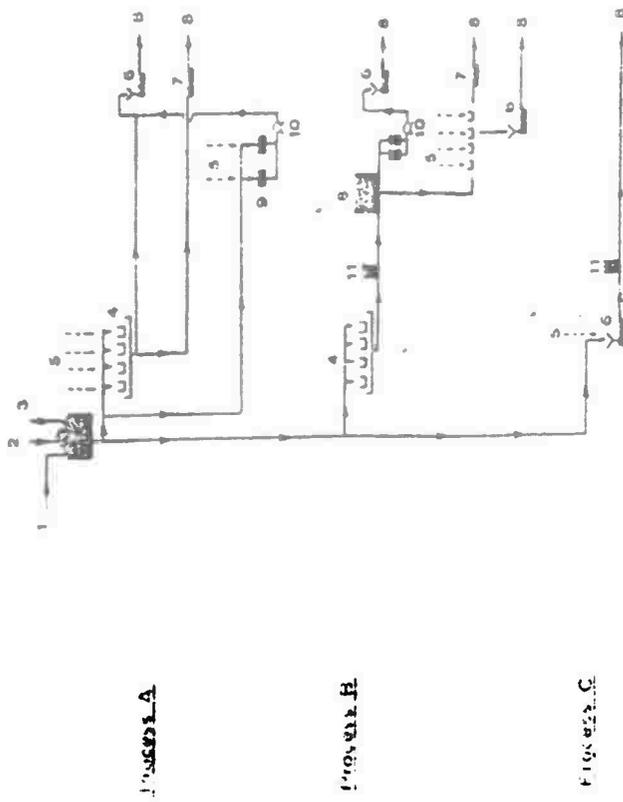


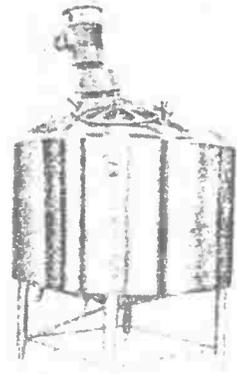
Fig. The small-scale production of yoghurt using a multi-purpose vat

- 1 Inlet for liquid milk
- 2 Dried ingredients (milk powder and sugar) added manually
- 3 Starter culture added manually
- 4 Stainless steel cart or churns (they contain cold yoghurt - Process A or heated/cooled milk inoculated with starter culture - Process B)
- 5 Fruit added manually
- 6 Small scale filling machine
- 7 Hand-filling machine
- 8 Cold store
- 9 Two small tanks (in parallel) used for the addition of fruit-filling can be continuous
- 10 Positive pump
- 11 Incubation cabinet

شكل (3): تخطيط لإنتاج اليوغورت باستخدام الأحوال متعددة الأغراض

أحواض خاصة بالتحضين فقط Fermentation tank only

ويتميز هذا النوع من الأحواض بأن جدرانه معزولة، للحفاظ علي درجة حرارة التحضين ثابتة ومنتظمة خلال فترة التحضين، وقد تم تزويد الحوض بمقلب ولكنه غير أساسي لعدم تكسر الخثرة في هذه المرحلة، وأمكان إزالة الخثرة بسهولة من قاع الحوض المخروطي الشكل (شكل ٤)



شكل (٤): أحواض خاصة بالتحضين فقط

أحواض للتحضين والتبريد Fermentation/cooling tank

ويتميز هذا النوع من الأحواض بأنه ذو جدار مزدوج، يتم دفع الماء الدافئ بين جداريه أثناء مرحلة التحضين، ودفع الماء المبرد أثناء مرحلة التبريد.

أحواض التحضين المعقمة Aseptic Fermentation tank

يتم في هذه الأحواض تعديل أحواض التخمر العادية لتناسب التحضين تحت ظروف معقمة كما يلي:

١- عزل الحوض.

٢- تزويد الحوض بمقياس للـ pH والحرارة المناسبين.

٣- تزويد المقلب بعازل مزدوج وحاجز من البخار steam barrier للحد من التلوث، ويجب أن تكون فتحة دخول اللبن إلى الأحواض المختلفة قد تم تصميمها للحد من حدوث الرغوة داخل الحوض.

ومن الخطوات المهمة في أعداد اليوغورت المقلب سرعة تبريد الخثرة بعد وصول الحموضة فيها إلى الدرجة المناسبة، وذلك لأبطاء نمو ونشاط بكتريا البادئ بما يسمح بعدم ارتفاع الحموضة عن الحد المسموح، والذي يؤدي إلى عيوب في طعم وقوام المنتج، وعادة ما ينصح بالبدء في تبريد اليوغورت المقلب عندما تصل الحموضة في المنتج النهائي إلى ١,٢ - ١,٤ % حمض اللاكتيك، وهذه تكون هي الحموضة المرجوة، وتعتمد سرعة تبريد اليوغورت في الأحواض علي عوامل كثيرة:

١- حجم الحوض والذي يحدد المسطح المعرض للتبريد، فعندما يقل حجم الحوض، يزيد المسطح المعرض للتبريد، وتغيير تصميم الحوض له فائدة في زيادة المسطح المعرض للتبريد، بحيث يسمح بوجود أجزاء داخلية مبردة (حواجز مبردة).

٢- معدل السرعة في التقليب، لأن السرعة في التقليب تؤدي إلى زيادة في سرعة التبريد، إلا أن هذا لا يتماشى مع الحاجة إلى المحافظة علي قوام الخثرة، وبذلك فأن هناك حدا لسرعة التقليب.

٣- الفرق في درجة الحرارة بين وسط التبريد واليوغورت المتخمّر، فكلما زاد الفرق زادت سرعة التبريد.

٤- سرعة مرور محلول التبريد.

٥- الفترة التي يتعرض لها المنتج للمسطح البارد.

ودائما ما يستخدم للتبريد محلول ملحي مبرد إلى درجة ٣,٨ - ٤° م ، وفي بعض التصميمات التي يتم فيها تبريد اليوغورت خارج حوض التخمّر

تستخدم مبردات من النوع ذي الألواح المستخدم في مصانع الألبان، ومن الواجب أن تكون المسافة بين الألواح أكبر من المسافة التي تكون في حالة اللبن، وتتزايد هذه المسافة كلما تقدمنا في الألواح المتتالية، وهذا من أجل التغلب علي الضغط العكسي، ومن أجل الحفاظ علي قوام اليوغورت خلال مرحلة التبريد، ومن الأفضل استخدام وحدات صغيرة من المبردات ذات الألواح، عن استخدام مبرد واحد يزداد فيه عدد الألواح المستخدمة. وقد يستخدم أيضا مبردات من النوع الأنبوبي لتبريد اليوغورت، وهذا النوع قد يتسبب في تغير أقل من مبردات الألواح في قوام اليوغورت ولزوجته.

صناعة الزبادى (اليوغورت) فى المصانع الكبيرة بالطريقة المستمرة

معدات إنتاج أنتاج اليوغورت (الزبادى) بالطريقة المستمرة

يتم إنتاج اليوغورت بالطريقة المستمرة فى ٧ خطوات ومراحل، وتشمل:
الأعداد الأولى للين_ معاملة اللين - تحضير المزرعة- خلط الفاكهة والتعبئة
- خطوة نظام CIP - اشياء متنوعة.

أولاً: مرحلة الأعداد الأولى للين: وتشمل

أ- إضافة اللين البودرة: وتشتمل على:

١- مضخة طرد مركزي لضخ اللين خلال قمع خلط للين البودرة وتتكات التخزين.

٢- قمع خلط البودرة ويلزم وحدة واحدة.

٣- تنك عمودي لتخزين اللين المدعم باللين البودرة أو المعدل، ويلزم منها ٢ وحدة.

٤- مضخة طرد مركزي لضخ اللين المخزن لتتك التوازن، ويلزم منها وحدة واحدة.

٥- تنك وزن لأخذ لبن اليوغورت للمصنع، ويلزم منها وحدة واحدة.

٦- مضخة لضخ اللين المدعم أو المعدل لالواح التبادل الحراري، ويلزم لذلك وحدة واحدة.

ب - معاملة اللين: وتشمل

١- وحدة ألواح تبادل حراري لتسخين وتبريد اللين إلى درجة حرارة التحضين، وسعتها ٢٠٠٠ لتر فى الساعة، ويلزم منها وحدة واحدة.

٢- أنبوبة حفظ لحفظ اللين على درجة حرارة للتسخين لمدة ٣ دقائق، ويلزم منها وحدة واحدة.

٣- مجنس سعة (٢٠٠٠ لتر/ساعة)، لتجنيس اللبن عند ٦٠ م°، ويلزم مجنس واحد.

٤- وحدة تسخين ماء، لتزويد الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين اللبن.

ج - التركيز بالتبخير: وتشمل

١- وحدة تسخين لتسخين اللبن قبل دخوله إلى المبخر، ويلزم منها وحدة واحدة.

٢- حجرة تفريغ لتركيز اللبن المعدل، ويلزم منها وحدة واحدة

٣- مضخة طرد مركزي لضخ اللبن من المبخر إلى المجنس، وإدارة اللبن في ألواح التبادل الحراري إلى أن يصل اللبن إلى درجة الحرارة المطلوبة، ويلزم منها وحدة واحدة.

٤- مضخة تفريغ لضخ اللبن المركز من المبخر إلى قسم توليد الحرارة في ألواح التبادل الحراري.

٥- مضخة تفريغ لضخ اللبن المركز خلال ألواح التبادل الحراري.

ثانياً: أعداد المزرعة/ إنتاج اليوغورت:

١- يلزم لذلك Viscuabator لأعداد المزرعة الأم، والوسطية والمزرعة المغذية، ويلزم منه وحدة واحدة.

٢- وعاء المزرعة لإنتاج المزرعة المستخدمة في إنتاج اليوغورت، ويلزم منه وحدتين.

٣- مضخة لضخ المزرعة إلى تلك تحضين اليوغورت، ويلزم منها وحدة واحدة.

٤- مضخة ميثرية موجبة لأستمرار تلقيح اللبن بالمزرعة لإنتاج اليوغورت المقلب، أو العادي (الجالس)، ويلزم منها وحدة واحدة.

٥- تتكات للتفيح رأسية ، كل واحدة لها سعة تبلغ ٢٠٠٠ لتر، وانفاق لأنتاج الزبادي العادي، وعددها يتوقف علي الطريقة المتبعة، ويتراوح العدد من ٤ إلى ٥ .

٦- مضخة ازاحة موجبة لضخ اليوغورت المتجين لالواح التبريد، ويلزم منها وحدة واحدة.

٧- وحدة خلط اليوغورت والفاكهة، ويلزم منها واحدة.

٨- ألواح تبادل حراري بسعة ٤٠٠١/ساعة لتبريد اليوغورت.

٩- وحدة تبريد لتبريد اليوغورت:

١٠- مضخة طرد مركزي تستخدم لضخ الماء في دورة في جانب التبريد.

ثالثاً: خلط الفاكهة /التعينة:

١- تتكات رأسية للتخزين الوسطي، لها سعة ٣٠٠٠ لتر، ويعتمد ذلك علي الأنتاج ، ويلزم منها اثنين.

٢- مضخة ازاحة موجبة (من النوع المترى) لضخ اليوغورت ونكهة الفاكهة لوحدة الخلط، ويلزم منها اثنين.

٣- وحدة خلط اليوغورت والفاكهة ويلزم منها وحدة واحدة.

٤- ماكينة ملئ اليوغورت بمعدل ٢٠٠١/ساعة ويلزم منها وحدة أو اثنتين.

رابعاً: CIP System

تتكات لمحاليل التنظيف ويلزم منها ثلاثة، ومضخات لادارة السوائل أثناء التنظيف ويلزم منها اربعة، والواح تسخين لتسخين محاليل التنظيف ويلزم منها واحد، مضخة طرد مركزي تستخدم كمضخة تغذية بمحاليل التنظيف ويلزم منها واحدة.مرشح لأزالة الجزيئات الكبيرة للأتربة من نظام CIP ويلزم منها واحد منظم للبخار.

خامساً: تراكيب أخرى Miscellaneous

وحدة تحكم رئيسية main control panel ويلزم منها واحد. مجموعة من الصمامات والأنابيب المطلوبة في الأقسام السابقة.

أقسام المصنع:

يقسم المصنع إلى أقسام للحصول علي أعلى درجة من العمل الأوتوماتيكي، وهذه الأقسام كما يلي

القسم الأول:

في هذه المساحة يتم أستقبال وتخزين اللبن مع تحضير أساسى للمخلوط.

القسم الثاني:

يتم فيه تعديل تركيب اللبن وتجنيسه والمعاملة الحرارية، ويتم ذلك تبعاً لبرنامج يتحكم فيه أوتوماتيكياً.

القسم الثالث:

في هذا القسم تتم عملية التخمر، ويتم التحكم أوتوماتيكياً في درجات حرارة التحضين، ودرجة الحموضة ومبدئياً في مرحلة التبريد كلما أمكن.

القسم الرابع:

يتم فيه خلط الفاكهة بالخثرة المتجينة.

القسم الخامس:

تحضير مزرعة البادئ، ويتم التحكم أوتوماتيكياً في ظروف النمو وتلقيح اللبن بالمزرعة.

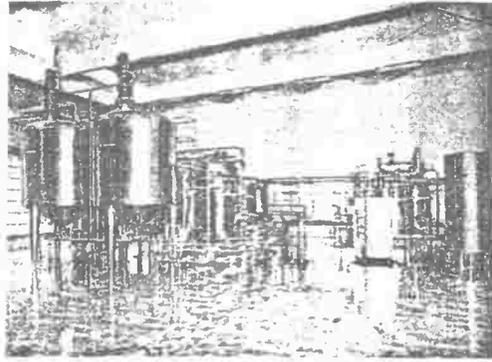
القسم السادس:

محطة التنظيف في المكان (cleaning in place). ويوجد كثير من الأنظمة الأوتوماتيكية في الأسواق.

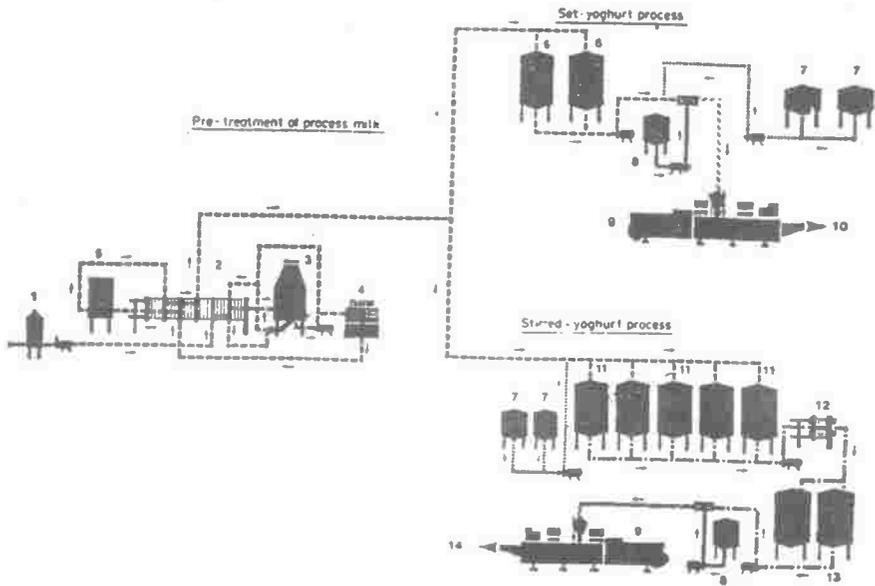
شكل (٥): يوضح معدات أنتاج اليوغورت (الزبادي) المقلب أو

العادي (الجالس) وتشمل:

- ١- وعاء خلط (للمواد الجافة)
- ٢- مجنس.
- ٣- ألواح تبادل حراري.
- ٤- أوعية مزارع البادئ الكبيرة.
- ٥- أوعية مشروب السكر.
- ٦- أوعية الجيلاتين.
- ٧- أوعية التخمر (التحضين)
- ٨- مضخة مترية.
- ٩- جهاز تكسير النكتلات في التجبن الحادث (الخثرة)
- ١٠- ألواح تبريد.
- ١١- تنكات تخزين اليوغورت (الزبادي)
- ١٢- تنكات تخزين الفاكهة.
- ١٣- خلاط.
- ١٤- ماكينة التعبئة.
- ١٥- حجرات تحضين.
- ١٦- وحدة لأننتاج مزرعة البادئ الأم.



