الوحدة التعليمية الرابعة: العمليات الأساسية لصناعة الجبن

حسب القوانين التقنية والصحية المتعلقة بالحليب وبالمنتجات الحليبية فإن الجبن هو المنتوج المحصل عليه من تجبن (تخثر) الحليب أو مواد حليبية محددة بعد أو قبل إزالة جزء على الأقل من الماء واللاكتوز والأملاح المعدنية سواء تم إنضاجه أو لا.

1. تصنيف الأجبان

1.1. حسب نوع الحليب المستعمل

- Ø جبن حليب الأبقار
- Ø جبن حليب الماعز
- Ø جبن حليب النعاج
- Ø جبن خليط الحليب: ففي اسبانيا مثلا نجد:

  - § جبن اسباني = النعاج 30 %على الأقل، الأبقار 50 % على الأقل.
  - § جبن ايبيري = الأبقار 50 % على الأقل، الماعز 30% على الأقل، النعاج 10 %.
  - § جبن مختلط = النعاج 75 %على الأقل، الأبقار 15 %على الأقل.

2.1. حسب طريقة التجبن

- Ø التجبن الأنزيمي.
- Ø التجبن اللاكتيكي أو الحمضي.
- Ø التجبن المختلط.

3.1. حسب رطوبة الجبن

- Ø جبن طري: أكثر من 69 % من الرطوبة.
- Ø جبن نصف طري: 61 إلى 69 % من الرطوبة.
- Ø جبن نصف جاف: 54 إلى 61 % من الرطوبة.
- Ø جبن جاف: 49 إلى 54 % من الرطوبة.
- Ø جبن شديد الجفاف: أقل من 51 % من الرطوبة.

4.1. حسب المحتوى من الدهون

- Ø جبن كثير الدهن: أكثر من 60 % من المواد الدهنية.
- Ø جبن دهني: من 45 % إلى 60% من المواد الدهنية.
- Ø جبن نصف دهني: من 25 إلى 45 % من المواد الدهنية.
- Ø جبن قليل الدهون: أقل من 10 % من المواد الدهنية.

5.1. حسب نسب العناصر المكونة للجبن

- Ø أجبان تحتوي على عيون دائرية.
- Ø أجبان بنيتها محببة.
- Ø أجبان بنيتها متماسكة.

6.1. حسب الأحياء المجهرية المستعملة

- Ø أجبان تحتوي على عروق عجينتها زرقاء.
- Ø أجبان تحتوي على عفن أبيض.
- Ø أجبان ناضجة بفعل بكتيريا لاكتيكية.

2. حليب الجبن

ينبغي أن يكون الحليب المخصص لصناعة الجبن ذو جودة عالية سواء من الناحية الكيميائية أو من الناحية الميكروبيولوجية.

وعلى الحليب الموجه لصناعة الجبن أو لصناعة حليب بدون دسم أن يتميز بنفس الجودة التي يتميز بها الحليب الموجه للاستهلاك مباشرة. إذ يجب أن يكون خاليا من المضادات الحيوية كما يجب عدم استعمال الحليب اللبئي أو الحليب الذي تنتجه حيوانات مريضة.

1.2. المعالجة القبلية

- Ø **الترشيح**

تهدف هذه العملية إلى إزالة الشوائب الكبيرة أو المرئية التي قد يحتوي عليها الحليب بعد الحلب، ويجب أن تتم إجباريا قبل التبريد من أجل تجنب تطور ونمو البكتيريا المقاومة للبرودة في الحليب خلال حفظه.

Ø التنقية باستعمال قوة الطرد المركزي

تهدف هذه العملية إلى إزالة الجزيئات المجهرية والغبار الذي يحتوي عليه الحليب عن طريق الانتباذ. ويمكن أن تكون هذه العملية:

- **مفتوحة :** عندما يجب تفكيك الأطباق لتنظيفها بعد انتهاء هذه العملية.
- **ذات التنظيف الذاتي:** عندما يتوفر نظام لتفريغ الأوساخ المتراكمة أو نظام آلي للغسل.

Ø المعالجة بالحرارة

يتم اللجوء إلى معالجة الحليب بالحرارة عند عدم استعماله في مراكز الحليب داخل أجل 48 ساعة. وتهدف العملية إلى تخفيض عدد ميكروبات الحليب والحد من تطور الجراثيم المقاومة للبرودة خلال فترة التبريد.

تتمثل هذه العملية في تسخين الحليب بحرارة تتراوح بين 65 إلى 68 درجة مائوية لمدة 10 إلى 15 ثانية ثم تبريده فيما بعد من أجل حفظه.

ملاحظة: هذه المعالجة لا تعوض البسترة لأنها لا تقضي على الجراثيم الممرضة.

Ø المعايرة أو التسوية

تهدف إلى الحفاظ على نسب متناغمة ومستقرة من الدهون والبروتينات من أجل الحصول على منتج (جبن) متجانس من ناحية تركيبته الكيميائية. حتى الآن تتم المعايرة أساسا على مستوى المواد الدهنية فقط.

Ø التبريد

يهدف إلى منع تطور بكتريا الحليب خلال تخزينه وإلى الحفاظ على خصائصه. لهذا يجب تبريد الحليب في أسرع وقت ممكن تحت حرارة تتراوح بين 3 و 6 د. م وتخزينه في هذه الظروف. بالنسبة لتجهيزات التبريد الأكثر استعمالا في هذا الميدان فهي تختلف حسب كمية الحليب التي ستتم معالجتها. فمثلا في مصانع الجبن الكبيرة يتم اللجوء إلى استخدام آلات تعمل على تبريد الحليب بواسطة أنابيب مبردة بالماء المجمد قبل تخزينه في خزانات عازلة للحرارة. أما في حالة مصانع الجبن الصغيرة فيتم استعمال خزانات مبردة بسيطة.

Ø **البسترة**

هو العلاج الحراري الأكثر استعمالا في صناعة الأجبان ويهدف إلى تدمير الجراثيم الممرضة المتواجدة في الحليب غير أنه يدمر كذلك جزءا من الفلورة النافعة.

تجدر الإشارة إلى أن البسترة لا تدمر الجراثيم من فصيلة باسيلوس وكلوستريديوم نظرا لأنها مقاومة للحرارة. هناك نوعين من البسترة:

- البسترة البطيئة: تتم في حرارة تتراوح بين 65 و 66 د.م لمدة 30 ثانية.
- البسترة السريعة: تتم في حرارة تتراوح بين 72 إلى 75 د.م لمدة 15 إلى 20 ثانية.