شكل (١٥): إنتاج اليوغورت الجالس أو المقلب



شكل (١٥ب):

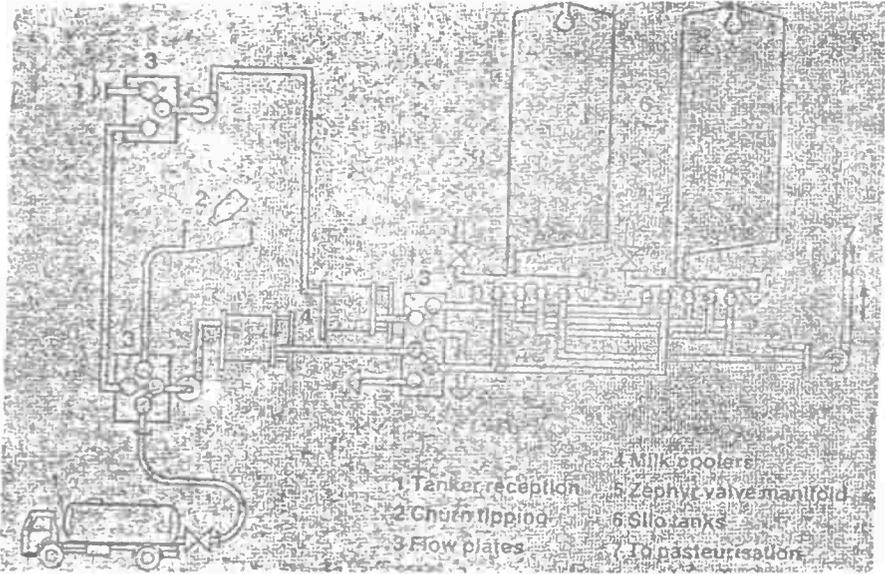
Standardized and/or clarified milk is pumped from storage tank to balance tank (1) Pre-heat the milk to 90°C in plate exchanger (2), and concentrate under vacuum in an evaporator (3) by removing 15-20% water in order to increase milk solids by 2-4% (if the alternative method, i.e. addition of skim milk powder, is used instead of evaporation, the powder is mixed as illustrated in Figs. 3, 18 and 19). The condensate from the evaporator is used for "regeneration", i.e. to pre-heat the incoming milk. In the evaporator (3) the temperature of milk drops to 70°C before it is homogenized at 200 kg/cm² (4). The homogenized milk is fed back to the plate heat exchanger (2) where it is

المراحل المختلفة في التصنيع:

١ - استقبال اللبن وتخزينه

للبن المتجمع من المزارع يوزن أو يقدر حجمه بعد أخذ عينة منه للتحليل الكيماوى أو الميكروبي، ويبرد اللبن إلى درجة حرارة أقل من ٥° م، باستخدام مبرد الأواح، وذلك قبل تخزين اللبن في silo وهو الخزان الأسطوانى الذى يخزن فيه اللبن، وأهم الإجراءات التى تجرى على اللبن قبل تبريده هي عملية التفتية.

وشكل (٦) يوضح عملية استقبال اللبن، ويختبر كل لبن وارد من كل مزرعة حسيا أولا، وأذا ظهر أى روائح غير طبيعية في اللبن الوارد فإنه يرفض مباشرة، والعينة للمركبة من الألبان الواردة مجمعة، تختبر كيميائيا وبكتريولوجيا لتقدير جودتها.



شكل (٦): استقبال اللبن (تداوله وتخزينه)

٢- المعاملة التمهيديّة للّبن:

يمر اللّبن بعدة معاملات قبل أن يصبح يوغورت، وأحدى هذه المعاملات هي عملية تعديل تركيب اللّبن.

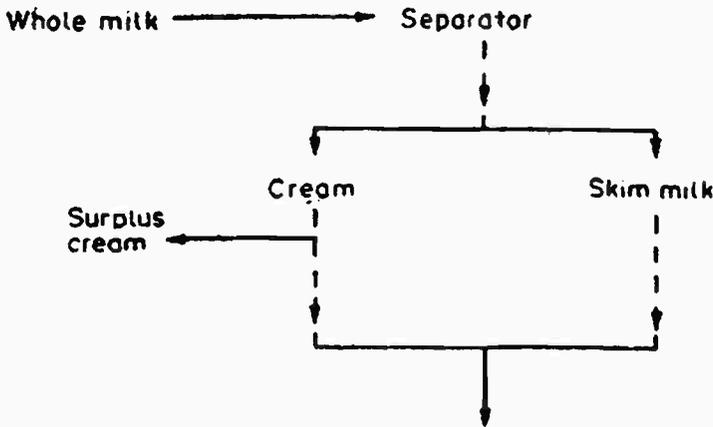
أ- تعديل تركيب اللّبن Milk Standardisation

محتوي اللّبن من الدهن يتوقف علي الموسم ومصدر اللّبن، ولكن في اليوغورت فإن مستوي الدهن يتحدد بتذوق المستهلك، أو بالقوانين الغذائية للبلد، ولذلك فمن الضروري تعديل تركيب اللّبن، وتعديل تركيب اللّبن تتم تبعاً للتخطيط التالي (شكل ٧) ونقّة تعديل تركيب اللّبن تتحدد بالعوامل التالية

١- نوع المعدات المستخدمة وكفاءة فصل الدهن.

٢- نظام التحكم المستخدم.

وعملية فرز اللّبن تطورت كثيرا في السنوات الأخيرة، ولهذا فإن الدهن المتبقي في اللّبن الفرز غالبا يكون في حدود ٠,٠٥-٠,٠٧ %.



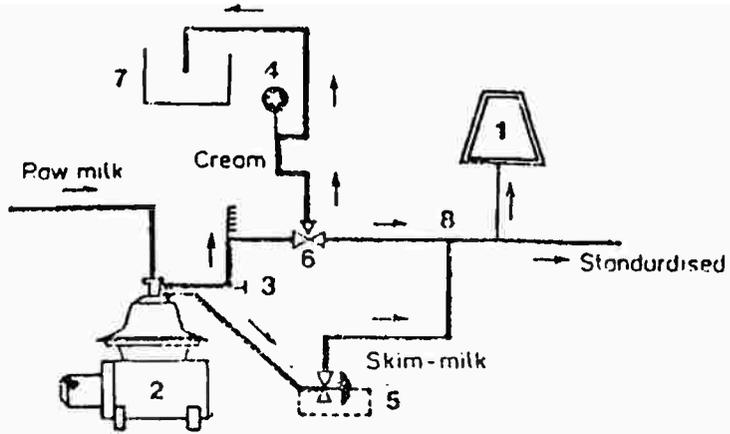
شكل (٧): تعديل تركيب اللّبن

ونظام التحكم المستخدم في خط تعديل تركيب اللبن، ممكن أن يكون يدوي أو أوتوماتيكي، ويوصي بالأول في الإنتاج للصغير أو للمتوسط، أما النظام الأوتوماتيكي فإنه ضروري للمصانع التي تتداول كميات كبيرة من اللبن يوميا. ويستخدم عدة أنظمة لتعديل تركيب اللبن أشكال (٨)، (٩) و(١٠) وكفاءة أي منها تعتمد علي القدرة علي التأكد من:

- ١- ضغط اللبن الفرز في الأنبوب الخارج، يكون منخفض عن الضغط في الأوعية التي سيتم خلط اللبن الفرز والقشدة بها
- ٢- أن يبقي محتوي القشدة من الدهن، ونسبة خلط القشدة مع اللبن الفرز ثابتة.

تطبيق هذه الأنظمة السابقة في صناعة اليوغورت، يمكن أن يؤخذ في الاعتبار تحت الظروف التالية:

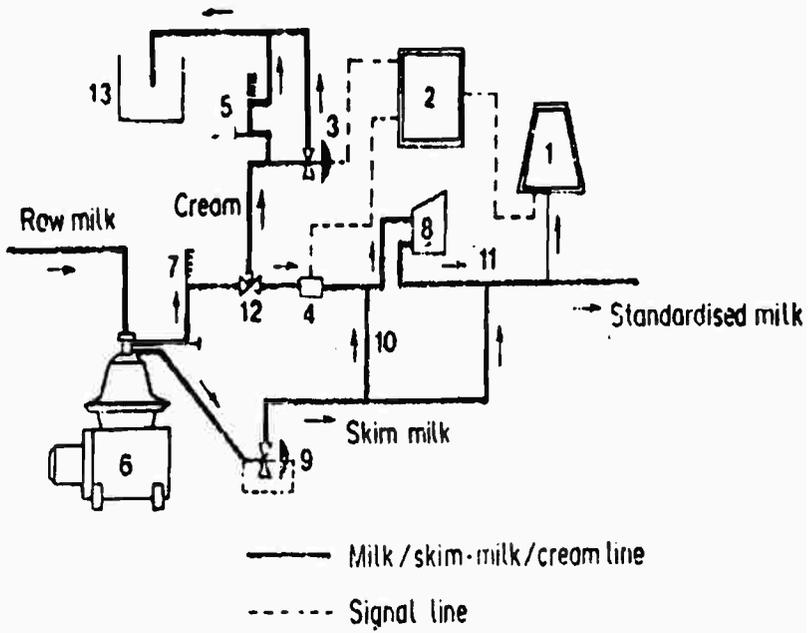
- ١- إذا كان محتوي اللبن من الجوامد تم تدعيمه باستخدام لبن مبخر شكل (١١)، فيكون من الضروري تعديل الدهن في اللبن قبل بدء عملية التركيز.
- ٢- اللبن الفرز يمكن تركيزه بالتبخير، وقبل عملية التجنيس أو المعاملة الحرارية، يتم تعديل اللبن الفرز المركز باستخدام القشدة.
- ٣- يستخدم أحيانا الترشيح بالأغشية بواسطة أنظمة UF or RO (الترشيح الفوقي أو الأسموزية العكسية)، لتركيز اللبن المستخدم في صناعة اليوغورت شكل (١٢)، وفي هذه الحالة فمن الطبيعي فصل القشدة من اللبن الكامل، ثم يركز اللبن الفرز إلى مستوي الجوامد المطلوبة، ثم يعدل تركيبه بعد ذلك باستخدام القشدة إلى نسبة الدهن المطلوبة.



شكل (٨): تعديل اللبن باستخدام نظام التثبيت BMS

1. Milko-tester control unit
2. Separator
3. Cream screw
4. Adjustment
5. Constant pressure valve
6. 3-way valve
7. Excess cream
8. Mixing point

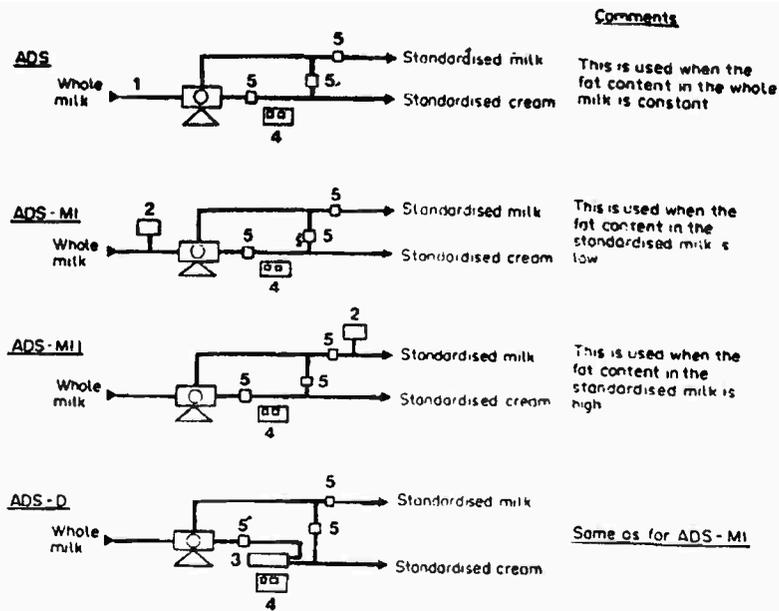
Reproduced by courtesy of Foss Electric (UK) Ltd., York, UK



شكل (٩): نظام Milko-Tester (MTC)

1. MTC with sample-taker
2. Control Unit (MTC controller)
3. Control valve (automatic)
4. Flowmeter with transmitter
5. By-pass valve (manual)
6. Separator, 12,500 l/h
7. Cream screw
8. Homogenizer, 5,000 l/h
9. Constant pressure valve
10. Shunt line
11. Mixing point
12. 3-way valve
13. Balance tank for cream

Reproduced by courtesy of Foss Electric (UK) Ltd., York, UK

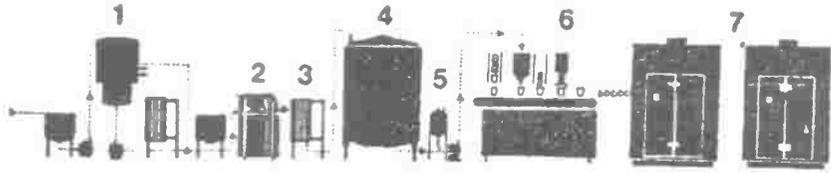


شكل (١٠): بعض أنظمة التعديل الأوتوماتيكية المباشرة (ADC)

1. Manual or Milko-Tester fat content analysis
2. Milko-Tester control (MTC)
3. Density meter
4. Panel with micro computer and recorder
5. Flow meter

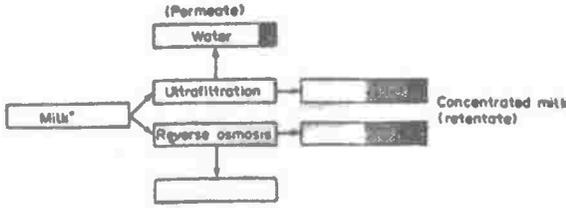
All the above ADS systems use a flow control regulator based on a micro computer

Reproduced by courtesy of Alfa-Laval A/B, Lund, Sweden



شکل (۱۱): رسم تخطيطي لأنتاج اليوغورت للجالس set
yoghurt

- للبن المعدل يركز في المبخر نو الاطباق لنسبة الجوامد المرغوبة (۱).
- للبن المسخن إلى ۵۵ - ۶۰° م يجنس علي ۲۰۰ كجم/سم (۲).
- يجري تسخين اللبن إلى درجة حرارة ۸۵ - ۹۵° م، لمدة ۵ - ۱۰ دقائق أو ۱۳۵° م لمدة ۱۶ ثانية، وذلك في المبادل الحراري نو الاطباق (۳).
- يبرد اللبن المسخن إلى ۴۵° م ويخزن في التتكات (۴).
- يضاف البادئ المقاس كميته إلى اللبن (۵).
- تتم التعبئة (۶).
- تحضن العبوات علي ۴۵° م لمدة ۲,۵ - ۳ ساعات في حجرة التحضين (۷).
- يبرد اليوغورت قبل توزيعه.



شكل (١٢): الاختلاف في الوزن الجزيئي لايونات الـ retentate و permeate خلال الترشيح بالاغشية.

جزيئات كبيرة الوزن الجزيئي (بروتين-دهن)
 جزيئات متوسطة الوزن الجزيئي (لاكتوز-أملاح)
 جزيئات منخفضة الوزن الجزيئي (ماء)

وعموماً فإن اللبن الزبادي (اليوغورت) يعدل لنسبة الدهن قبل بداية عملية التركيز، لكن إذا كان تم تركيز اللبن الفرز بطريقة الترشيح الفوقي UF فإن إضافة القشدة يتم أخيراً بعد التركيز، وسبب إضافة الدهن للبن الفرز المركز في الطريقة الأخيرة، هو أن الضغط العالي المستخدم أثناء عملية التركيز ممكن أن يحطم بعض الخواص الطبيعية للدهن، وبالتالي تؤثر علي جودة اليوغورت، فمثلاً قد يحدث ظاهرة انفصال الدهن oiling-off أو الخض churning effect.

ب- عملية التدعيم بالجوامد الصلبة:

Fortification of milk solids

مستوي اللبن من الجوامد في المخلوط الأساسي، يمكن زيادتها بواسطة واحد أو أكثر من الطرق التالية:

أولا الطريقة التقليدية:

غليان اللبن ممكن أن يتم في وعاء يشابه طريقة البسترة المتقطعة batch pasteurizer، والغرض من ذلك هو التبخير لـ ٣/١ حجم

اللبن تحت الضغط الجوي. ولكن هذه الطريقة لا تستعمل في الحالات التصنيعية، ويرجع ذلك أساساً إلى تكاليفها الباهظة، ولكن انطلاق كمية كبيرة من البخار في هذه الطريقة في مكان اجرائها، تجعلها غير مناسبة أيضاً للحالات الفردية.

ثانياً إضافة بودرة اللبن:

يمكن استخدام أنواع كثيرة من البودرة لتدعيم اللبن، ولكن بودرة اللبن للفرز هي الأكثر استخداماً، والمادة الجافة يتم لهاها مع الوسط المائي، والذي يمكن أن يكون اللبن الكامل أو اللب للفرز أو الماء، والأجهزة المتاحة صممت لتحقيق الأغراض الآتية:

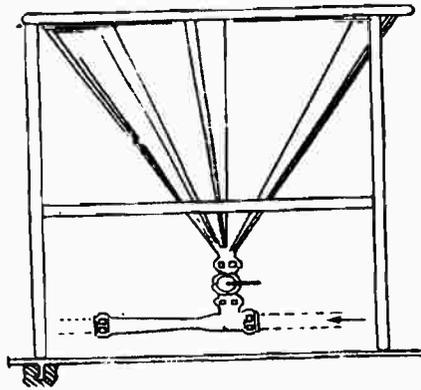
- الانتشار الكامل للمادة الجافة في الوسط المائي.
 - الإرتباط الكامل لجزيئات المادة الجافة بالماء بدون ترك أي بقايا متكتلة.
 - تقليل دمج الهواء إلى أقصى درجة ممكنة، وذلك لتقليل مشاكل تكون الرغوة.
 - الوحدة المستخدمة يجب أن تكون سهلة التنظيف والتعقيم.
- والجهاز المستخدم يعتمد على الكمية الواردة من اللب، والطريقة التي يتم بها أمداد اللب، وعموماً فإن اللب البودرة يعبأ أما في وحدات صغيرة السعة (٢٥ - ٥٠ كجم)، حيث تكون أكياس ورقية متعددة الطبقات، مع طبقات من البولي إثيلين، أو وحدات متوسطة السعة (تصل إلى طن) ، وتكون في عبوات معدنية أو بلاستيكية، أو تكون تتكات حيث تعبأ في المخازن الأسطوانية البنيان.

كذلك طريقة تفريغ العبوات تختلف، فمثلا في حالة الأكياس الصغيرة للسعة،
فإنها تفرغ مباشرة في وحدات الأسترجاج، أما الكميات الأكبر فإنها تفرغ
في منخل لتفريغها في وحدة الخلط.

أما البودرة المخزنة في عبوات معدنية أو بلاستيكية، أو المخزنة في الأبنية
الأسطوانية، فإنها تنقل بأستخدام مغذي حلزوني بسرعات مختلفة، أو
بأستخدام blower ومرشحات أتربة لأزالة أي جزيئات دقيقة، خصوصا في
المصانع التي تتعامل مع كميات كبيرة.

• التالي هو إحدى وحدات خلط بودرة اللبن:

قمع الخلط (hopper): أسترجاع اللبن يتم في صورة مقطعة، والدائرة
المغلقة تتكون من تنك وانبوب اتصال ومضخة طرد مركزي وقمع
(hopper)، ويملأ التنك عادة بالوسط المائي علي درجة حرارة ٤٠ - ٥٠°م،
وتبدأ الدورة، وتوصيل القمع (hopper) بالمضخة مهم. انظر شكل (١٣).

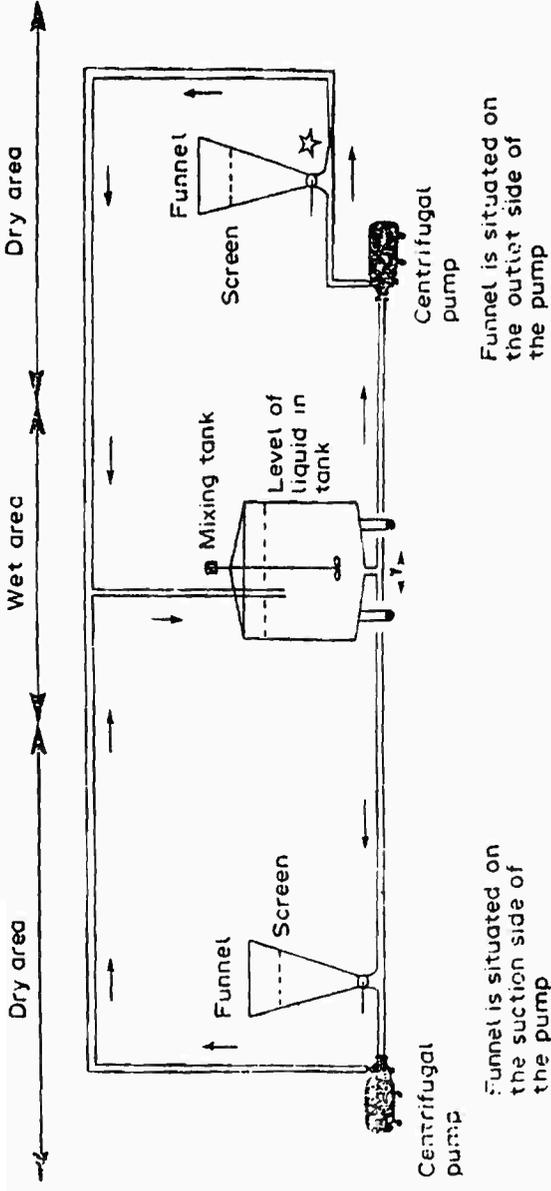


شكل (١٣): قمع خلط Hopper يستخدم لأسترجاع اللبن البودرة

ويوجد اختيارين لتوصيل القمع بالمضخة: شكل (٢٤)

الأول: إذا كان القمع hopper يركب في جانب المضخة وهذا يتيح ميزة سرعة الانتشار والنوبان التام للبودرة، ويرجع ذلك إلى تأثير المضخة، ولكن عيب ذلك هو إمكانية حدوث تكتلات متتابعة في القمع تحدث انسداد فيه.

الثاني: يوضع القمع في الجانب الآخر من المضخة مباشرة بعد الوحدة المجوفة المصممة خصيصا، ويتغلب هنا علي عيب تكون التكتلات (blockage)، ولكن الانتشار الكامل للبودرة يكون ابطئ، حيث تحدث الوحدة المجوفة تفريغ في الأنبوب، يتسبب في أمتصاص البودرة في المحلول المعاد دورانه، وتوضيح الدائرتين المذكورتين سابقا في شكل (١٤).



Funnel is situated on the suction side of the pump

Funnel is situated on the outlet side of the pump

شكل (١٤): يوضح الأختمالين اللذان يمكن أقامتهما لقمع لاسترجاع اللين

البودرة.

• لزوجة السائل الدائر تزيد وينخفض الضغط، وينخفض احتمال حدوث سد في القمع.

ويلاحظ عند وصول أى هواء، فإنه يرجع ثانية إلى التانك أكثر من جانب المضخة، لأن الهواء إذا دخل النظام، فإن فعل المضخة للدافع ممكن أن يزيد كمية الهواء الداخل في المنتج، علاوة على أن خفض التهوية أو تكوين الرغوة ممكن أن يحدث بتركيب صمام خاص في قمع الفصل، والتأكد من أن خط الرجوع في تلك الخلط تحت مستوي السائل، وإذا أحتاج الأمر إضافة كمية أخرى من البودرة، فإنه يمكن استخدام أحد الوحدات التالية:

١- خلط يركب في نفس الخط In line static mixer

٢- محرك عالي السرعة في تلك الخلط High speed agitator in the mixing tank

٣- نافورة (منفت) لسائل عالي الكثافة High velocity liquid jet

٤- خلط في الخط In line mixer

هي طريقة بديلة للقمع توضع في خط المقلب وبعض الأمثلة لهذه الوحدة ما يلي:

أ. Tri-blender

وحدة الخلط هذه زودت بواسطة شركة Ladish الأمريكية، وأهم جزء في هذه الوحدة، أن الخلط نو النافورة المجوفة يحل محله أداة مزج عالية السرعة، حيث يغذي القمع في الخلط بالبودرة، وتنتشر في تيار السائل في داخل الخلط نفسه، هذه الألة التي تخلط وتمزج تسمى أحيانا بناشر الأنبوب في الأنبوب tube in tube diffuser وكفاءة المزج ترجع إلى حقيقة أنه في قاع الخلط حيث تقع آلة المزج، يوجد حاجز يقلل تكون الكتل والرغوة، وبذلك يضمن انتشار متجانس للبودرة، وتزود هذه الألة بصمام فراشة، والذي يمنع الفتح قبل تشغيل الموتور، ويوجد استعداد للتغذية الأوتوماتيكية بالبودرة.

ب- Silverson mixer

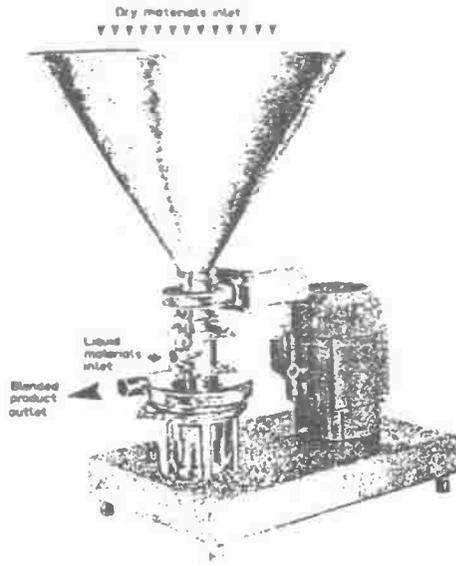
هذا النوع من الخلاطات يعمل علي سرعات عالية، ويحدث تأثير التجنيس أثناء عملية أسترجاع المواد الجافة. والنوع المستخدم لأسترجاع اللبن البودرة يعرف باسم In-line and the flashmix (شكن ١٥). وتحتوي للوحدة علي كلا الخلاطين معا، وهذه الألة صممت للعملية المستمرة علي سرعات عالية. وفي In-line mixer يوجد رأس، أما في Flashmix فيوجد رأسين، وخواص التشغيل في هذه الرؤوس يمكن وصفها بواسطة المصنعين كما يلي:

أن المواد داخل الرأس تتعرض لقص هيدروليكي شديد بواسطة الدوران العالي للسرعة لل rotor داخل الفراغ المحدود للحجرة الstator، والقوة المركزية المتولدة بالدوران تدفع المكونات في الرأس، ناحية المحيط الخارجي للرأس، حيث تطحن وتخفق المواد الصلبة والسائلة في الفراغ الدقيق بين نهايات النصل الدائر، والحائط الداخلي الثابت، وبتأثير القوة المركزية تقذف المواد من الرأس وتنقل القص الميكانيكي بين الطرف أو القمة الدائرة، وحافات ثقب الstator.

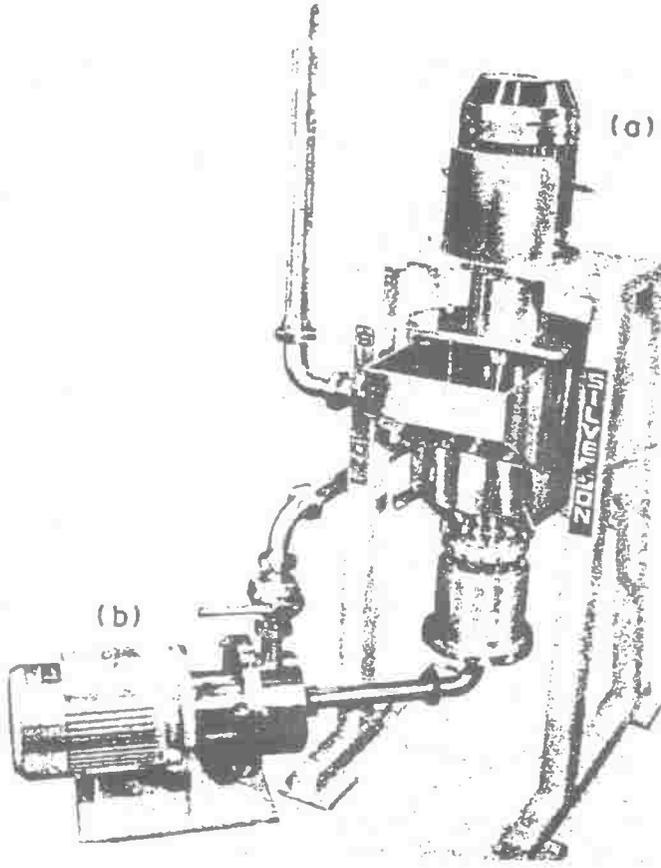
أخيراً فإن مكونات الرأس تدفع بواسطة نفس القوة المركزة خلال الألة إلى الخارج وعلي طول الأنبوبة، وفي نفس الوقت فإن المواد الطازجة تسحب للداخل للحفاظ علي الرأس مشحونة دائما بالمواد المراد خلطها.

وأستخدام الخلاط In-line بمفرده اظهر محدودية، حيث أن لقاء اللبن البودرة خلال القمع في دائرة دائرية تؤدي إلى تقوس محتوم، ولكن بأستخدام خلاط الFlashimx تم التغلب علي هذه المشكلة، ويرجع ذلك إلى حقيقة أن كل من المواد السائلة والصلبة تغذي بصفة مستمرة في قمع مصمم خصيصا وبذلك، قبل ما يمتص مباشرة إلى الhopper rotor /stator، وهذه الرأس تحول

بودرة اللبن أو الوسط السائل إلى خثرة، والتي تنتشر بعد ذلك كنتيجة لتأثير سرعة القص العالية على قاع الرأس الثانية. ومن ذلك يتضح أن كل خلط صمم لغرض معين، وأن الجمع بين النوعين في خلط واحد، يجمع مميزات الأثنين ومنها أن عملية الخلط سوف تحتوي على ثلاثة رؤوس عاملة بدلا من رأس عامل واحد أو اثنين، وبذلك نتأكد من الذوبان الكامل للبودرة وأقل أنماج للهواء، كذلك يحدث بعض التجانس باستخدام الخلاطين.



شكل (١٥): الخلاط الثلاثي Tri-blender، والذي صمم على tube in tube diffuser (ناشر الأنبوب في الأنبوب).



شکل (۱۶): خلاط مزبوج ینکون من:

- a- Flashmix (EFF)
- b- in line mixer

ج-وحدة الخلط في التتک In-tank mixing unit

الخلط الجيد للبودرة في التتک تتحقق بالتزويد بنظام التقليب والأنسياب

المألوف الذي يحدث أثناء خلط السائل وهذا التصميم يتاثر بالآتي:

١- حجم وشكل نظام التحريك (زعنفي - علي شكل للتربين-حلزوني-خطافي - مروحي)

٢- موضع المقلب (القاع أو القمة- عمودي أو مائل_ مركزي أو لا).

٣- سرعة دوران المقلب.

٤- شكل الوعاء.

٥- اختلاف الكثافة بين السائل والمقلب.

٦- أدماج الهواء في السائل.

٧- أي تأثير قص.

٨- حدوث دوامة.

د-جهاز إعادة التكوين (الأسترجاع)

Primodan continuous recombiner

أدماج الهواء أثناء عملية أسترجاع بودرة اللبن لا يمكن تحاشيه باتباع

الطرق التي ذكرت سابقا، ووجود الهواء ممكن أن يؤثر علي كفاءة البسترة

- التجنيس. وأخراج الهواء من اللبن المسترجع ضروري قبل العملية

التالية، وعملية أخرج الهواء ممكن أن تشمل فصل طبيعي بسيط، حيث

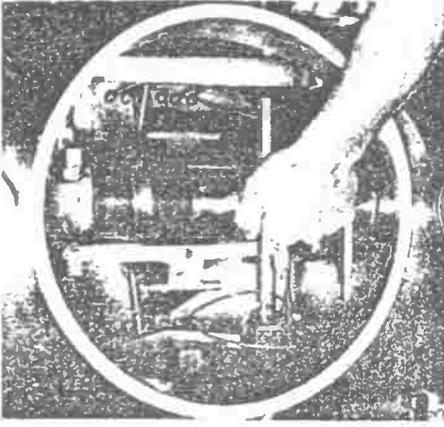
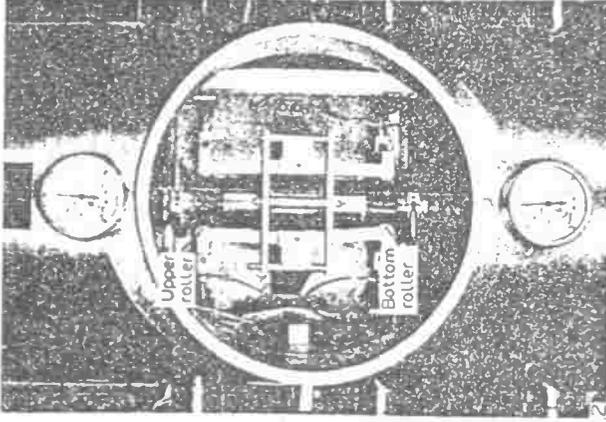
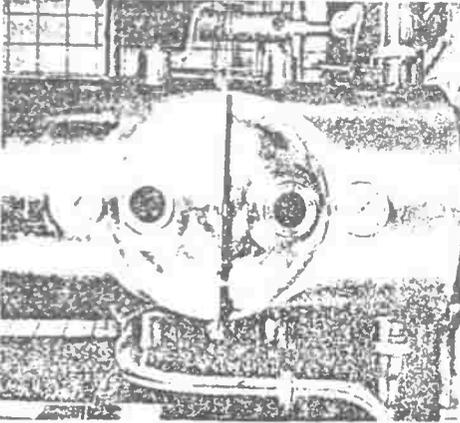
يترك اللبن بدون تحريك لفترة من الوقت في الخلاط أو التتک، أو ممكن

يحدث فصل للهواء تحت تفريغ شكل (١٧). ولكن إذا تم خلط البودرة تحت

تفريغ، فإنه يمكن تجنب خطوة أخرج الهواء، ويستخدم لذلك primodan

recombiner والذي يتكون من الآتي:

- أ- قطاع الأسترجاع، يتكون من وحدة الجرعة dosing unit ومضخة خاصة وتتك التوازن وأعادة الدوران.
- ب- تنقل البودرة إلى وحدة الجرعة أوتوماتيكيا.
- ج- تضاف البودرة أوتوماتيكيا إلى السائل الدائر بتأثير فعل المضخة، والتي تخلق تفريغ تحت وحدة الجرعة dosing unit ومستوي التفريغ الحادث ممكن أن ينظم بواسطة صمام الفراشة.
- د- آلة الجرعة تتكون من أنبوبة من المطاط المرن ثلاثم نوعية ضغط البكرة، هذه البكرات تعمل اختياريا، وبذلك عندما يكون قاع البكرات في وضع للقل (الغلق) لالقاء البودرة في وحدة الجرعة، يكون أعلى البكرات في وضع الفتح والعكس صحيح.
- هـ- تمتص البودرة في السائل الدائر تحت التفريغ.
- و- كذلك يحتفظ بالتفريغ خارج الأنبوبة المطاط في وحدة الجرعة، وذلك لتخاشي أي التصاق في الأنبوب.
- ز- قد صمم تتك التوازن/الدائر لتحرير أي هواء يدمج بالصدفة، أو الهواء الموجود اصلا في البودرة، كذلك هذا التتاك زود بحواس لتنظيم دخول الماء أو اللبن وخروج اللببن المسترجع أو المعاد تركيبه.