2.2. إعداد الحليب

جميع العمليات التي يخضع لها الحليب بين المعالجات والتجبن تهدف إلى إرجاع مميزات الحليب كما كانت قبل إخضاعه للمعالجات ثم ملاءمته وتهييئه لمرحلة التجبن. ويتمثل إعداد الحليب في إضافة المخمرات وزيادة مواد مضافة تكميلية ومصححة وواقية.

1.2.2. المخمرات

نظرا لكون البسترة تدمر جزءا كبيرا من الفلورة النافعة فإنه من الضروري عند صناعة الأجبان إضافة بكتيريا لاكتيكية قادرة على تحويل اللاكتوز الموجود في الحليب إلى حمض لاكتيكي.

أ. الهدف من المخمرات

- رفع حموضة الحليب وبالتالي تخفيض pH.
- كبح تطور أنواع أخرى من البكتريا (بكتيريا ممرضة) التي قد تسبب مشاكل لهذه العملية.
- إفراز أنزيمات بروتينية ودهنية تساعد على تخمر الجبن.
- تكون غاز (CO_2) الذي يساعد على تكون عيون الجبن.
- ظهور مواد معطرة.

Ø **البسترة**

هو العلاج الحراري الأكثر استعمالا في صناعة الأجبان ويهدف إلى تدمير الجراثيم الممرضة المتواجدة في الحليب غير أنه يدمر كذلك جزءا من الفلورة النافعة.

تجدر الإشارة إلى أن البسترة لا تدمر الجراثيم من فصيلة باسيلوس وكلوستريديوم نظرا لأنها مقاومة للحرارة. هناك نوعين من البسترة:

- البسترة البطيئة: تتم في حرارة تتراوح بين 65 و 66 د.م لمدة 30 ثانية.
- البسترة السريعة: تتم في حرارة تتراوح بين 72 إلى 75 د.م لمدة 15 إلى 20 ثانية.

2.2. إعداد الحليب

جميع العمليات التي يخضع لها الحليب بين المعالجات والتجبن تهدف إلى إرجاع مميزات الحليب كما كانت قبل إخضاعه للمعالجات ثم ملاءمته وتهييئه لمرحلة التجبن. ويتمثل إعداد الحليب في إضافة المخمرات وزيادة مواد مضافة تكميلية ومصححة وواقية.

1.2.2. المخمرات

نظرا لكون البسترة تدمر جزءا كبيرا من الفلورة النافعة فإنه من الضروري عند صناعة الأجبان إضافة بكتيريا لاكتيكية قادرة على تحويل اللاكتوز الموجود في الحليب إلى حمض لاكتيكي.

أ. الهدف من المخمرات

- رفع حموضة الحليب وبالتالي تخفيض pH.
- كبح تطور أنواع أخرى من البكتريا (بكتيريا ممرضة) التي قد تسبب مشاكل لهذه العملية.
- إفراز أنزيمات بروتينية ودهنية تساعد على تخمر الجبن.
- تكون غاز (CO_2) الذي يساعد على تكون عيون الجبن.
- ظهور مواد معطرة.

ب. أنواع المخمرات

Ø مخمرات متماثلة التخمر

تنتشر هذه المخمرات أو البكتيريا في الحليب وتحول اللاكتوز إلى حمض لاكتيكي مما يؤدي إلى انخفاض قيمة pH وبالتالي المساعدة على تجبن الحليب فيما بعد.

Ø مخمرات متباينة التخمر

تنتج هذه المخمرات الحمض اللاكتيكي بنسبة قليلة إضافة إلى أنزيمات بروتينية ودهنية تؤدي إلى تحلل البروتينات والدهون وهو ما يساعد على نضج الجبن وظهور مذاقات وبعض الغازات (CO_2) التي تساعد على ظهور عيون في الجبن.

Ø مخمرات حسب مقاومتها للحرارة

- المخمرات المفضلة للبرودة من 20 إلى 40 درجة مائوية.
- المخمرات المفضلة للحرارة أكثر من 40 درجة مائوية.

Ø الصور المختلفة للمخمرات

- المخمرات على الصورة السائلة.
- المخمرات على الصورة المجمدة: (40 –) درجة مائوية.
- المخمرات على الصورة العالية التجميد: من (160–) حتى (190–) درجة مائوية (في النيتروجين السائل).
- المخمرات على الصورة المجففة: والتي يجب تجديد نشاطها قبل استعمالها.
- المخمرات على الصورة المجففة بالتجميد وهي الأكثر استعمالا.
- المخمرات على الصورة المركزة المجمدة.

Ø مخمرات من أحياء مجهرية أخرى

- بنيسيليوم روكفورت Penicillium Roquefort لصناعة جبنة الركفور.
- بنيسيليوم غلوكوم Penicillium Glaucum لصناعة جبنة الكابراليس (Cabrales).
- بنيسيليوم كانديدوم Penicillium Candidum لصناعة جبنة البراي. (Brie).
- بنيسيليوم كامونبيرتي Penicillium Camenberti لصناعة جبنة الكامونبيير.

ج. العوامل المتحكمة في نشاط المخمرات

- القدرة الجينية للبكتيريا على إنتاج الحمض اللاكتيكي.
- تركيبة وجودة وسط زرع البكتيريا.
- غياب مواد كابحة كالمنظفات والمضادات الحيوية والمطهرات.
- غياب الفيروسات التي تقضي على البكتيريا. هذه الفيروسات تلج داخل خلايا البكتيريا وتدمرها وتتميز بكونها تهاجم بوغا واحدا فقط مما يعني أنه يمكن القضاء عليها باستعمال مخمرات مختلطة أو باستعمال المخمرات بالتناوب.
- الحرارة الأفضل للتطور.
- مدة ما قبل النضج من 30 إلى 60 دقيقة.

2.2.2. المواد المضافة

يتم اللجوء عادة إلى هذه المواد من أجل تصحيح وتحسين مميزات الحليب الموجه لصناعة الجبن. هذه المواد هي:

أ. كلورور الكالسيوم

تؤدي بسترة الحليب إلى ترسب الكالسيوم مما يجعل من الضروري إعادة توازن مركب الكالسيوم والكازيين إلى ما كان عليه بهدف تحسين قدرة الحليب على التجبن بفعل المجبنة.