شكل (١٧): جهاز اعادة التكوين Primodan continuous

1. General view of the dosing unit
 2. Dosing device-notice the upper and the bottom sets of rollers
 3. The rubber pipe-the dosing unit can deliver 300 gm at each dosing operation
- Reproduced by courtesy of Primodan Dairy Equipment A/S, Mørkøv, Denmark

وعندما نتكلم عن أسترجاع بودرة اللبن فإن هناك حالتين في اللبن البودرة يجب أن نحذرهما:

أولاً: أن ليس كل جزيئات اللبن البودرة تنوب أثناء عملية الأسترجاع، ربما أثناء أستخدام بودرة ليست علي درجة كبيرة من الجودة، أو أن آلة الخلط ليست علي درجة من الكفاءة، أو وجود جزيئات شايطة. وكل الأجزاء الغير ذائبة يجب ازالتها كما يلي:

بوجود غربال من الصلب الذي لا يصدأ في الخط In-line stainless mesh أو النايلون الذي يسمى Duplex ومنقي بالطرد المركزي.

ثالثاً تبخير اللبن:

عملية تعديل تركيب اللبن المستخدم في صناعة اليوغورت، ممكن أن تتم بأستخدام مبخر والذي بواسطته يزال (١٠-٢٥ %) من الماء وتزيد الجوامد الكلية بمعدل (٢-٤%). وللتخلص من الكمية المرغوبة من الماء دون التأثير علي مكونات اللبن بالحرارة العالية، فإن عملية التبخير تتم تحت تفريغ. ويضخ اللبن الذي سيستخدم في صناعة الزبادي من تلك الوزن إلى المكثف، حيث يسخن مبدئياً ثم يدخل بعد ذلك إلى قسم الألواح في المبخر لتسخين آخر، وبعد الوصول إلى الدرجة فإن اللبن يذهب إلى قسم الفصل، ويزال بخار الماء من اللبن وتكرر الدورة، إلى أن يصل اللبن إلى التركيز المطلوب من الجوامد الصلبة، والأستفادة من الحرارة أثناء عملية التبخير يكون علي درجة عالية من الكفاءة، ويتم تنفيذه بأستخدام thermocompressor، وعلي سبيل للمثال فإن بخار المصنع يخلط مع البخار الناتج من المبخر.

ويوجد نوع آخر به A/B (Alfa-laval) single-effect evaporator وفيه يتم تتابع للعمليات في التركيز كما يلي:

يسخن اللبن إلى درجة ٦٠ °م في قسم التبادل الحراري بالألواح، مستخدماً في ذلك اللبن المركز من التبخير. ثم يسخن اللبن إلى ٨٥-٩٠ °م في قسم التسخين في المبادل الحراري ذو الألواح، واللبن الساخن يدخل حجرة التفريغ حيث يكون المدخل علي شكل أنبوبة ممتدة لمنع حرق اللبن. ويستمر دوران اللبن حتي نحصل علي التركيز المرغوب، ويتم التحكم في دورة الدوران بسعة حجرة التفريغ وقدرة مضخة التفريغ.

وفي كل دورة يتم التخلص من ٣-٤ % من الماء الموجود في اللبن، وللحصول علي تبخير ٢٠ %، فإن سريان الدوران لابد أن يكون ٥-٦ مرات من سعة المصنع (شكل ٣,١١) وسعة هذا المبخر تصل إلى ٨٠٠٠ لتر/ساعة، ولكن في المصانع الأكبر يستخدم مبخرات مختلفة، وأثناء التبخير تنخفض درجة حرارة اللبن إلى ٧٠ °م. وعموماً يتوفر في هذه المبخرات Evaporators المميزات الآتية:

- تحتاج إلى مساحة صغيرة جداً.
- كفاءة الاستفادة من الحرارة.
- فوري في استعماله.

وبالإضافة إلى ذلك فإن اليوغورت المصنع باستخدام اللبن المركز بهذه الطريقة يتميز بصفات حسية ممتازة. رابعاً: التركيز باستخدام الأغشية:

Membrane concentration of milk

الطريقة البديلة الأخرى لعملية تدعيم اللبن، هي التركيز باستخدام أغشية الترشيح، مثل الترشيح الفوقي UF والأسموزية العكسية RO، والأختلاف الأساسي بين نظامي RO و UF هو أن ضغط العملية أكثر ارتفاعاً في حالة RO كذلك أن أغشية RO تكون أقل نفاذية من أغشية UF حيث يكون حجم

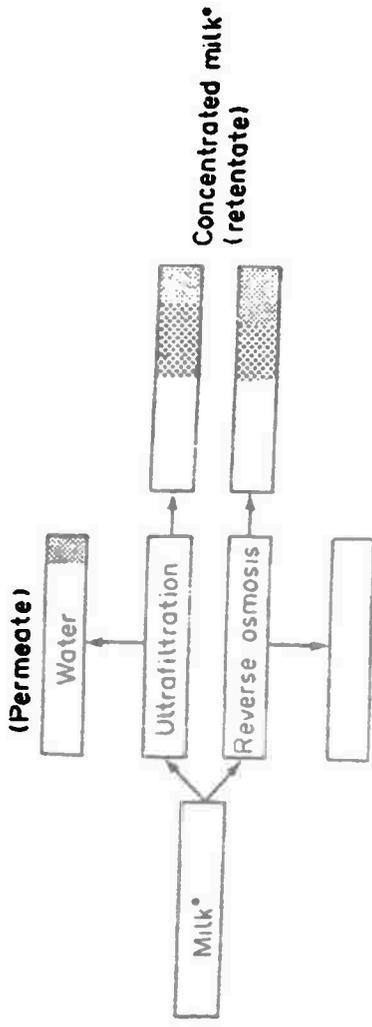
التقوب في RO أقل من (4A)، أما حجم التقوب في UF فإنه أكبر من (20A) مع العلم بأن

$$1\text{mm} = 10 \text{ A}$$

ومكونات اللبن التي تنفذ من الغشاء تسمى permeate والمكونات التي لا تنفذ تسمى retentate وتكون هي الشق المترکز، والمكونات المختلفة الموجودة في اللبن يمكن تقسيمها إلى ثلاثة مجموعات رئيسية، معتمدا على الوزن الجزيئي، وهي الجزيئات الكبيرة (البروتين والدهن) والجزيئات المتوسطة (اللاكتوز والأملاح) والجزيئات الصغيرة (الماء).

وفي حالة اغشية RO تسمح فقط بالجزيئات الصغيرة (الماء) بالمرور خلال الغشاء ويتكون retentate من مركز كل مكونات اللبن، بينما في حالة اغشية UF فإنها تسمح بمرور الجزيئات الصغيرة والمتوسطة الذائبة (ماء - لاكتوز - أملاح)، وال retentate يكون مترکز من الجزيئات الكبيرة، وتشمل البروتين والدهن.

والأختلاف بين permeate و retentate للـ RO و UF موجود في شكل (١٨). وتطبيق استخدام الترشيح بالأغشية في صناعة اليوغورت، غالبا ما يكون باستخدام الترشيح الفوقي UF لأن لها فوائد في زيادة تركيز البروتين، وانخفاض اللاكتوز في اللبن المستخدم في صناعة اليوغورت، والشكل (١٩) لمصنع يستخدم طريقة UF في صناعة اليوغورت.



Large molecular weight materials (proteins and fats)

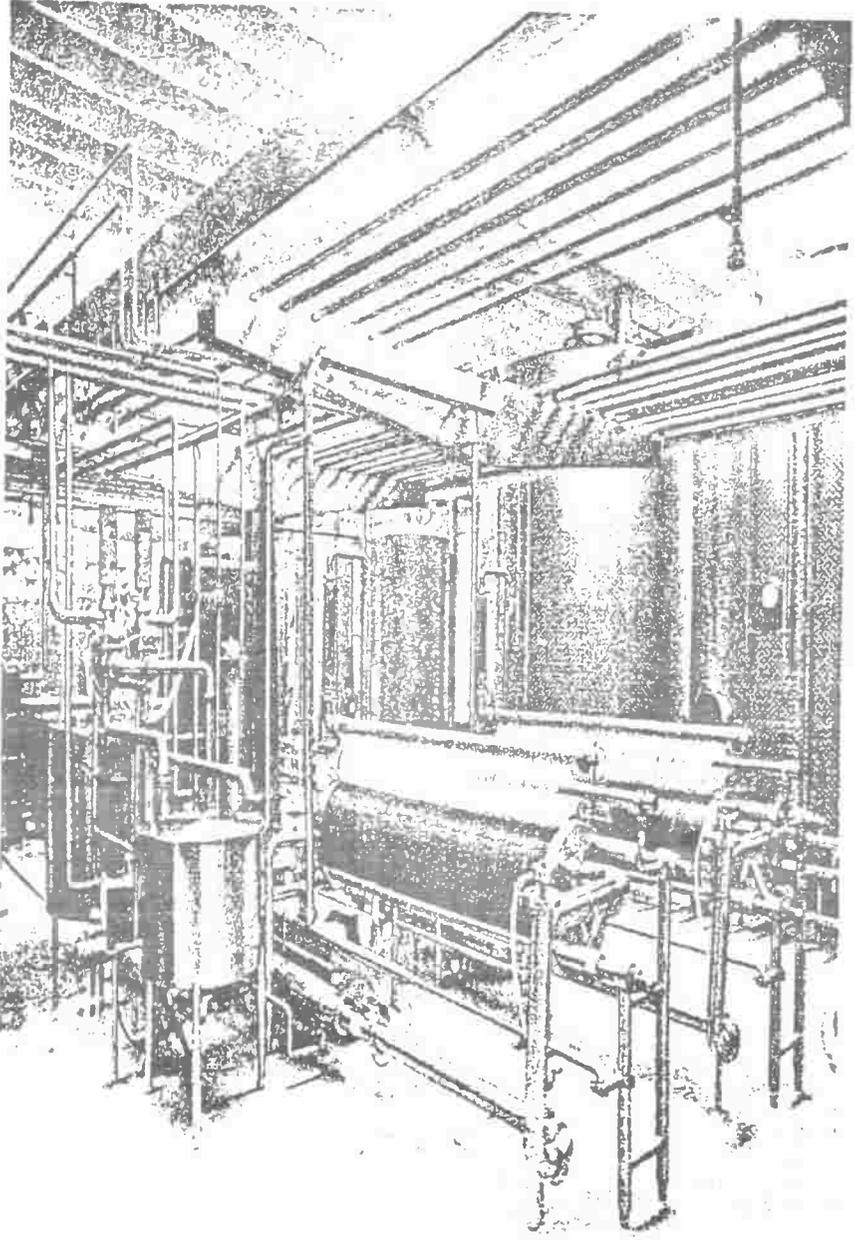


Medium molecular weight materials (lactose and salts)



Low molecular weight materials (water)

شكل (١٨): الفروق الرئيسية في التركيب بين permeate و retentate أثناء الترشيح بالأغشية



شكل (١٩): مصنع تركيز اللبن بطريقة الترشيح الفائق Ultra filtration

التجنيس Homogenisation

يستخدم التجنيس بصفة أساسية للحصول علي مستحلب ثابت للدهن في الماء (fat in water) وبذلك لا ينفصل الدهن في اليوغورت الناتج. ولكن التجنيس يعطي اللبن المستخدم في صناعة اليوغورت صفات طبيعية مرغوبة، يكون لها تأثير في إعطاء يوغورت جيد، ويتم عملية التجنيس بدفع اللبن خلال ثقب ضيق تحت ضغط عالي، ويتكون المجنس ببساطة من الآتي:

• مضخة ضغط عالي.

• صمام أو رأس المجنس.

والمقطع المار رأس أي مجنس يتكون من:

• صمام المقعد أو الحلقة الخارجية.

• حلقة التصادم أو حلقة التجنيس.

• القلب أو الصمام.

• عدة مرور المنتج.

ومرور اللبن خلال رأس المجنس يمكن شرحه كما يلي:

يغذي اللبن في المجنس تحت ضغط عالي، وأول قوي تصادم تفتح الصمام، وتكون فراغ بين الحلقة الخارجية وحلقة التصادم outer ring and impact ring والآنخفاض الحادث في الضغط ينتج عنه تأثير قص، مع فقاعات فراغية وبهذا يحدث انخفاض في حجم حبيبة الدهن، واللبن ما زال مستمر في سريانه علي سرعة عالية (في منطقة ١٢,٠٠٠ - ١٨,٠٠٠ م/دقيقة)، ويرتطم اللبن بحلقة المجنس، أو التصادم، فيحدث تغير في اتجاه اللبن المناسب وينتج عن ذلك قص أكثر وحدث تحطم بواسطة التصادم وأنضمام الفقاعات.

- والفتحة تكون حوالي ٣٠٠ ميكرون.

- يمكن زيادة تأثيرالتجنيس بأمراض المنتج خلال الرأس الثاني من المجنس، والضغط المبذول في المرحلة الثانية أقل من المرحلة الأولى. والضغط في المرحلة الثانية للتجنيس يمكن تنظيمه لأنتاج درجة مرغوبة من التجنيس.

٤- المعاملة الحرارية Heat treatment

في صناعة اليوغورت بالطرق المستمرة يستعمل التسخين بأستبدال التبادل الحراري بالألواح أو الأنابيب، والتي فيها يسخن اللبن بطريقة غير مباشرة بأستخدام البخار المباشر تحت ضغط منخفض في قطاع التسخين في المبادل الحراري أو الماء الساخن. والأنواع المستخدمة من المعدات لتسخين اللبن في الطرق المستمرة هي:

ألواح التبادل الحراري plate heat exchanger

أنابيب التبادل الحراري tubular heat exchanger

الأنسياب أو التزخلق فوق الأسطح Scraped /swept surface exchanger
والنوعين الأولين هما الأكثر أنتشاراً في مصانع صناعة اليوغورت للمعاملة الحرارية للبن، أما النوع الثالث فيستخدم للمعاملة الحرارية لتحضيرات الفاكهة، والمبادلات الحرارية هذه يمكن أن تصورها كقناتين، حيث تمر مادة التسخين (الماء الساخن) في أحدها، وتفصل بحاجز من اللبن الذي سيستخدم في صناعة اليوغورت، الذي ينساب في القناة الثانية، وبذلك يعامل اللبن بطريقة مستمرة، ولهذه الطريقة المستمرة عدة مميزات بالمقارنة بالمبادلات الحرارية التي يتم فيها معاملة اللبن بطريقة متقطعة، وهذه المميزات هي:

١- تحتاج مساحة ارضية صغيرة.

٢- تحتاج إلى طاقة أقل ويرجع ذلك إلى تحسين كفاءة انتقال الحرارة

والأستفادة من الحرارة.

٣- يمكن زيادة الإنتاج باستغلال تنكات للتخمير أكثر من مرة واحدة يوميا.

٤- النظام متعدد للجوانب، حيث أن اللبن المعامل يمكن أن يزال من المصنع عند درجة حرارة معينة لتجنيسه.

وعمليا فإن المبادل الحراري ذو الألواح يتكون من عدة أقسام، والتي فيها تتم معاملات مختلفة للبن، وهي المعاملة الحرارية المبدئية للبن، والتسخين والتسخين النهائي، والحجز والتبريد، ووسط التسخين يكون في العادة الماء الساخن، ولكن إذا كان اللبن سيسخن لدرجة حرارة أعلى من ١٠٠، فإنه يستخدم البخار الساخن تحت تفريغ. أما مادة التبريد فهي إما أن تكون ماء بارد أو محلول ملحي، والمادة المستخدمة في المبادل الحراري تعتمد على درجة الحرارة المطلوب التسخين لها، ومرور كل من اللبن ومادة التسخين أو التبريد في المبادل الحراري يتم بالتبادل single channel/operation. ولكن من الصعب الحفاظ على كفاءة انتقال الحرارة، وللتغلب على هذا العيب فإن سريان السوائل في ألواح المبادل الحراري ممكن أن ترتب بطريقة خاصة. وأحدى المبادلات الحرارية من النوع Alfa-Laval يكون لها تركيب من ٢×٤ /٤×٢. ومثل هذه التركيبة تعني أن وسط التسخين يوجد في ٤ قنوات متوازية، وتغير اتجاهها مرتين، ومرور اللبن في قناتين متوازيتين، وتغير اتجاهها ٤ مرات.

والمبادل الحراري الأنبوبي كما يدل اسمه، يتكون من أنابيب أو قنوات ويمكن أن يكون في شكل مبادل حراري ذو انبوب واحد a single tube heat exchanger أو مبادل حراري يتكون من حزمة من الأنابيب، والمبادل الحراري ذو الأنبوب الواحد يتكون من انبوب داخل انبوب coaxial double tube

ولكن إذا أحتاج إلى مساحة سطح أكبر، فإن الأنابيب ممكن ترتيبها حلزونياً داخل تلك اسطوانتي موضوع في وضع عمودي، وسير السوائل في هذا المبادل يكون أما متوازي، أو في وضع تيار معاكس، والأخير دائماً يوصي به للمعاملة الحرارية للبن المستخدم في صناعة الليوغورت.

ويوجد مبادل حراري انبوبي يتكون من ثلاث أنابيب داخل بعضها، حيث تمر مادة التسخين في الفراغ الداخلي والحارجي من الأنبوبة، بينما يمر اللبن خلال الوسط.

وفي الأنواع الأخرى من المبادل الأنبوبي، فإن حزمة الأنابيب تطوق في غلاف خارجي، وبينما ينساب اللبن خلال الأنابيب فإن وسط التسخين أو التبريد يدور داخل الغلاف.

وبالنسبة للمعاملة الحرارية للمنتجات اللزجة، فإنه يستخدم طريقة التسخين بالأنسياب علي الأسطح scraped/swept surface، والذي يتكون من اسطوانة مزدوجة الجدار مزودة بنصل منزلق. وهذا النصل الذي يدور بسرعة عالية، يزيل المادة المسخنة باستمرار من علي سطح التسخين، ونتيجة لذلك يكون السطح الفعال أكبر، وانتقال الحرارة يكون طبيعياً أسرع، ويعتمد علي سرعة دوران النصل، وهذا المبادل الحراري ممكن أن يصعد أو يمتطي عمودياً أو أفقياً.

وطريقة سريان السوائل، علي سبيل المثال الماء الساخن واللبن في المبادل الحراري، ممكن أن تكون في نفس الاتجاه parallel flow أو تكون في الاتجاه المعاكس opposite direction انظر شكل (٢٠) counter-current flow. وفي كل وضع تختلف صورة التغير في الحرارة أثناء المعاملة الحرارية للبن، ففي حالة سير اللبن ومادة التسخين (الماء) في اتجاه معاكس counter-current flow فإن اللبن ومادة التسخين يدخلان المبادل الحراري من اطراف

متعاكسة، وعلي ذلك فإن اللين البارد يقابل مادة التسخين الباردة، وترتفع درجة الحرارة بأطراد بمرورها في المبادل الحراري، وتكون درجة حرارة اللين دائما أقل من درجة حرارة مادة التسخين المقابلة بدرجات قليلة. بينما في حالة السريان المتوازي (parallel flow)، فإن كل من اللين ومادة التسخين يدخلان المبادل الحراري من نفس النهاية، ونتيجة لذلك فإن الزيادة في درجة الحرارة للمنتج لا تكون أعلى أبدا عما إذا خلط اللين ومادة التسخين معا.

وعلي ذلك فقد أثبتت الأبحاث أن الأنسياب المتوازي paralled flow له كفاءة ٥٠ % في انتقال الحرارة، وأن كفاءة انتقال الحرارة تكون أعلى في حالة الأنسياب المعاكس counter current flow. وقد لخصت العوامل المؤثرة علي كفاءة انتقال الحرارة في المبادل الحراري نو الألواح كما يلي:

١- التصميم الملائم ادي إلى الوصول إلى الأنسياب الجيد للمنتج ومادة التسخين.

٢- السطح الكبير والفراغ القليل بين الألواح، والتمويج المناسب حسن معدل انتقال الحرارة بين اللين و وسط التسخين.

٣- الفرق الكبير بين درجة حرارة السوائل (اللين ومادة التسخين) كان له ميزات هامة، ولكن يجب الأخذ في الاعتبار مدي حساسية مكونات اللين للحرارة.

٤- تجنب الأنخفاض في الضغط بين الألواح في المبادل الحراري، وذلك بوضع مضخة، حسن من خولص انتقال الحرارة.

وللمعاملة الحرارية للين بالطرق المستمرة في مصانع إنتاج اليوغورت، يتم تقسيم الأجهزة إلى عدة أقسام كما يلي:

١-أعادة الاستفادة من الحرارة. Regeneration section

٢- التسخين والتبريد. Heating/ cooling section

١- قسم إعادة الاستفادة من الطاقة (تحديد تبعات الطاقة)**Regeneration section**

في هذا القسم يتم تدفئة اللبن البارد الوارد إلى المصنع، بواسطة اللبن الذي تم تسخينه والعكس صحيح، والغرض من ذلك هو الاستفادة من الطاقة بطريقة اقتصادية وبكفاءة أعلى.

فعلي سبيل المثال إذا تم تسخين اللبن من 5°C إلى 95°C (ماء ساخن)، ثم برد إلى $40 - 45^{\circ}\text{C}$ (ماء بارد). فإن الحرارة المطلوبة تكون مرتفعة، فالطاقة تكون مطلوبة لتسخين الماء الساخن، ولتبريد الماء البارد.

لكن إذا استخدمت طاقة التسخين في قسم إعادة الاستفادة من الحرارة (الطاقة) Regeneration section فإن النتيجة تكون تحول الطاقة، وكفاءة

إعادة الاستفادة من الطاقة يعبر عنها أحيانا كنسبة مئوية كما يلي:

مثال ١: إذا كانت طاقة المصنع 4000 لتر/ساعة، ويدعم اللبن المستخدم في صناعة اليوغورت، باستخدام اللبن البودرة، فإن التقدم في درجة الحرارة باستخدام قسم إعادة الاستفادة من الطاقة في المبادل الحراري ذو الألواح تكون كما يلي

١- درجة حرارة اللبن ارتفعت من 5°C - 45°C بواسطة إعادة الاستفادة من الطاقة الموجودة في اللبن المسخن لتسخين اللبن الوارد للمصنع، ويكون التغير الحادث في حرارة اللبن 40°C .

٢- اللبن الذي تم تدفئته سابقا يسخن من 45°C إلى 90°C بواسطة الماء الساخن، حيث يترك اللبن المبادل الحراري عند 60 إلى 70°C إلى الجنس قبل أعادته للمصنع للتسخين النهائي.

- اللبن المسخن يبرد من ٩٠ إلى ٥٠ م° في قسم regeneration بأنتقال الحرارة للبن الوارد البارد إلى المصنع، والتغير في درجة الحرارة يكون ٤٠ م°.

- اللبن المسخن جزئياً عند ٥٠ م° يبرد أكثر إلى الي ٤٠ - ٤٥ م° بواسطة الماء. ويمكن ملاحظة أن لبن اليوغورت سخن من ٥ - ٩٠ م° (زيادة الحرارة ٨٥ م°) - والزيادة في قسم إعادة الاستفادة من الطاقة كان ٤٠ م°. وعلي ذلك فإن النسبة المئوية للاستفادة من الطاقة

$$= 100 \times 85 \div 40 = 47.5\%$$

مثال ٢: عند تركيز اللبن إلى نسبة الجوامد الصلبة المرغوبة، اللبن البارد الوارد إلى المصنع يسخن من ٥ إلى ٦٠ م°، بواسطة إعادة الاستفادة من الطاقة، بأستغلال الطاقة الموجودة في التكتيف من المبخر. اللبن المسخن جزئياً إلى ٦٠ م° يسخن بعد ذلك إلى ٩٠ م°، بواسطة الماء الساخن وذلك قبل دخوله إلى المبخر، وللوصول باللبن إلى تركيز من الجوامد الصلبة يناسب تركيز الجوامد في اللبن اللازمة لصناعة اليوغورت، فإن اللبن يدور في المبخر، وقسم التسخين في المبادل الحراري، بمعدل سريان ٩٠٠٠ لتر/ساعة. يترك اللبن المركز المبخر علي درجة ٧٠ م° ويجنس، ثم يسخن إلى ٨٢ م° بأعادة الاستفادة من الطاقة regeneration بأستغلال الطاقة الموجودة في اللبن الذي تم تسخينه. بعد ذلك يسخن إلى ٩٠ م° بأستخدام الماء الساخن.

- يبرد اللبن من ٩٠ إلى ٧٨ م° بأعادة الاستفادة من الطاقة regeneration وذلك بأستغلال انتقال الحرارة منه إلى اللبن المركز المسخن عند ٧٠ م°.

- يبرد اللين بعد ذلك من ٧٨° م إلى ٤٠-٤٥° م (درجة حرارة التحضين) باستخدام الماء البارد.

ولحساب النسبة المئوية لاعادة الاستفادة من الطاقة في مثل هذا النظام، فأنها تكون أكثر تعقيدا من المثال السابق وابطس تقريبا هو قسمة الحمل الحراري الكلي علي كمية الطاقة الناتجة من إعادة الاستفادة من الطاقة regeneration والتي بضربها في ١٠٠ ينتج النسبة المئوية للطاقة للمعاد الاستفادة منها. وإذا افترض أن الحرارة النوعية وكثافة لبن اليوغورت، تساوي ما للماء، فأن الحسابات تكون كما يلي:

١- ٥- ٦٠° م (أعادة أستفادة من الطاقة)، فأن الطاقة المتحصل عليها تكون $٤٧٠٠ \times ٥٥ = ٢٥٨٥٠٠$ كيلو كالوري/ساعة.

٢- من ٦٠ الي ٩٠° م (ماء ساخن)، الحمل الحراري يكون $٣٠ \times ١٩,٧٠٠ = ٥٩١,٠٠٠$ كيلو كالوري/ساعة.

٣- ٧٠ - ٨٢° م (أعادة أستفادة من الطاقة) - الطاقة المتحصل عليها تكون $٤,٠٠٠ \times ١٢ = ٤٨,٠٠٠$ كيلو كالوري/ساعة.

٤- من ٨٢ - ٩٠° م (ماء ساخن) - الحمل الجراي يكون $٨ \times ٤,٠٠٠ = ٣٢٠٠٠$ كيلو كالوري/ساعة.

وعلي ذلك فأن الحمل الحراري الكلي =

$٢٥٨,٥٠٠ + ٥٩١,٠٠٠ + ٤٨,٠٠٠ + ٣٢,٠٠٠ = ٩٢٩,٥٠٠$ كيلو كالوري.

وتكون الحرارة المتحصل عليها من إعادة الاستفادة من الطاقة =

$٢٥٨,٥٠٠ + ٤٨,٠٠٠ = ٣٠٦,٥٠٠$ كيلو كالوري/ساعة.

وعلي ذلك فأن النسبة المئوية للطاقة المستفاد بها من إعادة الاستفادة من الطاقة هي

$٣٣\% \approx ٩٢٩,٥٠٠ \div ١٠٠ \times ٣٠٦,٥٠٠$ تقريبا.

علي ذلك فإن الطاقة اللازمة لمثل هذا المصنع تكون ٨٤٠ كجم/ساعة من البخار و ٩٢٠٠ لتر/ساعة ماء.

وبالرغم من أن الطاقة المستفاد منها من إعادة استخدام الطاقة regeneration منخفضة في هذا المثال عن المثال السابق، إلا أنه يجب أن نأخذ في الاعتبار عاملين هما:

- ١- تكلفة بودرة اللبن الفرز.
- ٢- جودة اليوغورت (الزبادي) الناتج من اللبن المركز.

٢- قسم التسخين Section Heating

في هذا القسم من المبادل الحراري، فإن اللبن الذي سيستخدم في صناعة اليوغورت يسخن إلى درجة الحرارة المرغوبة، وتحت الظروف التجارية العملية فإن درجة الحرارة النهائية تتراوح من ٨٥ - ١١٥ °م.

٣- قسم الحفظ أو الأمسك Holding section

قسم الحفظ أو الأمسك في المبادل الحراري، هو ذلك الجزء من المصنع الذي فيه يمكن للبن المسخن أن يحفظ عند درجة حرارة لفترة محددة من الوقت.

وتحدد التشريعات الدولية الوقت ودرجة الحرارة التي يسخن لها اللبن في حالة اللبن السائل، أما في حالة اللبن المستخدم في صناعة اليوغورت فإنه لا يوجد تشريعات تحدد ذلك، ويختار الوقت ودرجة الحرارة اللزمان لحفظ اللبن المستخدم في صناعة اليوغورت، علي أساس ضمان القضاء علي كل الميكروبات المرضية، كذلك الحصول علي صفات طبيعية وكيميائية مرغوبة في اللبن. وقد تم تطبيق عدد من التوليفات بين درجة الحرارة ووقت الحفظ في معاملة اللبن المستخدم في صناعة اليوغورت حراريا وهي كالآتي:

٨٥ °م لمدة ٣٠ دقيقة (وقت حفظ طويل)

٩٠- ٩٥ م° لمدة ٥ دقائق (وقت حفظ متوسط)

١١٥ م° لمدة ٣ ثواني (وقت حفظ قصير)

ودائماً فإن قسم الحفظ في مصانع اليوغورت مبني كوحدة خارجية عن المبادل الحراري والمعدات المجهزة لحفظ اللبن لوقت محدد تشمل الآتي:

١- الحفظ لمدة طويلة Holding for long time

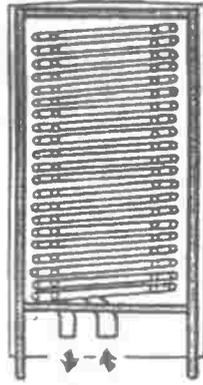
لتحقيق الحفظ لمدة ٣٠ دقيقة في مصانع صناعة اليوغورت بالطرق المستمرة، فإنه يستخدم تنك معزول جيداً، أو تنك مزيج الجدار بدلاً من وحدة الحفظ العادية.

٢- الحفظ لمدة متوسطة Holding for medium time

يستخدم لذلك أنابيب مرتبة حلزونياً أو مرتبة زيجراج وذلك كوحدات لحفظ اللبن لمدة ٥- ٦ دقائق. وأمثلة لذلك أنابيب حفظ Alfa laval والتي تتكون من اثنتين أنبوبة حلزونية داخل تنك معزول راسي اسطواناني الشكل. (شكل ٢١) و(شكل ٢٢).

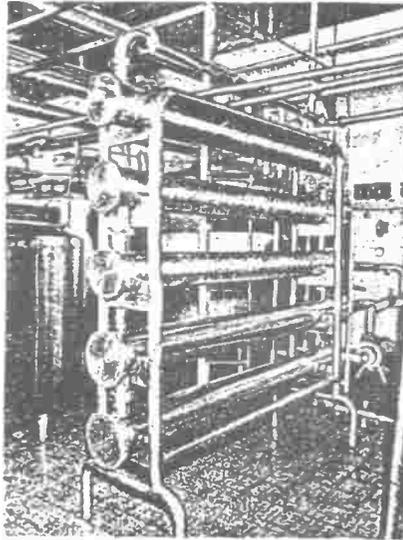
٣- الحفظ لمدة قصيرة Holding for short time

في هذه الحالة فإنه يمكن أدماج قسم الحفظ في المبادل الحراري، ولكن إذا احتاج إلى سعة كبيرة من وحدة الحفظ فإنه يمكن أن تقام الأنبوبة خارج المصنع.