Ø **أشكال كلورور الكالسيوم**

- كلورور الكالسيوم الخالي من الماء أو المجفف (95 إلى 97 %) .
- كلورور الكالسيوم المبلور (77 إلى 80 %).
- محلول كلورور الكالسيوم (تبلغ كثافته 1.39 عند حرارة 40 درجة مائوية).

Ø **الجرعة**

- بالنسبة للخالي من الماء: من 10 إلى 14 غ لكل 100 لتر.
- بالنسبة للكالسيوم المبلور: من 15 إلى 17 غ لكل 100 لتر.
- بالنسبة للكالسيوم المذاب: من 20 إلى 30 سم^3 لكل 100 لتر.

ب. نيترات الصوديوم والبوتاسيوم

تمتلك النيترات القدرة على كبح تطور البكتيريا المفرزة للحمض الزبدي وبكتريا كلي زيادة على أنها لا تؤثر على البكتريا اللاكتيكية.

الجرعة

من 10 إلى 15 غ لكل 100 لتر. و هناك دول تمنع استعمال النيترات.

ج. الملونات ومزيلات اللون

يرتبط لون الجبن بشكل كبير بلون دهون الحليب مما يجعل لون الجبن يتغير حسب الفصول. لتفادي هذه التغيرات يتم اللجوء عادة إلى استخدام بعض الملونات من قبيل الكاروتين.

يتم استعمال مزيلات اللون عادة من أجل إزالة اللون المائل للصفرة في الجبن المصنوع من حليب البقر أو من خليط الحليب الذي تكون فيه نسبة كبيرة من حليب البقر. وينصح باستعمال هذه المواد في صناعة الجبن ذو العجينة الزرقاء من أجل إبراز الخلفية البيضاء.

الجرعة

من 3 إلى 7 سم^3 لكل 100 لتر.

د. الأنزيمات

Ø الشحماز (Lipase)

يدمر الشحماز الطبيعي الموجود في الحليب خلال عملية البسترة مما يجعل من الضروري إضافة هذه المادة في بعض الحالات. يساعد الشحماز على تحلل الدهون وتحولها إلى أحماض دهنية حرة وإلى غليسيريد خلال مرحلة نضج الجبن مما يقلص المدة التي تستغرقها هذه العملية و يقوي مذاق الجبن.

الجرعة

يتم استعمال عادة بين 3 و 6 غرامات لكل 100 لتر من الحليب.

Ø الليزوزيم (Lisozyme)

هي مركبات أنزيمية يتم الحصول عليها عن طريق عمليات فزيائية وانطلاقا من زلال البيض. هذه المركبات قادرة على كبح الأبواغ عندما تكون في الشكل النباتي.

الجرعة

10 سم^3 لكل 100 لتر. ويستخدم في الحاضر هذا الأنزيم لتعويض النيترات.

3.2. تجبن الحليب

تجبن الحليب أو تخثره هو تحوله من الحالة السائلة إلى الحالة الهلامية (gel). أما من الناحية الفيزيائية فتتمثل هذه العملية في ترسب ذرات الكازيين وتجمعها على شكل هلامي يحتفظ بالدهون والماء والأملاح..إلخ.

يمكن أن يحدث التخثر إما بسبب الأنزيمات المخثرة (تختر أنزيمي) أو بسبب تحمض الحليب نفسه حتى يصل pH إلى 4,6 (تخثر لاكتيكي).

Ø التجبن الحمضي أو اللاكتيكي

يتم هذا التخثر بواسطة البكتريا المتواجدة في الحليب الطري أو تلك الناتجة عن الزرع الأولي (مخمرات محمضة) تقوم بتحويل اللاكتوز إلى حمض لاكتيكي حتى بلوغ نقطة التساوي الكهربائية حيث pH يساوي 4,6.

Ø التجبن الأنزيمي

ينتج هذا التخثر عن استخدام أنزيمات مخثرة تقوم بتحليل جزئي وخاص لبروتين الكازيين مسببة اختلال بنيته وترسب ذراته مما يكون مادة هلامية تحتجز بداخلها باقي مركبات الحليب. يتم التخثر الأنزيمي على مرحلتين:

1 – مرحلة اختلال التوازن

في هذه المرحلة يختل توازن البروتينات (الكازيينات) فتتكون البارا- كا- كازيينات (Para k-caséines).

2 – مرحلة الترسب

تترسب البارا- كا- كازيين المتكونة سابقا بوجود أيونات الكالسيوم وبفعل الخثارة مما يؤدي إلى تكون الهلام.

3. الخثارة (Coagulum)

هي مادة سائلة أو عجينية صلبة من أصل حيواني أو نباتي أو ميكروبي قادرة على مضاعفة ذرات الكازيين.

Ø أنواع الخثارات

أ. الخثارة الحيوانية

يمكن أن نجد نوعين من الأنزيمات داخل الخثارة الحيوانية:

- الكيموزين (Chymosine)
- البيبسين (Pepsine)

يمكننا أن نقسم هذه الخثارات حسب محتواها إلى:

- مستخلص الخثارة يفوق 75 % من الكيموزين.
- خثارة تحتوي على 25 إلى 75 % من الكيموزين.
- خثارة بوبينو أكثر من 25 % من الكيموزين.
- مجبن (أو مخثر) : عندما يكون المركب النشيط غير البيسين و الكيموزين.

ب. الخثارة النباتية

يستعمل عادة حليب التين وأزهار الخرشوف إلا أن هذه الخثارات تؤدي إلى:

- حلمئة البروتينات بشكل كبير.
- إعطاء مذاقات مرة في بعض الأحيان.

ج. الخثارة الميكروبية

ينتج تخمر بعض الطفيليات أنزيمات تستطيع تجبين الحليب. الأكثر استعمالا هي: موكور مياهي (Mucor Miehei). نجد عدة أنواع نذكر منها:

L: عندما يتم تسويقها على شكل سائل.
G: عندما يتم تسويقها على شكل حبيبات.
T: خاصة بالبلدان الاستوائية ذات الحرارة المرتفعة.
XL: عندما يجب أن يكون المحلول خاليا من النشاط الترسبي للخثارة بعد بسترته.

4. تقطيع الجبن الطري

بعد تخثر الحليب بفعل نشاط الخثارة نقوم بأول عملية وهي قطع الجبن الطري والتي تعتبر من العمليات الأكثر أهمية حيث أن تحديد القطع (متى وكيف وكم) سيحدد لنا كمية وجودة المنتوج الذي سنحصل عليه. ويمكن القيام بهذه العملية إما يدويا أو آليا.

مـــــتـــــى؟

يتم تحديد الوقت المناسب للقيام بالقطع حسب درجة تماسك الجبن الطري. حيث أنه إذا قطع وهو ما زال لينا يؤدي إلى الحصول على الكثير من غبار الجبن مما سيخفض المردودية. أما إذا قُطع وهو قاسيا فهذا سيعيق العمل الملائم.

كـيـــــف؟

يجب أن تكون سرعة القطع في البداية بطيئة ثم نسرع كلما لاحظنا مقاومة كتلة الجبن لآلة القطع.

كـــــم؟

حجم الحبة سيكون حسب نسبة الرطوبة المرغوبة في المنتوج النهائي.

5. تحويل الحبيبات

بعد الحصول على حجم الحبيبات المرغوب, يتم تحريك هذه الحبيبات قليلا وبلطف لإخراج السائل الذي تحتوي عليه داخل العيون الغازية. يساعد على هذه العملية القيام بتسخين المزيج تدريجيا برفع الحرارة درجة واحدة كل 3 دقائق مع الأخذ بعين الاعتبار عدم تجاوز حرارة تطور البكتريا اللاكتيكية في حالة إذا ما أضفنا مخمرات حساسة للحرارة.

عملية أخرى من عمليات تحويل الحبيبات هي عملية ما قبل العصر (أو الضغط). يتم القيام بها بطرق مختلفة حسب نظام العمل والوسائل المتاحة. فبالنسبة للإنتاج الصغير يمكن القيام بهذه العملية في نفس الإناء أما في الحالات الأخرى فنقوم بهذه العملية في آلة خاصة للعصر والغاية منها هي إزالة السائل كليا أو جزئيا حسب قوام الجبنة المرغوب فيه.

6. القولبة

الهدف منها هو التحام الحبيبات في ما بينها لتشكل قطعا من أحجام وأشكال مختلفة، حسب نوع الجُبنة.

Ø القوالب المستعملة

- القوالب المقطرة ذاتيا Auto égoutteur.
- القوالب التقليدية باستعمال الثوب (القماش).
- القوالب ذات العيون المجهرية.

Ø طرق القولبة

- يدوية.
- بواسطة أطباق مالئة.
- مالئات أعمدة آلية.

7. العصر

تتم عملية العصر إما بواسطة الجاذبية أو بقوة الطرد المركزي. حسب نوع الجبن الذي سنصنعه، يهدف العصر إلى عدة غايات. ففي حالة الأجبان الطرية التي تحتوي على نسبة عالية أو متوسطة من الرطوبة يهدف العصر إلى إزالة السائل وتسهيل التحام الحبيبات وإعطاء شكل للجبنة. أما بالنسبة للأجبان التي ستخضع لفترة نضج طويلة فتهدف هذه العملية بالإضافة إلى ما تم ذكره في الحالة السابقة إلى الحصول على قيمة pH ملائمة لنوع الجبنة التي نريد إنتاجها (pH = 5.5 – 5) مع انتهاء مرحلة العصر, ولهذا يجب أن نراعي قوة الضغط والمدة التي تستغرقها هذه المرحلة بما أن هذا العامل يلعب دورا أساسيا في تطور المكروبات والنضج النهائي للجبنة. يمكننا الجزم أن العصر يهدف بصفة عامة إلى:

- تسهيل إزالة السائل.
- التحام الحبيبات.
- الحصول على pH المرغوب.
- إعطاء شكل للجبنة.

8. التمليح

تتم إضافة الملح للأسباب التالية:

- لأنه يُحسن المذاق.
- لأنه مادة حافظة تساعد على الحد من تطور ونمو الأحياء المجهرية خلال مرحلة النضج.
- لأنه يساعد على تحسين مظهر الجبن وتماسكه.

1.8. عملية التمليح

في بداية مرحلة التمليح يتسرب الملح ببطء داخل الجبنة لبضعة سنتمترات قليلة, أما انتشاره ووصوله إلى وسط الجبن فلا يتم إلا خلال مرحلتي النضج والتخزين.

يفقد الجبن رطوبته خلال عملية التمليح. في حالة القيام بتمليح الجبن عن طريق وضعه في مملحات فإنه من الضروري إضافة الملح للخليط دوريا للحفاظ على تركيزه. العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار خلال مرحلة التمليح هي:

- تركيز المُملحة: من 10 إلى 22 %.
- حرارة المُملحة: من 10 إلى 12 درجة مائوية. كُلما ارتفعت الحرارة إلا وتسارعت العملية.
- مدة التمليح: حسب نسبة رطوبة الجبنة وشكلها ونوعها.
- مراقبة pH من أجل تفادي نمو البكتريا الزبدية التي قد تؤدي إلى حدوث تخمرات غير مرغوب فيها خلال مرحلتي النضج والتخزين.
- نسبة الكالسيوم التي تحتوي عليها المملحة: تلعب دورا أساسيا لأنها تساعد على تجفيف طبقة الأجبان الخارجية دون أن تكون لصوقة. الجرعة 0.2 %.
- طريقة ووقت التمليح.

2.8. طرق التمليح

يمكن إخضاع الجبن للتمليح خلال مختلف مراحل صناعته.

- **التمليح المبكر:** يهدف إلى إضافة الملح للإناء مادام هناك سائل وجبن طري أو جبن طري فقط.
- **التمليح المتأخر:** يهدف إلى غمر الأجبان المشكلة في مملحات أو نثر الملح الصلب على سطحها.
- **التمليح المزدوج:** يستعمل في بعض الحالات ويهدف إلى تمليح أولي للجبن في الإناء ثم تمليح ثاني في آخر مرحلة النضج باستعمال مملحات أو مسحوق الملح.

3.8. مُدة التمليح

ترتبط مدة التمليح بعدة عوامل:

- نسبة الملح في المملحة المستعملة.
- حجم الجبن وشكله ووزنه.
- النسبة النهائية للملوحة التي نريد الحصول عليها في الجبن.
- درجة الحرارة خلال عملية التمليح.
- نسبة رطوبة الجبن.