شكل (٢١): خلية حفظ أنبوبية

The approximate holding time in the cell is 3 minutes but the overall holding time, i.e. including associated pipework, is 5 minutes.
Reproduced by courtesy of Alfa-Laval, A/B, Lund, Sweden



شكل (٢٢): أنبوب حفظ اللبن مرتبة في شكل زجاج

During the cleaning cycle, the side-plates are removed and the tubes are "elbow greased" before the detergent wash in order to maintain high standards of sanitation of the plant, incidentally, the holding time of such a tube is 6 minutes.
Reproduced by courtesy of Northern Ireland Board, Belfast, UK

و تزود مصانع التسخين سواء في طريقة Ultra heat temperature UHT أو في طريقة Heat temperature short time بجهاز أمان حساس للحرارة، يعرف بأسم صمام التحويل (FDV) flow diversion valve فعند بداية تشغيل العملية فإن اللبن يتحول طبيعياً راجعاً إلى تانك الوزن، إلى أن تصل إلى درجة الحرارة المضبوطة ويحفظ عليها، وبعدها فقط يسمح للبن بالمرور إلى باقي المصنع ليكمل دورة التصنيع، حيث دائماً يتحول اللبن إلى تانك الوزن عند أي وقت تقل فيه درجة الحرارة، وبذلك يتم التأكد من أن كل اللبن المصنع تم معاملته على درجة الحرارة المحددة. ووحدة صمام التحويل (FDV) توجد دائماً في مصانع إنتاج اليوغورت، فعندما تقل درجة حرارة اللبن عن الدرجة المحددة فإنه يرجع ثانية إلى تانك الوزن عن طريق خط أنابيب مخصوص معد لذلك، وفي بداية عملية التسخين يمرر أولاً ماء بدلاً من اللبن خلال المصنع، وذلك لضمان صحة شبكة الأنابيب ولتدفئة خط الإنتاج لدرجة الحرارة المرغوبة. للتصنيع، لتحاكي إطالة فترة دورة أول دفعة من اللبن.

٥- التخمر وأجهزة التخمر:

عند هذه المرحلة من تصنيع اليوغورت، فإن اللبن المدعم والمعدل والمجنس والمعامل حرارياً يبرد إلى درجة حرارة التحضين، والتي تكون في مدى ٤٠-٤٥° م (في حالة فترة التخمر القصيرة (٢-٣ ساعات) أو ٣٠° م (في حالة فترة التخمر الطويلة- طول الليل).

ويوجد كثير من أنواع أوعية التخمر التي يمكن استخدامها، وأساساً هذه المعدات تصمم لتعطي وتحافظ على الظروف المثالية لأتمام عملية التخمر، كذلك يعتمد شكل المعدات على نوع اليوغورت المنتج هل هو من النوع الجالس set yoghurt أو المقلب stirred yoghurt.

معدات تخمير اليوغورت الجالس:

Equipment for the production of set yoghurt:

يجري التخمير (التجبن) للبن في العبوات، وباختصار تتم العملية في الخطوات الآتية:

١. تبريد اللبن الذي تم معاملته حرارياً إلى $40-45^{\circ}\text{C}$ أو 30°C .
 ٢. إضافة المواد الآتية إلى اللبن: البادئ- مواد النكهة ، إذا رغب في ذلك/أو مواد التلوين وفي حالة الرغبة في إنتاج زبادي الفاكهة فأن الفاكهة توضع في العبوات، ثم يوضع اللبن بعد ذلك.
 ٣. ترسل العبوات بعد ذلك إلى التحضين ثم للتبريد.
- ولأجراء عملية التخمير في الطرق المستمرة لتصنيع اليوغورت، فإنه يستخدم نظام الأنفاق tunnel system، حيث توضع الألواح التي عليها عبوات الزبادي علي حزام متحرك، الذي يمر خلال نفق يتكون من قسمين، جزء يوجد فيه دورة هواء ساخن وهذا هو جزء التحضين في النفق، ويتحكم في سرعة الحزام المتحرك عن طريق التحكم في سرعة السير، والذي بالتالي ينظم تبعاً لكمية الحموضة المنتجة في اللبن. وفي نهاية فترة التخمير والتي تعادل $\text{pH} = 4.5$ ، يمر الحزام الذي يحمل عبوات اليوغورت خلال قسم التبريد، وفي هذا القسم يحل الهواء البارد محل الهواء الساخن الذي كان موجوداً في قسم التخمير، ويبرد اليوغورت جزئياً في هذا القسم ويتم التبريد النهائي في خزان التبريد، وحيث أن اليوغورت يكون في حركة أثناء خطوات التحضين والتبريد، فيجب مراعاة الحذر لتجنب تحطم التجبن.

وحيث أن النظام المركب لإنتاج اليوغورت الجالس يتكون من حجرات التحضين وانبعاث التبريد، فإن ميزة هذا التصميم ممكن أن تكون أن اكواب اليوغورت لا تكون في حركة أثناء فترة التحضين، وأن معدل تبريد العبوات

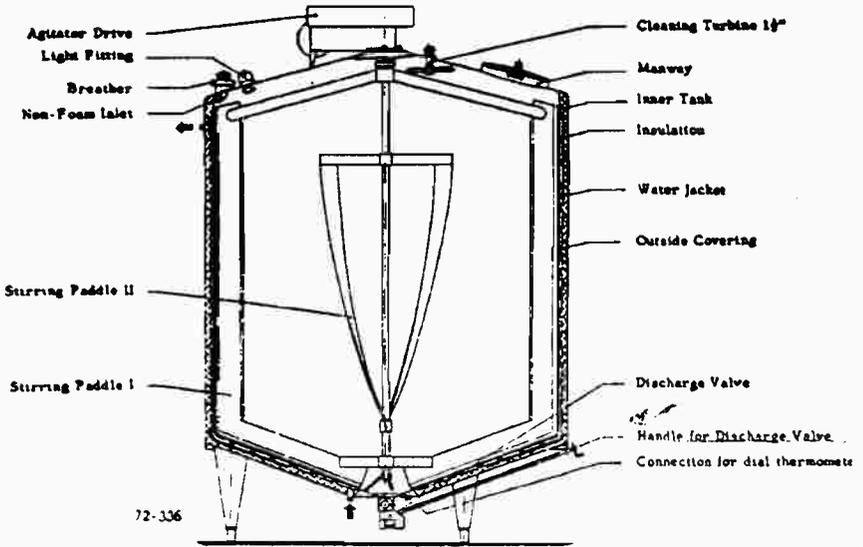
في الأنفاق يكون اسرع من أى طريقة أخرى، وعلي ذلك فإنه عملياً يتم
تحميض اللبن إلى pH 4.5 في حجرات التحضين، ثم تنتقل إلى انفاق للتبريد
حيث تصل فيها درجة حرارة اليوغورت إلى ١٠ م° في خلال ١,٥ ساعة.
وفي الواقع فإن انفاق التبريد تتصل مباشرة بخزان للتبريد، وعلي هذا فإنه
يمكن نقل عبوات اليوغورت بسهولة باستخدام عربة نقل بضائع ذات شوكة
رافعة.

إنتاج اليوغورت المقلب في الطريقة المستمرة:

علي العكس من إنتاج اليوغورت الجالس فإنه في حالة اليوغورت المقلب،
يتم التجبن للبن كله قبل توزيعه في العبوات، ثم يكسر الجبل المتكون أثناء أو
قبل التبريد والتعبئة، وأنواع التتكات المستخدمة في الصناعة لإنتاج
اليوغورت المقلب، يمكن أن تنقسم إلى الآتي:

التتكات متعددة الأغراض Multipurpose-tank

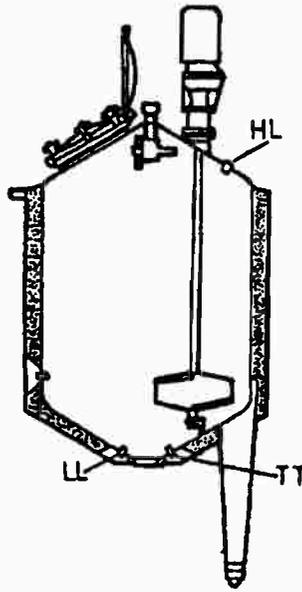
وهذه التتكات تكون مزدوجة الجدار water-jacketed وعلي هذا يمر البخار
في الجدار المزدوج أثناء مرحلة التسخين، ثم تستخدم دورة من الماء البارد
لتبريد اللبن إلى ٤٠ - ٤٥ م°، وتحفظ درجة الحرارة عند ٤٢ م°، أثناء
مرحلة التخمر، وأخيراً يستخدم الماء البارد لتبريد الخثرة (انظر شكل ٢٣)



شكل (٢٣): التناك المتعدد الأغراض المناسب لتبريد اليوغورت في التناك، حيث يزود التناك بمقلبين لتكسير الخثرة برفقة أثناء مرحلة التبريد.

تنتك التخمير فقط: Fermentation tank only

يتم عزل هذا التناك للحفاظ على درجة الحرارة أثناء التحضين، وزود بنظام تقليب في حالة تنكات Alfa-aval، التناكات ذات الشكل المخروطي يسهل إزالة التجبين منها (شكل ٢٤).



شكّل (٢٤) تنك تخمير معزول
HL الكترود PH عالي المستوي
LL الكترود PH منخفض المستوي
TT ترمومتر مقاوم للحرارة ومجهز بمحرك تقليب.

تتك التخمير والتبريد معا Fermentation/cooling tank

في هذا النوع من التتكات مزدوج الجدار، ويمر في هذا الجدار المزدوج الماء الدافئ علي ٤٠ - ٤٥° م في دائرة أثناء فترة التحضين، يتبع ذلك ماء بارد لتبريد التجبن (الخنرة) شكل ٢٥.

تتك التخمير المعقم Aseptic fermentation tank

تتك التخمير المعقم هو وحدة تخمر قياسية محسنة، ويستخدم التتكا لأنتاج يوغورت تحت ظروف تعقيم، وعموما فهو ينفرد بالمواصفات الآتية:

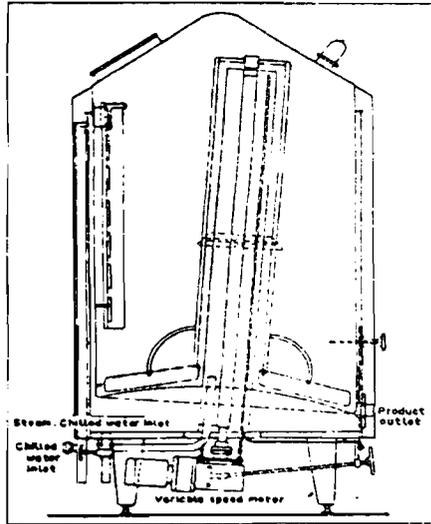
- التتكا معزول.

- التتكا مزود بقطبين pH ومقاومة حرارية.

- مرشح لتنقية الهواء الداخل والخارج من التتكا.

- المقلب مزود بسهمين وتحصين بالبخار لتقليل التلوث إلى أقصى درجة.

- التتكا مزود بتركيبات عند مدخله لتقليل تكون الرغوة، وذلك لمنع مشاكل تكون الرغوة في التتكا.

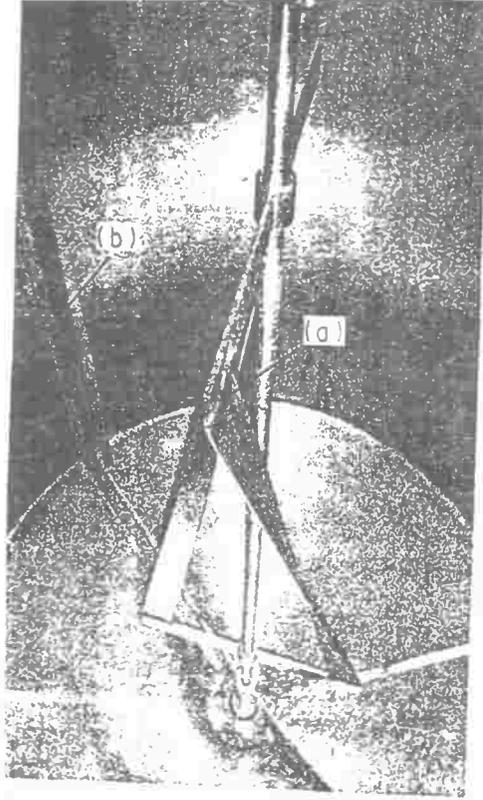


شكل (٢٥): تتكا التخمير والتبريد معا مع اسطوانة داخلية

٦- التبريد Cooling

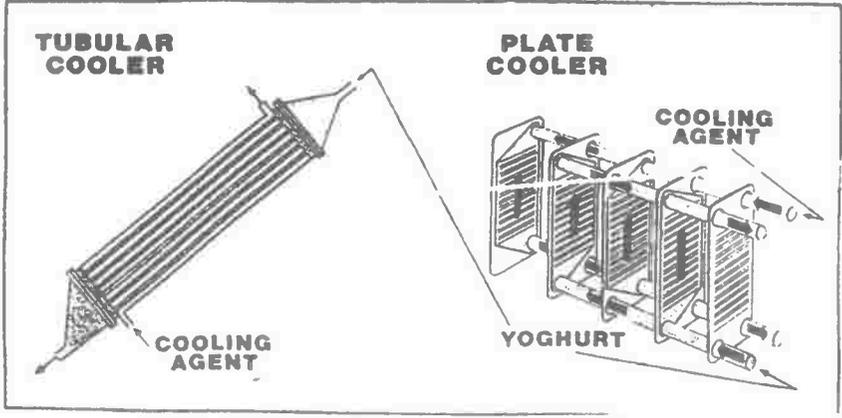
عند وصول الحموضة للدرجة المرغوبة، يجري تبريد التجبن الحادث (الخثرة)، وبذلك تنخفض درجة الحرارة من ٤٠-٤٥° م إلى ٢٠° م، وفي بعض الحالات إلى أقل من ١٠° م. وذلك لأبطاء النشاط الميتابوليزمي لمزرعة اليوغورت، حيث أنه لو استمر نشاط مزرعة البادئ فإن الحموضة سوف ترتفع في اليوغورت إلى درجة غير مرغوبة، وتعتمد القدرة التي يتم فيها تبريد اليوغورت على نوع الجهاز المستعمل في التبريد، وينصح ببدء التبريد عندما يصل تركيز حمض اللاكتيك ٠,٨ - ١ %، وبذلك ستكون حموضة اليوغورت بعد التبريد في حدود ١,٢ - ١,٤ % مقدرة كحمض لاكتيك. والنظام المتبع لتبريد اليوغورت بالطرق المستمرة كما يلي:

يستخدم لذلك المبادل الحراري ذو الألواح أو المبادل الأنبوبي، وسريان اليوغورت في المبادل الحراري موضح في شكل ٢٧.



شكل (٢٦): بوضوح تركيب المقلب

- (a) المقلب العمودي يدور بسرعة ١٥ دورة في الدقيقة.
(b) المقلب السطحي يدور بسرعة ٧ دورة في الدقيقة ..

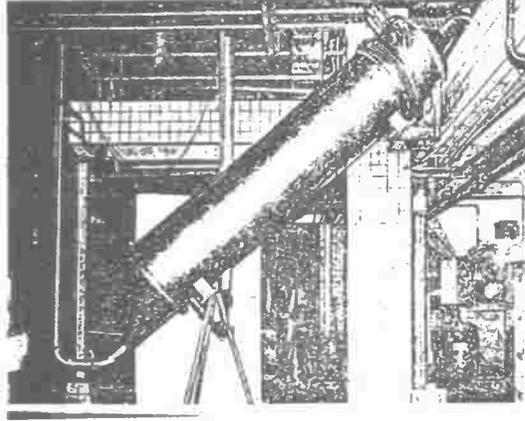


شكل (٢٧): سريان اليوغورت خلال أنواع مختلفة من المبردات.

وطبيعي أن يتوقع أن الدخول إلى مبرد التبادل الحراري ذو الألواح أو الأنبوبي لكل وحدة وقت، يجب أن يكون ضعف سعة العملية التصنيعية، فإذا كان سعة المصنع تتراوح بين ٣٥٠٠ - ٤٠٠٠ لتر/ساعة، فإن سعة المبرد يجب أن تكون في حدود ٨٠٠٠ لتر/ساعة. وتصميم المبرد ذو الألواح مشابه لتصميم المبادل الحراري المعتاد، ولكن الفراغات بين الألواح تكون أكبر لتقليل مخاطر تكسير تركيب اليوغورت.

بالإضافة إلى ميل رجوع الضغط في المبرد أو الألواح فإنه يعوق مرور اليوغورت، أو بالتناوب فإن الفراغ بين الألواح يزيد كثيرا خلال الوحدة، وينصح عند الرغبة في زيادة كمية اليوغورت الداخل إلى المبرد، بأضافة وحدات تبريد صغيرة علي التوازي أفضل من زيادة عدد الألواح في وحدة كبيرة، ومادة التبريد في المبرد ذو الألواح تكون دائما للماء البارد، وكمية الماء المستهلكة تكون في حدود ٤٠٠ لتر/ساعة وذلك للمبرد الحراري ذو

الأطباق سعة ٨٠٠ لتر يوغورت /ساعة. يتكون المبرد الحراري الأنبوبي من حزمة من الأنابيب داخل اسطوانة، وتتم مادة التبريد في عكس اتجاه مرور المنتج المراد تبريده (شكل ٢٨) :-



شكل (٢٨): المبرد الأنبوبي

- ومواصفات المبرد الأنبوبي تكون غالبا كما يلي:
- تتراوح الحجم من ١٠٠٠ إلى ١٠,٠٠٠ لتر/ساعة. وينصح بأن تكون سعته نفس سعة ماكينة التعبئة.
 - حجم ماء التبريد ٥ مرات حجم المنتج ويسير في اتجاه مخالف له. للوقت الذي يستغرق لتبريد اللوغورت من درجة حرارة للتخزين (٤٠ - ٤٥ م°) إلى ٨ م° يكون ساعة، وسرعة سريان اللوغورت في الأنابيب ٠,٦٥ سم/ثانية.

• يقلل أى انخفاض في اللزوجة إلى أقصى درجة بأستخدام ضغط الهواء (٢/١ كجم/سم^٢)، لنقل اليوغورت من تنك التحضين إلى المبرد وذلك بدلا من أستخدام المضخة.

• يصمم المصنع ببساطة معتمدا علي حقيقة أن هذه المبردات ممكن أن توضع في أماكن مختلفة عمودية أو متوازية الوضع.

وقد وجد أنه ممكن أن يحدث بعض التحطم لتركيب خثرة اليوغورت خلال مرورها خلال المبرد الأنبوبي أو المبرد ذو الألواح، ولكن يحدث أقل فقد في اللزوجة في المبرد الأنبوبي.

٧- أضافة الفاكهة وماكينات التعبئة

Fruit mixing and packaging machines

ينقل اليوغورت المبرد (إلى ٢٠°م) أو المبرد إلى ١٠°م، إلى تنكات تخزين وسطية قبل العملية التالية وهي أضافة الفاكهة والتعبئة، ويبقى اليوغورت في هذا التنك لفترة قصيرة أو يبقي به طوال الليل والسبب المبدئي لهذا التنك هو:

- حفظ اليوغورت علي درجة حرارة مرغوبة حيث أن التنك معزول.
 - يعمل هذا التنك كوعاء منظم في حالة حدوث تحطم للمنتج في أى قسم من أقسام المصنع.
 - تخزين اليوغورت طول الليل في هذه التنكات الوسطية يعطي فترة حفظ كافية لبدء التعبئة في الصباح، بدلا من أن تبقى أجهزة التعبئة بدون عمل في الصباح إلى أن ينتج اليوغورت الطازج لتعبئته.
- وفي هذا القسم من خط الإنتاج يحتاج إلى ماكينات لتداول الفاكهة وخلطها مع اليوغورت وأخيراً التعبئة، وبعض الوحدات تكون كما يلي:

معدات تداول الفاكهة Equipment for fruit handling

دائما تكون الفاكهة المستخدمة في صناعة اليوغورت معبأة في واحدة من العبوات الأتية:

- صفائح معدنية.
- عبوات بولي ايثيلين (اسطوانات أو جرادل)
- تنكات من الحديد الذي لا يصدأ Stainless steel.

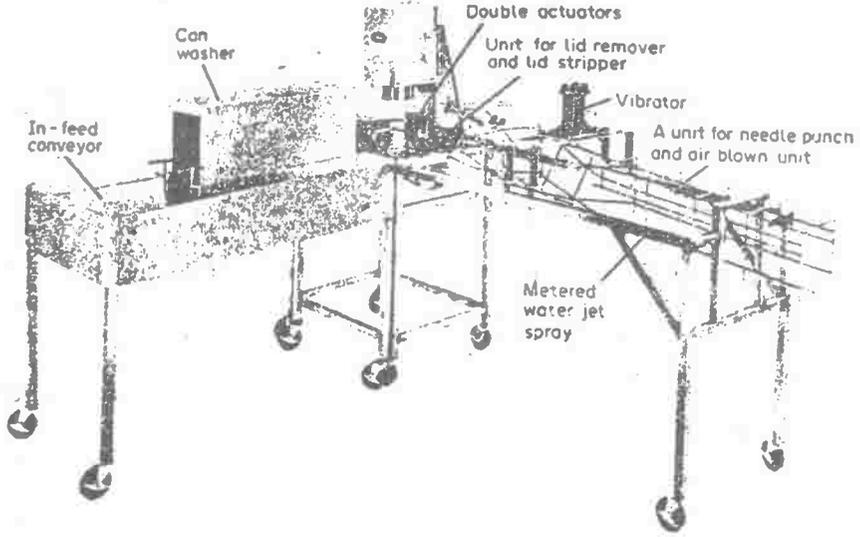
والشائع هي الصفائح المعدنية، وهذه الصفائح تستعمل بواسطة المصانع المتوسطة والصغيرة، بينما المصانع الكبيرة فلا تستعمل الفاكهة في الصفائح المعدنية إلا إذا كان الإنتاج منخفض، أما النكهات الشائعة فأنها أما تنتج في المصنع أو يحصل عليها في تنكات من الحديد الذي لا يصدأ، وإذا استخدمت الصفائح المعدنية (العبوات المعدنية) يستخدم لذلك عدة أنواع من أجهزة الفتح ومنها:

فاتح يدوي: Hand-operated

فاتح نصف أوتوماتيكي أو أوتوماتيكي:

والفاتح اليدوي يستخدم أما موتور كهربائي، أو هواء مضغوط لقطع المعادن وأزالة الغطاء. والفاتح النصف أوتوماتيكي ممكن أن يصبح أوتوماتيكي ليعطي انسياب للعلب المفتوحة بمعدل ١٥٠٠ علب/ساعة (شكل ٢٩).

الفواكه المعبأة في عبوات بلاستيكية يتم تداولها بطريقة يدوية، ولكن إذا كانت موجودة في تنكات من الحديد الذي لا يصدأ، فأنها توضع مباشرة في اليوغورت قبل التعبئة، وفي بعض الحالات تفرغ الفاكهة علي مائدة مائلة من الحديد الذي لا يصدأ، وتفرز الفاكهة لأزالة أي بقايا نباتية مثل السيقان أو الأوراق قبل خلطها باليوغورت، وزيادة في الحذر وللحرص فأن الفاكهة تغربل بواسطة غربال معدني.



شكل (٢٩): منظر لفاتح العلب النصف أوتوماتيكي، والذي يمكن استعماله أيضا لخط الإنتاج المستمر.

معدات خلط الفاكهة مع اليوغورت

Equipment for fruit/yoghurt blending

يتكون خلط الفاكهة في حالة اليوغورت المصنع بالطريقة المستمرة من ثلاثة وحدات مختلفة:

- ١- جهاز عداد لقياس كمية الفاكهة في خط الإنتاج.
 - ٢- عداد لقياس كمية لليوغورت.
 - ٣- حجرة مزج لضمان التوزيع المتجانس للفاكهة في اليوغورت. والأنواع المختلفة من الخلاطات المستمرة تتطلب الآتي:
- ١ - الخلط التام للفاكهة مع اليوغورت.
 - ٢- أقل تحطم للخثرة.

٣- أن يكون عدلا الفاكهة علي درجة عالية من الدقة لضمان خلط لكمية المحددة المرغوبة من الفاكهة مع اليوغورت.

٤- أن يكون الخلاط سهل التنظيف.

٥- يجب أن تكون كل الأسطح الملامسة للمنتج من نوعية جيدة من الحديد الذي لا يصدأ stainless steel وبعض الخلاطات التي يتوفر فيها هذه المتطلبات تكون كما يلي

١ - Static-in-line mixer

هذا النوع من الخلاطات يتكون من أنبوبة من الحديد الذي لا يصدأ، والذي فيه عدد من السكاكين الملحومة عموديا، وعمليا فإن الخلاط السكاكين يكون عمودي مع قطعة علي شكل حرف T في القاعدة، والتي فيها يفرغ كل من الفاكهة واليوغورت من تتكاتها، وسريان اليوغورت/الفاكهة خلال السكاكين الملتوية في الخلاط تؤكد التوزيع المتجانس للفاكهة خلال الخثرة، ونوعيات هذه الخلاطات هي:

- معدل سريان من ٥٠٠ - ١٠,٠٠٠ لتر/ساعة.

- قطر الأنبوب يصل إلى ٦,٣٥ سم.

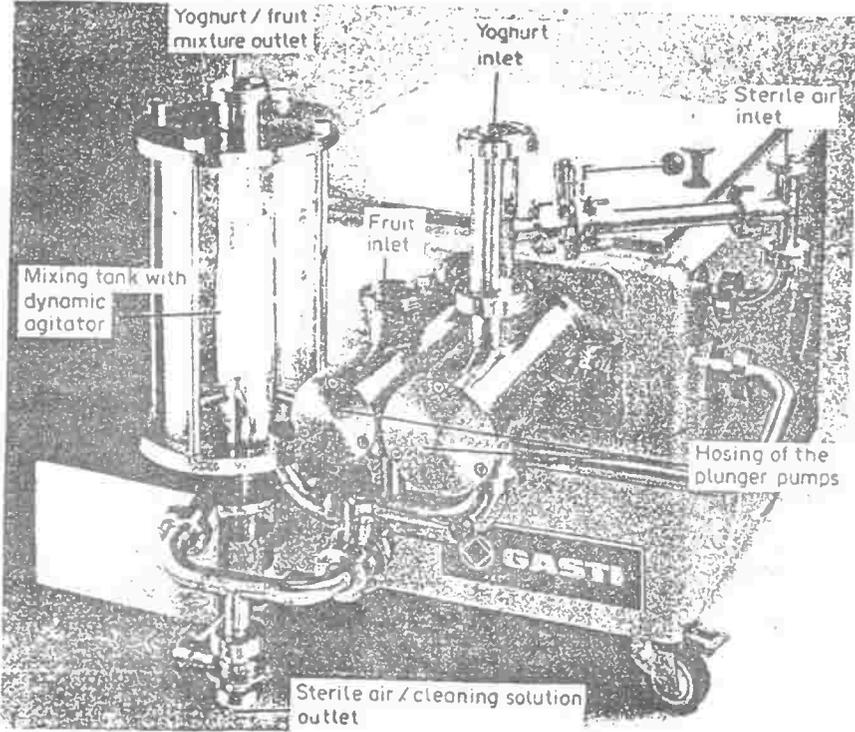
- طول الخلاط يصل من ٧٥٠ - ١١٥٠ ملليمتر.

- عدد السكاكين عشرة.

٢ - Gasti- mixing and feeding pump

هذا النظام يتكون من وحدتين شفط، والتي تسحب اليوغورت والفاكهة من تتكات تخزينهما، وبينما يسحب اليوغورت بمعدل ٥٠ لتر/دقيقة، فإن مضخة الفاكهة تعمل عند نسبة تتراوح ما بين ١ : ٥ إلى ١ : ٢٠ (فاكهة:يوغورت) (شكل ٣٠).

وخلط المانتين يتم ضغط الأنبوبة للشائع، والأنسياب الغير متساوى لليوغورت والفاكهة، يتحول إلى سريان موحد داخل الضغط الجوي في الوعاء، والفاكهة واليوغورت ينقل مباشرة إلى ماكينة الملى، ومعدل التغذية يصل إلى ٧٥ لتر/دقيقة، ونسبة الخلط تختلف من ١ : ٥ إلى ١ : ٢٠.

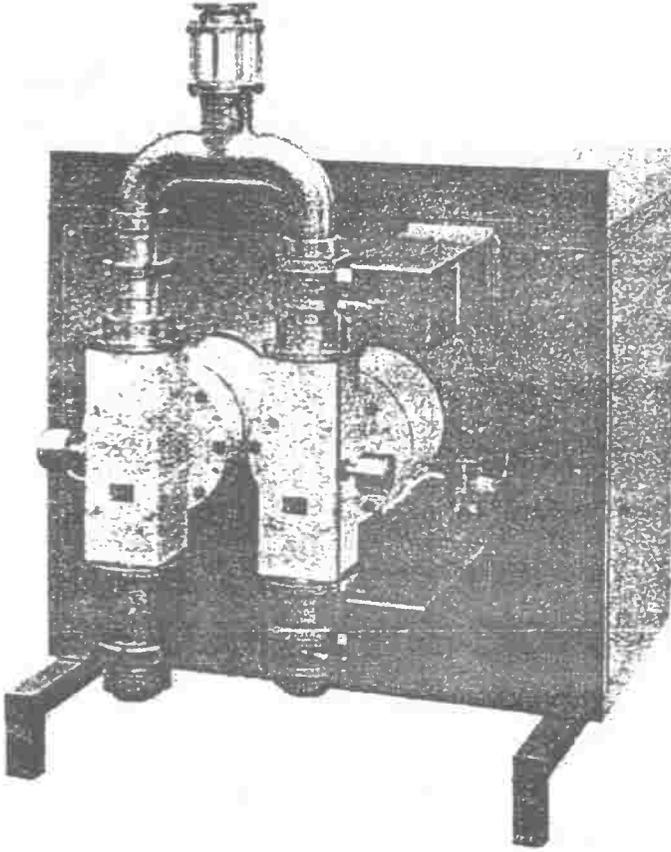


شكل (٣٠): صورة أمامية لجهاز Gasti mixing

٣ - The Burdosa-fruit blender

هذه المضخة تستعمل موتور واحد لتشغيل مضخة duplex metering وفي رأس واحد تتحرك الفاكهة، وفي الآخر لليوغورت الطبيعي. ورؤوس

المضخة تتحرك هيدروليكي، ويستعمل الجلوسرين المعقم بمقاييس صيدلانية، وهي محكمة الغلق وتقاس كمية الفاكهة بدقة، والقصي معدل لحقن الفاكهة هو ٢٥٠سم^٣ لكل لتر من اللبوغورت، ومعدل سريان اللبوغورت يكون ثابتاً. وشكل (٣١) يوضح منظر لهذا الخلاط.



شكل (٣١): خلاط Burdosa fruit/yoghurt

وفيما يلي بعض صفات هذا الخلاط:

- سعة الخلط للموديلات القياسية ٧١٥ - ٤٥١٠ لتر/ ساعة.
- التحكم في معدل الجرعات التي يتم خلطها من لفافكة يتم إما يدويا أو ميكانيكيا.
- التحكم في تشغيل وأيقاف المضخة يتم بمستويات حساسة في ماكينة التعبئة.
- إذا استخدمت الفاكهة بكميات كبيرة، فيجب أن يحتفظ بها تحت ضغط (٢/١ كيلو/سم^٢) من ثاني أكسيد الكربون، أو النتروجين لتقليل اللزوجة إلى أقصى درجة، ومشاكل الفقاعات أو الفراغات التي ممكن أن تحدث علي درجة الحرارة المنخفضة.

معدات تعبئة اليوغورت

عند اختيار ماكينة التعبئة يجب مراعاة ما يلي:

- ١- طريقة الملئ والقفل.
- ٢- نوع العبوات التي ستستخدم.
- ٣- الرغبة أو عدم الرغبة في التعبئة تحت ظروف من التحكم في الضغط الجوي.
- ٤- درجة الميكنة المطلوبة.
- ٥- المقاييس الصحية القياسية (بحيث تكون جميع الأسطح من الحديد الذي لا يصدأ مع توافر جميع الظروف الصحية والتعقيمية).
- ٦- الوقت المطلوب للانتقال من نوع إلى نوع آخر للمنتج، أو من كرتونة إلى كرتونة أخرى.
- ٧- دقة الملئ وعدم وجود فقد في العبوات نتيجة عدم دقة العملية.
- ٨- قوة الماكينة.

٩- مدي توفر الماكينة وتوفر قطع الغيار الخاصة بها.

وفيما يلي أنواع ماكينات التعبئة:

١- ماكينات تعبئة البوغورت في العبوات البلاستيكية سابقة التكوين:

ويوجد منها نوعين:

أ- النوع المسمى Columio وسعتها تكون ٨٠٠٠ كوب/ساعة، وصفات هذه الماكينة تتلخص في الآتي:

- موزع الأكواب يحتوي علي لربع ادراج دائرية، لفصل الأكواب البلاستيكية قبل سقوطها إلى ماسك الأكواب.

- رأس التعبئة تكون مناسبة لتعبئة بوغورت للفاكهة، وسعتها تتراوح ما بين ٨٥ - ٢٨٥ مل.

- الماكينة معدة بأربع أماكن تعبئة، ويمكنها تعبئة ٤ أنواع من العبوات مختلفة السعة في وقت واحد.

- يمكن أن يستعمل الغلق بالحرارة مع/ أو التطبيق علي الغطاء.

- تخرج الأكواب المملوءة المقفولة من ماسك الأكواب علي الناقل في تكوين محكم.