9. الحفظ والنضج

ينتهي مسلسل صناعة الجبن الطري بعملية التمليح. أما الأجبان الطرية والنصف مجففة والمجففة فتحتاج إلى مدة قد تكون طويلة أو قصيرة لكي نقول أن عملية إنتاجها قد انتهت وفي ظروف محددة حسب نوع الجبن. ويمكن أن نقوم حسب مدة النضج بالتقسيم التالي:

- **الجبن الطري:** لا يحتاج للنضج، يحتوي على نسبة عالية من الرطوبة ويجب أن يحتفظ به في حرارة 4 أو 5 درجات مائوية حتى استهلاكه.

- **الجُبن اللين:** يحتوي على نسبة أقل من الرطوبة ويخضع لفترة نضج قصيرة (3 أو 4 أيام) من أجل:
  - § أن يتوزع الملح بداخله بشكل متجانس.
  - § مضاعفة بعض البروتينات وتكون بعض المواد المعطرة. وتؤدي إطالة فترة النضج إلى تحلل البروتينات وظهور مواد معطرة جديدة.

- **الجُبن النصف مجفف:** يتم الحصول عليه بعد إخضاع الجبن للنضج لمدة متوسطة تتراوح بين 30 و60 يوما. خلال هذه المدة تتقوى المذاقات مع الاحتفاظ بقوام لين.

- **الجبن المجفف:** يخضع لفترة نُضج طويلة تتراوح بين 6 و12 شهر. خلالها يتعرض لمجموعة من التغيرات:

  - § ظهور وتطور روائح ومذاقات خاصة بكل جبن.
  - § ظهور عفن وطبقات مرخص بها فوق سطح الجبن.
  - § فقدان الرطوبة بشكل كبير حتى الحصول على مميزات تماسك كل الجبن.
  - § تكون عيون و ثقوب مختلفة داخل الجبن.

الوحدة التعليمية الثالثة: تحليل الحليب

1. تحديد الحموضة

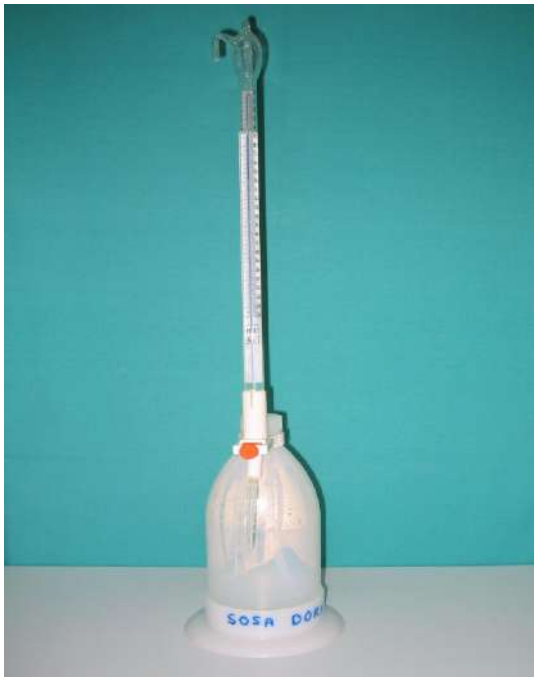
1.1. المبدأ

نقصد بحموضة الحليب الطبيعي المبستر والمعقم والمبستر بالبخار، المحتوى الظاهري من الحمض بقياس غرامات الحمض اللاكتيكي لكل 100 ميللتر من الحليب أو بقياس درجات دورنيك ويطلق عليها كذلك اسم درجات فرانسيس.

يتم تحديد الحموضة العامة للحليب بالمحجامية. تعتمد هذه التقنية على إشباع الوظائف الحمضية للحليب عن طريق مادة قلوية، والتي بوجود دليل كاشف تُظهِر إبطال مفعول الوظائف الحمضية للحليب عن طريق تغير في اللون في آخر مراحل التفاعل.

المحلول القلوي الأكثر استعمالا في تقييم حمضية الحليب هو هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) 0.111N (N/9). أما الملون المستعمل فهو محلول كحولي يحتوي على 2% من الفينولفطالين .

2.1. الأدوات اللازمة



Ø مقياس الحموضة دورنيك يتكون من:
- قاعدة من البلاستيك يوضع عليها الإناء.
- إناء من البلاستيك.
- سحاحة مرقمة كل 0.05 مل أو 0.1 مل وتتوفر على مفتاح.
- أنبوب من البلاستيك اللين.

Ø قارورة قطارة لونها يميل إلى الأصفر من أجل المؤشر.

Ø طارحة مدرجة بـــ 10 مل.

Ø أواني زجاجية للترسبات يبلغ حجمها 100مل.

الصورة رقم 1: مقياس الحموضة دورنيك (Dornic)

3.1. المواد المتفاعلة اللازمة

- هيدروكسيد الصوديوم دورنيك (NaOH) N/9 أو سائل يقيس الحموضة.
- محلول كحولي يحتوي على 2% من الفينولفطالين.

ملاحظة

من أجل تحضير الدليل أو المؤشر نقوم بإذابة غرامين من الفينولفطالين في 100 مل من الكحول الأتيلي بتركيز 96 إلى 98 في المئة. ويمكن كذلك استخدام هيدروكسيد الصوديوم N/10.

4.1. التقنية العملية

- Ø قبل التحليل يجب خلط الحليب جيدا، حتى الحصول على تجانس كامل للمادة الدهنية.
- Ø وضع10 ملل من الحليب في الوعاء.
- Ø إضافة 4 أو 5 قطرات من الفينولفطالين.
- Ø ملء السحاحة بهيدروكسيد الصوديوم دورنيك.
- Ø ترك هيدروكسيد الصوديوم دورنيك يتساقط قطرة بعد قطرة على الحليب مع تحريك الوعاء.
- Ø تنتهي التجربة عند ظهور لون مائل إلى الوردي الفاتح يتم التعرف عليه بمقارنة الحليب المحصل عليه بعينة سابقة من نفس الحليب. يختفي هذا التلون الخفيف تدريجيا غير أنه يعتمد عليه فقط إذا استمر دقيقة واحدة على الأقل.
- Ø تُقرأ على السحاحة المليمترات التي نقصت من هيدروكسيد الصوديوم دورنيك.