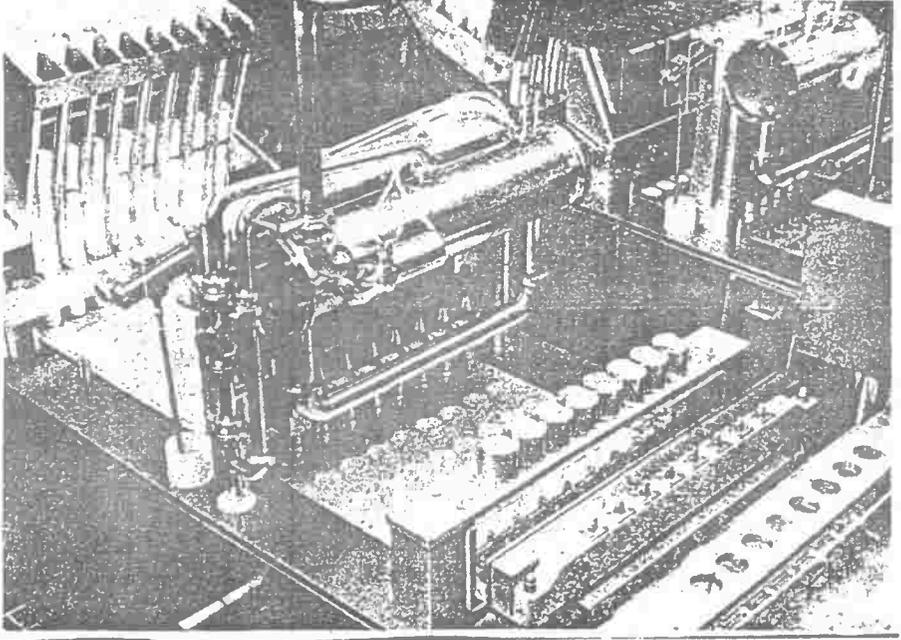
ب- wesserhutte multi track ويمكنها تعبئة ٤٨,٠٠٠ كوب/ساعة (شكل ٣٢).

٢- تعبئة الأكواب غير سابقة التكوين ومنها النوع المسمى Machines for filling (from-fill-seal) plastic containers

مواد التعبئة تجلب إلى المصنع في شكل لفات من ألواح كبيرة من البلاستيك، وتجهز في المصنع في شكل عبوات بالشكل والحجم المرغوب باستخدام الحرارة. ثم تملأ هذه العبوات باليوغورت، وتغلق باستخدام الحرارة، ومن أمثلة هذه الماكينات الماكينة التالية:

Hassia THM 17/48

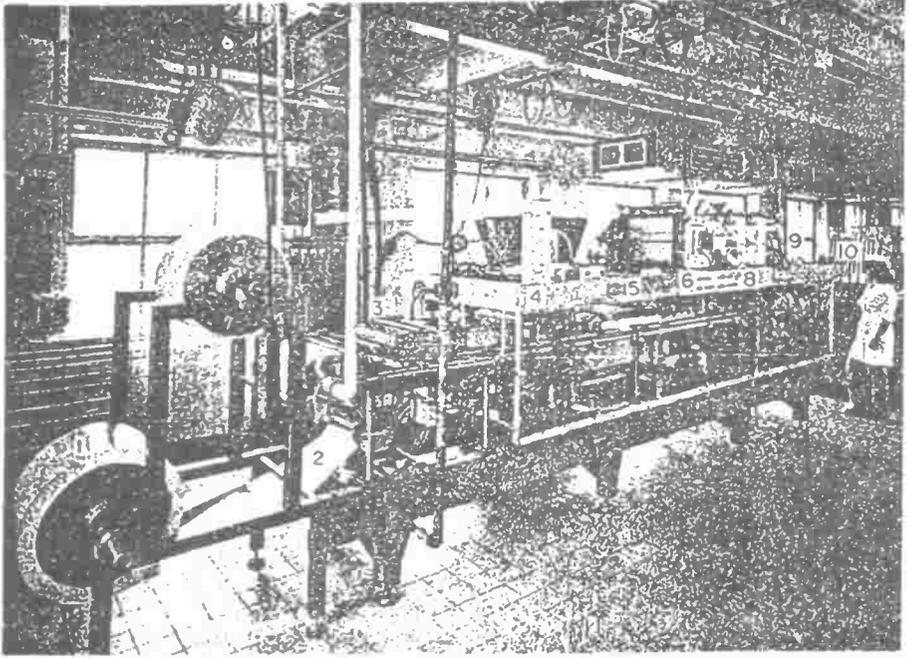
مادة البلاستيك الحراري في شكل لفة، علي سبيل المثال مادة PVC تغذي قسم التسخين في ماكينة التعبئة، واللوح الدافئ يشد علي القوالب حيث نحصل علي شكل الكوب بدفع المادة البلاستيكية في قوالب باردة مع هواء مضغوط، والمرحلة التالية تنتقل العبوات إلى رأس التعبئة في الماكينة لتعبأ باليوغورت، وتقل حراريا.



شكل (٣٢): ماكينة تعبئة اليوغورت في الأكواب البلاستيكية جاهزة

التكوين المسماة Weserhutte-multi tack

وشكل (٣٣) يظهر فيه هذه الماكينة، ويتم إنتاج ٣ كرتونة/دقيقة وذلك في الوحدات المتوسطة السعة. ومادة الغطاء مغطاة بالألومنيوم أو PVC.



شكل (٣٣): ماكينة تعبئة Hussia THM 17/48

1. Bottom material reel
2. Web pre-draw-off
3. Contact heating
4. Compressed air forming station
5. Fill area
6. Heatsealing station
7. Lidding material reel
8. Punching station
9. Waste cut-off device with take-off conveyor
10. Take-off conveyor

Reproduced by courtesy from Sussex & Berkshire Machinery Ltd., Hampshire, UK; Hassia Verpackung GmbH, Ranstadt, West Germany.

٣- ماكينات تعبئة اليوغورت في عبوات كرتونية أو ورق

Machines for filling yoghurt into cartons/Paper containers :

يستخدم الكرتون المغطى بطبقة من البولي ايثيلين علي نطاق واسع في مجال صناعة الألبان. وذلك لتعبئة اللبن السائل، كذلك يمكن أن يستعمل في تعبئة اليوغورت، مع تغير بسيط في رأس الماكينة لتحاشي انخفاض اللزوجة لليوغورت. ويتم تشكيل العبوات من اللفة، أو من الكارتون السابق اعداده المثني، ويصل الإنتاج الي ١٠,٠٠٠ علبة في الساعة. واليوغورت المعقم يمكن تعبئته بأستخدام ماكينة مشابهة، ولكن العبوات لابد أن تكون من النوع المعقم.

٤- Machines for filling yoghurt under controlled environment

بعض ماكينات التعبئة جهزت بالمعدات لتعبئة اليوغورت مع وضع غازات عليه، مثل ثاني أكسيد الكربون أو النتروجين بدلا من الهواء الجوي المحتوي علي الأكسجين، وذلك لأيقاف الفطريات والخمائر لاطالة مدة حفظ المنتج، ولكن يجب أن تكون مادة التعبئة غير منفذة للغازات، غير أن تأثير هذه الغازات الخاملة يكون فقط علي الميكروبات الهوائية.

المضخات المستعملة في صناعة اليوغورت بالطرق المستمرة

يستخدم في صناعة الألبان أنواع مختلفة من المضخات، ويعتمد ذلك على وظيفتها، وينقسم خط الإنتاج إلى الأقسام الآتية:

- عمليات اللين الخام وتداوله.
- إنتاج التجبن وتداوله.
- خلط الفاكهة واليوغورت والتعبئة.

وفي كل قسم من الأقسام السابقة تختلف الصفات الطبيعية، وتركيب المواد الداخلة في التصنيع، وتختار المضخة لتناسب العمل الذي تقوم به، وخصوصا بعد أن يتكون التجبن، حيث أن أى معاملات ميكانيكية تؤثر بشدة على تركيب الخثرة، وعلى اللزوجة الخاصة بالمنتج.

١- مضخة الطرد المركزي

أساسا تتكون هذه المضخة من موتور كهربائي (لأمداد الطاقة)، ومحرك دفع دائري داخل علبة، وغرفة نقل. يدخل السائل إلى غرفة الدفع ويسرع مركزيا إلى أن يدفع خارجا على طول حافة المحرك، وكنتيجة لذلك فإن السائل يصرف إلى حجرة النقل، وخارجيا خلال فناء المضخة. ودائما الضغط المتولد يعادل مقاومة الأنسياب في خط العملي، وكفاءة المضخة تحسب من المعادلة الآتية:

كفاءة مضخة الطرد المركزي =

طاقة الحركة + طاقة الضغط الممنوحة للسائل عند الصرف

الطاقة المنقولة بالموتور إلى المحرك

ملحوظة: تهمل الطاقة المفقودة في شكل حرارة.

كل مضخات الطرد المركزي لها نفس الأساس، ولكن يختلف تصميم
المحرك وعوامل أخرى معينة يجب أخذها في الاعتبار:

- ضغط الصرف في المضخة.
- معدل سريان أو لزوجة السائل.
- درجة التفريغ، وهذه تنتج من انتقال السائل من جانب إلى الجانب
الأخر في المضخة، وينتج تفريغ بناء على ذلك، والسائل الجديد
يدخل المضخة بالشفط.
- لزوجة المنتج حيث ممكن أن تؤثر على الضغط المفقود في
المضخة، ويكون الفقد أكبر عندما يتحرك المنتج اللزج نتيجة لزيادة
الأحتكاك المفقود.
- إذا حدث فقد في الضغط في خط الإنتاج، فإن سرعة السائل يتحكم
فيها بتركيب صمام منظم، أما باستخدام منظم سرعة أو بتغيير قطر
المحرك.

وقوة الضغط المركزي لهذه المضخات، قادرة على خلق قوي قص عالية في
السائل المضخوخ، وعلى ذلك فإن تطبيقاتها في إنتاج اليوغورت (الزبادي)
تكون قاصرة على تداول اللبن السائل وضخ الماء (الساخن أو البارد) في
المبادلات الحرارية.

ب- المضخة الكابسة Piston pump

هذا النوع من المضخات يستعمل للحصول على ضغط مرتفع أثناء أعداد
اللبن، والمثال عليها المجنس.

ج- مضخات الأراحة الموجبة Positive displacement pumps

تنقسم هذه المضخات إلى ثلاث مجاميع:

١- مضخة مع ازاحات متبادلة.

٢- مضخة مع لزاحات دوارة.

٣- متنوعة.

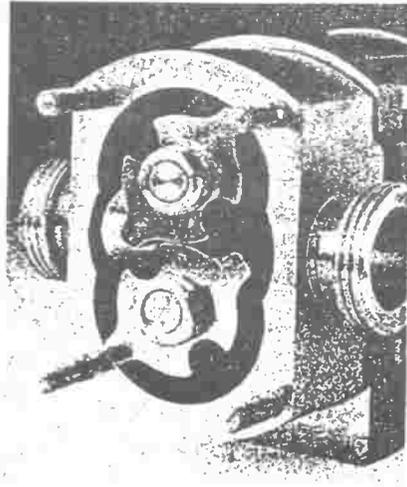
والمضخة من النوع الأول تكون مضخة منخفضة الكبس، وبالرغم من أنها تستعمل للسريان المباشر لتجبن (خثرة) الليوغورت، فإن غالبية ماكينات التعبئة ادخلت أساس للتصميم. وبالرغم من أن هذه للمضخات تحدث قليل من تأثيرات القصر، فإن تحطم التجبن يكون أقل ما يمكن للأسباب الآتية:

- الوقت القصير الذي يحدث فيه اتصال بين المضخة واليوغورت.

- انخفاض درجة الحرارة التي يتم عليها للتعبئة (١٠-١٥ م°).

- غياب ضغط الخلف.

ومضخة الأزاحة الدوارة هي أكثر أنواع المضخات المستخدمة في إنتاج الليوغورت بالطرق المستمرة، حيث يتحرك المنتج خلال تجويف يدور بين جسمين يدوران، أو بين جدار ثابت وجسم يدور، وشكل (٣٤) يبين المضخة الدوارة الموجبة. والحدين الدائرين مناسبين لدفع الليوغورت المحتوي علي جوامد حساسة مثل قطع الفاكهة الكبيرة.



شكل (٣٤): الأنواع المختلفة للحلمات المستخدمة

في مضخة الأزاحة للموجبة للدوارة

وسريان اليوغورت خلال هذه المضخات موضح في (شكل ٣٥)، حيث يدخل السائل المضخة بتأثير الجاذبية أو اختلاف الضغط، ونتيجة لفعل دوران الفلقات أو الحلقات، فإن جزء من اليوغورت يصطاد بين الحلقة وعلبة المضخة، وينتقل برقة للجانب الآخر من المضخة.



شكل (٣٥): سريان اليوغورت خلال مضخة الأزاحة الموجية

ولهذه المضخات مميزات يمكن اجمالها فيما يلي:

رخيصة، يمكن تشغيلها على سرعات عالية، لا يوجد أمواج في السريان، المضخة ذاتية البدء، لها معدل نقل عالي، مناسبة لضخ السوائل اللزجة أو مخاليط السوائل والمواد الصلبة، الكفاءة الحجمية من الصعب أن تقل بزيادة الضغط المضاد. والنقد أو العيب الوحيد في مضخة الأزاحة الدوارة rotary displacement pumps هو أماكن التوقف، حيث تميل أن يحدث منها نتح أو رشح طفيف، وهذا يجعل التلاحم بين جوانب الضغط والشفت غير كافية كما في مضخة reciprocating كذلك فإن القفل أو التلاحم بين الحلقات الدائرة واطباق الوجه تميل أيضا إلى الرشح، والمراقبة المنتظمة للتلاحم تخفض هذه المشكلة إلى أقصى حد.

المضخات المتعددة الأنواع Miscellaneous types of pumps أحيانا

يركب في خط الإنتاج مضخات مختلفة الأنواع لغرض معين، علي سبيل المثال:

- في خط أضافة البادئ اللبن لليوغورت أثناء إنتاج اليوغورت الجالس أو المقلب.

- أضافة المواد الملونة ومواد النكهة essences (الطبيعية أو الصناعية) للبن أثناء إنتاج الزبادي الجالس.

وبعض أمثلة المضخات التي ممكن أن تستخدم كما يلي:

:Peristaltic pump

هذا النوع من المضخات يتكون من ٣ أجزاء:

١- أنبوبة بلاستيكية مرنة.

٢- فناء منحنى تبيت فيه الأنبوبة البلاستيكية.

٣- موتور لتشغيل مجموعة من الهراسات، التي بدورها تطبق الأنبوب وتدفع السائل للمرور فيها، وفعل الهراسة أيضا خلق قوة شفط في الأنبوب، وكنتيجة لذلك فإن السائل ينساب ليحل محل الذي دفع للأمام، ويتحدد معدل السريان بسرعة الهراسة والقطر الداخلي للأنبوبة البلاستيكية المرنة.

المضخة المترية الحاجزة: Diaphragm Metering Pump

المضخة المترية الحاجزة، هي نوع من المضخات يوجد علي التانكات التي تحتوي علي السوائل المراد قياس كميتها، وهي مناسبة لتقدير كمية المواد الملونة، أو المواد المكسبة للنكهة المضافة إلى لبن اليوغورت أو إلى الخثرة. ويتحكم في معدل الجرعة بواسطة، أما تغيير طول الخبطة علي سبيل المثال الحجم المنقول، أو بالتحكم في تتابع فعل الخبطة (الضربة). ويمكن ملاحظة

أن الأنواع المختلفة للمضخة تستخدم في خط صناعة اليوغورت، ولاختيار المضخة المناسبة للعمل الصبح، يوجد عدد من العوامل يجب أخذها في الاعتبار وتشمل:

- ١- طول وقطر الأنبوب المستخدم في الشفط، وجوانب التفريغ في المضخة.
- ٢- عدد وأنواع التراكيب الميكانيكية (الأكواع - الأجزاء التي علي شكل حرف T- أنواع الصمامات).
- ٣- أنواع الأجهزة المستخدمة لقياس الحجم والخلط.
- ٤- نوعيات الإنتاج في المبردات الأنبوبية أو السطحية المستخدمة للتبريد.
- ٥- المعوقات في خط الإنتاج، خط المخلوط، المصافي، التراكيب.
- ٦- أختلاف المنتج. والذي يشمل:

- مستوي الجوامد في اللبن/ اليوغورت.
- تأثير القص علي المنتج.
- اللزوجة النهائية لليوغورت.
- قدرة المنتج علي الثبات عند الضخ تحت ضغط عالي.
- نوع المنتج من حيث pH، وجود مواد صلبة معينة مثل قطع الفاكهة.
- نوع السائل المناسب في النظام، فبالنسبة لليوغورت يكون السريان في خط مستقيم $R > 2000$.
- الفقد الكلي في الضغط في النظام.