الصورة رقم 2: تلوين تحويلي وردي باهت

5.1. عرض النتائج

يعبر عن النتائج بدرجات دورنيك أو بوزن الحمض اللاكتيكي لكل 100 مل من الحليب. تساوي درجة دورنيك واحدة 0.1 مل من هيدروكسيد الصوديوم N/9 وتساوي أيضا 0.1 غرام من الحمض اللاكتيكي لكل 100 مل من الحليب. من أجل تحويل قيمة درجات **دورنيك** إلى درجات **سوكسليت** يكفي قسمتها على 2,25.

درجة دورنيك ← 0.1 مل من هيدروكسيد الصوديوم دورنيك ← 0.1 غرام من الحمض اللاكتيكي.

مثـــــال

فلنفترض أننا نحتاج لـــ 1.6 مل من هيدروكسيد الصوديوم من أجل تحديد حموضة الحليب. إذا فإن هذا الحليب يتميز بـــ 16 درجة دورنيك من الحموضة و1.6 غ من الحمض اللاكتيكي لكل 100 مل من الحليب.

ملاحظة

يجب الأخذ بعين الاعتبار حموضة ثنائي كرومات البوتاسيوم في حالة إضافته للحليب. ويمكن اعتبار أن غراما واحدا من هذا الحافظ يرفع الحموضة لتساوي 0.6 غ من الحمض اللاكتيكي.

6.1. تحليل النتائج

رغم أن الحليب الطري يفتقر إلى الحمض اللاكتيكي إلا أنه عادة يحتوي على 14 إلى 18 درجة دورنيك بالنسبة لحليب البقر ونفس المستوى تقريبا بالنسبة لحليب الماعز. أما حليب الغنم فيتميز بحموضة تتراوح بين 18 و25 درجة دورنيك.

الحمض الوحيد الذي يحتوي عليه الحليب هو حمض السيتريك, وهو المسؤول عن حموضة الحليب إلى جانب الكازيين وزلال الحليب والفوسفاط والكلور والكاربون عديم الماء.

في بعض الحالات قد تكون مستويات الحموضة المنخفضة (أقل من 14 درجة دورنيك) مؤشرا على أن الحليب يصدر من حيوان مصاب بالتهاب الحلمات، أو أن هذا الحليب هو عبارة عن لبأ (الحليب الأول الذي يخرج من ضرع الحيوان بعد الوضع) أو أنه مُميه. أما المستويات الأعلى من 18 درجة دورنيك فتدل على أن الحليب تم حلبه قبل أكثر من 10 ساعات ولم يتم حفظه في البرودة أو أن المعدات المستعملة في حلبه لم تنظف ولم تعقم بالشكل الصحيح.

أما الحليب الذي يحتوي على أكثر من 23 درجة دورنيك من الحموضة لا يقاوم البسترة, وبالتالي يعتبر غير صالح لصناعة الجبن لأنه تعرض لتغيرات كبيرة.

2. اختبار الاستقرار عند رفع الحرارة

قبل معالجة الحليب الطري حراريا يجب معرفة ما إذا كان هذا الحليب سيحافظ على استقراره عند تسخينه، لهذا الغرض توجد عدة طرق تمكننا من تحديد مدى استقرار الحليب الطري واختيار المعالجة الحرارية الملائمة. وعملية الاختيار هذه تحظى بأهمية قصوى لاسيما إذا كان الحليب سيخضع لعملية تعقيم. "اختبار الكحول" هو العملية الأكثر تداولا من أجل معرفة وتحديد مدى استقرار الحليب. تجدر الإشارة إلى أن مكونات الحليب توجد في حالة توازن وأي تغير يطرأ عليها يفقد الحليب هذا التوازن.

1.2. الأسباب والعوامل التي قد تُخل بتوازن الحليب

- زيادة الحمض اللاكتيكي وارتفاع نسبته وهو السبب الأكثر شيوعا.
- وجود مواد حافظة في الحليب (ماء مؤكسد) أو مواد غريبة.
- الاحتفاظ بالحليب لمدة طويلة (4 أو 5 أيام) ويسمى حليب قديم.
- حدوث التلوث بجراثيم مفضلة للرطوبة.
- حالة الحيوانات (حليب لبئي).
- طول مدة النقل والإفراط في تحريك الحليب.

2.2. اختبار الكحول

1.2.2. المبدأ

يتم تحديد استقرار الحليب عند ارتفاع الحرارة بواسطة اختبار الكحول قبل جمعه في الضيعة وقبل إفراغه في مركز المعالجة أو مركز تحويل الحليب.

عند إضافة كمية معينة من الكحول الإيثيلي إلى الحليب تفقد بعض المواد الغروانية المائية ماءها جزئيا أو كليا وهو ما يؤدي إلى فقدانها لطبيعتها وإلى فقدان حالة التوازن وظهور تسبخ. يحدث هذا التغير فقط عندما تبلغ نسبة الكحول درجة معينة في الخليط النهائي ودون هذه الدرجة لا يحدث تسبخ الحليب المستقر.

2.2.2. الأدوات اللازمة

- Ø أنابيب التجارب.
- Ø طارحات من عيار 5 مل.
- Ø مجراع خاص من أجل إجراء الاختبار في الحظيرة وفي إناء إفراغ واستقبال الحليب.

3.2.2. المواد المتفاعلة اللازمة

Ø ماء مقطر.

Ø الكحول الإيثيلي أو الإيتانول : ترتبط درجة كحولية الإيتانول بنوعية العلاج الحراري الذي سيخضع له الحليب. ويستعمل عادة:

- كحول 67 % أو 68 % من أجل البسترة (في حالة حليب البقر والغنم) وكحول 57 % أو 58 % (في حالة حليب الماعز).
- كحول 72% أو 74% من أجل التعقيم.
- كحول 76% من أجل البسترة البخارية.

4.2.2. التقنية العملية

- توضع 5 مل من الحليب في أنبوب الاختبار.
- يضاف إليها 5 مل من الكحول الإيثيلي.
- يخلط الأنبوب مقلوبا عدة مرات بدون حركات عنيفة ثم يفحص المزيج. في حالة إذا لم تتم ملاحظة تجلطات على زجاج الأنبوب فإننا نعتبر أن الحليب سيكون مستقرا عند درجة حرارة المعالجة، والعكس صحيح.

الصورة رقم 3: حليب في حالة مستقرة، بدون تجلطات | حليب في حالة غير مستقرة، بتجلطات

3. تحديد pH

1.3. المبدأ

pH هو قياس تركيز بروتونات وأيونات الهيدروجين, بمعنى قياس حموضة أو قاعدية وسط مُعين. ويعتبر pH عاملا مهما عند التحدث عن استقرار بعض الأطعمة لأنه يحدد إمكانية نمو مجموعات من الأحياء المجهرية المعينة.

يُعبَر عن النتائج بوحدات pH عند حرارة 20 درجة مائوية. قيمة pH المحايد هي 7 بينما تعتبر القيم الأقل من هذا العدد حمضية والقيم الأكبر قاعدية. يقاس pH عينة ما (حليب أو جبن) بواسطة مقياس pH، وتتم هذه العملية مباشرة على العينة.

من جهة أخرى نجد أن pH الحليب أو الجبن يتضاعف عكسيا مع حموضة دورنيك, أي أنه كلما ارتفعت الحموضة إلا وانخفضت قيمة pH .

2.3. الأدوات اللازمة

- Ø مقياس pH يتوفر على إلكترودات من الزجاج (الكترودات للسوائل في حالة الحليب والكترودات للمواد الصلبة في حالة الجبن) وبحساسية تبلغ 0.05 pH.
- Ø أواني زجاجية للترسبات.
- Ø مزاجات زجاجية.
- Ø مقياس حرارة يدوي في حالة إذا لم يكن مقياس pH يتوفر على الكترود C.A.T (موازن الحرارة).

3.3. المواد المتفاعلة اللازمة

- Ø محلول مرجعي pH يساوي 7 (محايد).
- Ø محلول مرجعي pH يساوي 4 (حمضي).
- Ø ماء مقطر.

ملاحظة: يجب المحافظة على المحاليل المرجعية في أماكن باردة.

4.3. التقنية العملية

- Ø معايرة (ضبط) مقياس pH بواسطة المحاليل المرجعية مع البدء دائما بالمحلول المحايد pH = (7) وذلك حسب تعليمات كل مصنع. ويجب غسل الإلكترود بالماء المقطر قبل وضعه في

- Ø المحلول الحمض(pH = 4). كما يتحتم أن تكون المحاليل في حرارة تساوي 20 درجة مائوية.
- Ø وضع العينة في حرارة تساوي 20 درجة مائوية وتحريكها حتى يحصل تجانس تام للمواد الدهنية.
- Ø إدخال الكترود pH والكترود C.A.T في العينة المحضرة (محلول الحليب أو الجبن) ثم قراءة القيمة مباشرة على مقياس pH.
- Ø غسل الإلكترود بالماء المقطر بعد كل قياس.

ملاحظة

يجب ترك الإلكترودات دائما في إناء يحتوي على ماء مقطر أو على المحلول الذي ينصح به المصنع.

5.3. النتائج

- Ø نقرأ مباشرة قيمة pH على المقياس الغلفاني (Galvanométre).
- Ø يعبر عن النتائج بوحدات pH عند حرارة 20 درجة مائوية وبرقمين عُشريين.

لصورة رقم 4: تحديد نسبة pH في الجبن

4. الكشف عن الماء المؤكسج

الماء المؤكسج (H_2O_2) هو بيروكسيد ويعتبر مادة معقِمة. يستعمل بطريقة غير قانونية كحافظ لوقف أو تأخير تغير الحليب. هذه العملية الغير قانونية بإضافة هذا الماء إلى الحليب قد تؤدي إلى ظهور عدة مشاكل تكنولوجية وصحية واقتصادية. من أجل البحث عن هذه المادة الحافظة في الحليب هناك طريقتين:

- Ø طريقة تستعمل يودور البوتاسيوم.
- Ø طريقة تستعمل شريطا يدل على وجود البروكسيدات.

1.4 الكشف عن الماء المؤكسج باستخدام يودور البوتاسيوم

1.1.4. المبدأ

يتم الكشف عن وجود الماء المؤكسج بمساعدة يودور البوتاسيوم عن طريق تلون الحليب، فإذا تحول لون هذا الأخير إلى الأصفر أو أصبح يميل إلى الأصفر فهذا يعني أن الحليب يحتوي على H2O2. ويكون هذا التلون نتيجة لتفاعل اليود الحر (I2). وبإضافة النشا القابل للذوبان يصبح اللون أزرقا يميل إلى الرمادي نتيجة تفاعله مع اليود.

2.1.4. الأدوات اللازمة

- Ø أنابيب الاختبار.
- Ø طارحات من عيار 10 مل.
- Ø قارورة قطارة.
- Ø حوجلة من عيار 100 مل لتحضير محلول يودور البوتاسيوم.

3.1.4. المواد المتفاعلة اللازمة

- Ø يودور البوتاسيوم (IK) بتركيز 25 %.
- Ø نشا قابل للذوبان.
- Ø ماء مقطر.

ملاحظة

من أجل تحضير محلول (IK) يتم وزن 25 غرام من المنتوج التجاري ثم تتم إذابتها في ماء مقطر، ويوضع الكل في حوجلة ثم يخلط جيدا ويترك في مكان بعيدا عن الضوء.

4.1.4. التقنية العملية

- Ø نضع 10 مل من الحليب في أنبوب الاختبار لتحليلها.
- Ø نضيف 10 قطرات من محلول IK.

Ø نخلط الكل جيدا ثم نلاحظ لون المزيج. يُنصح بمقارنة لون أنبوب الاختبار بأنبوب شاهد يحتوي على حليب بدون ماء مؤكسج.

5.1.4. تحليل النتائج

يعتبر التفاعل إيجابيا إذا ما تحول لون الحليب إلى الأصفر نتيجة تواجد الماء المؤكسج في الحليب الذي يتفاعل مع I2. أما إذا لم يتغير لون الحليب فهذا يعني غياب الماء المؤكسج.

الصورة رقم 5: حليب أبيض H2O2 (−). | اللون الأصفر H2O2 (+)

الحساسية

Ø تمكن هذه التقنية من كشف تركيزات 0.03 % من H_2O_2 لـــ100 حجم.
Ø يمكن الرفع من حساسية هذه التقنية إلى 0.015 % من الماء المؤكسج لـــ100 حجم بإضافة قليل من النشا القابل للذوبان.

2.4. الكشف عن الماء المؤكسج بواسطة شريط كاشف البروكسيدات

يتم الكشف عن الماء المؤكسج بواسطة شريط كاشف (إختبار البروكسيدات) بتغير لونه إلى الأزرق الفاتح أو الغامق حسب تركيز H2O2 الموجود في الحليب.

الحساسية

تمكن هذه التقنية من كشف تركيزات 0.5 ملغ/ل من الماء المؤكسج لـــ100 حجم.

الصورة رقم 6: شريط كاشف أزرق H2O2 (+) | شريط كاشف أبيض H2O2 (−).

5. اختبار الردوكتاز (Réductase)

1.5. المبدأ

أغلب الأحياء المجهرية الموجودة في الحليب تغير خلال تطورها قوة أكسدة واختزال الحليب. ويمكن إظهار هذا التغير عن طريق إضافة مادة ملونة للحليب تعطيه لونا مختلفا نتيجة الاختزال.

ترتبط سرعة تلون هذه المادة بعدد الأحياء المجهرية التي يحتوي عليها الحليب. وبالتالي فقياس هذا التغير يعطينا فكرة عن درجة تلوث الحليب.

تسمح لنا طريقة الردوكتاز بالكشف عن مدى تواجد الأحياء المجهرية في الحليب: عوضاً عن إحصاء عدد البكتريا المتواجدة في الحليب، نقوم بربط علاقة بين المُدة التي يستغرقها اختزال الملون (أزرق الميثيلن) ليفقد لونه الأزرق وكمية البكتريا الموجودة في عينة الحليب. كلما ارتفع عدد الأحياء المجهرية إلا وارتفعت سرعة اختفاء الملون.

2.5. الأدوات اللازمة

- Ø مدفئة حاضنة بحرارة 37 درجة مائوية أو "حمام مريم" مغلق.
- Ø أنابيب اختبار يمكن غلقها بسدادات لولبية معقمة.
- Ø طارحات معقمة من عيار 1 مل و10 مل.

3.5. المواد المتفاعلة اللازمة

- Ø ماء مقطر ومعقم.
- Ø أزرق الميثيلين صلب على شكل لويحات أو سائل.

يتم تحضير المحلول عن طريق إذابة 5 ملغ من أزرق الميثيلين في 100 مل من الماء المقطر والمعقم أو عن طريق إذابة إحدى اللويحات التي تُباع في الأسواق في 800 مل من الماء المقطر والمعقم.

ملاحظة

يجب أن لا تزيد المدة الفاصلة بين تحضير أزرق الميثيلين واستعماله عن 10 أو 15 يوما بالإضافة إلى أنه يجب أن يحفظ في مكان بارد وبعيد عن الضوء (في قارورات غامقة اللون).

4.5. التقنية العملية

- Ø وضع 10 مل من الحليب بطريقة معقمة في أنبوب اختبار معقم.
- Ø إضافة 1 مل من محلول أزرق الميثيلين جديد التحضير ثم غلق الأنبوب.
- Ø مزج الخليط عن طريق قلب الأنبوب مرتان أو ثلاث مرات لكن دون تكوين رغوة بداخله.
- Ø وضع الأنابيب في حمام مريم (في الظلام) أو في مدفئة تبلغ حرارتها 37 درجة مائوية. إذا وضعت الأنابيب في حمام مريم يجب مراعاة أن تكون مغمورة بالماء حتى مستوى الحليب وأن تكون الحرارة مستقرة في 37 درجة مائوية.
- Ø القيام بالقراءة على رأس كل نصف ساعة مع قلب الأنبوب والحرص على عدم دخول الهواء إليه.
- Ø نعتبر أن العينة فقدت لونها عندما يصبح الأنبوب كله دون لون أو حينما لا تبقى إلا دائرة صغيرة ملونة يبلغ سمكها 5 مليمترات على سطح الأنبوب نتيجة إعادة التأكسد عند ملامسة الهواء.

ملاحظة

من أجل مقارنة النتائج يمكن القيام بتجربة دون ملونات تتمثل في وضع 10 مل من الحليب في أنبوب اختبار ثم إضافة 1 مل من الماء ووضع الجميع ليغلي في الماء لمدة 3 دقائق.

5.5. تحليل النتائج

الجدول رقم 4: العلاقة القائمة بين مدة الاختزال وعدد الجراثيم وجودة الحليب.

مدة الاختزال	عدد الجراثيم	جودة الحليب
أكثر من7 ساعات	أقل من 20000	جيدة جدا
أكثر من 5 ساعات	أقل من 50000	جيدة
أكثر من 4 ساعات	أقل من 100000	لا بأس بها
أكثر من ساعتين	أقل من 1000000	متوسطة

6. اختبار الفوسفاطاز

1.6. المبدأ

تسمح تجربة الفوسفاطاز من التأكد من أن عملية البسترة تمت بالشكل الصحيح أي أنها استوفت الحرارة والمدة الزمنية اللازمتين للبسترة الصحيحة.

الفوسفاطاز هو أنزيم يوجد في الحليب الطري غير أنه يفقد طبيعته بفعل الحرارة بمعنى أن البسترة تقضي عليه. ونستخدم من أجل الكشف عن الفوسفاطاز طريقة التلون. هذا الأنزيم يمتلك القدرة على بسط ونشر الفينيلفوسفاط ثنائي الصوديوم إلى فينول وفوسفاط الصوديوم.

يتم الكشف عن وجود الفينول بواسطة مؤشر أو دليل ملون. يقوم هذا المؤشر بتكوين مركب ملون مع الفينول يتميز بلونه الأزرق وإذا لم يكن يوجد هناك فوسفاطاز (في الحليب المبستر) فحينها يتكون مركب بني اللون.

2.6. الأدوات اللازمة

- Ø أنابيب اختبار يمكن غلقها بسدادات لولبية.
- Ø طارحات مرقمة من عيار 10 مل و1 مل.
- Ø مزاجات زجاجية.
- Ø مدفئة حاضنة تصل حرارتها إلى 37 درجة مائوية أو حمام مريم.
- Ø ملاقط.

3.6. المواد المتفاعلة اللازمة

- Ø متفاعل **لاكتوغنوست هيل** (Lactognost Heyl) يتكون من:

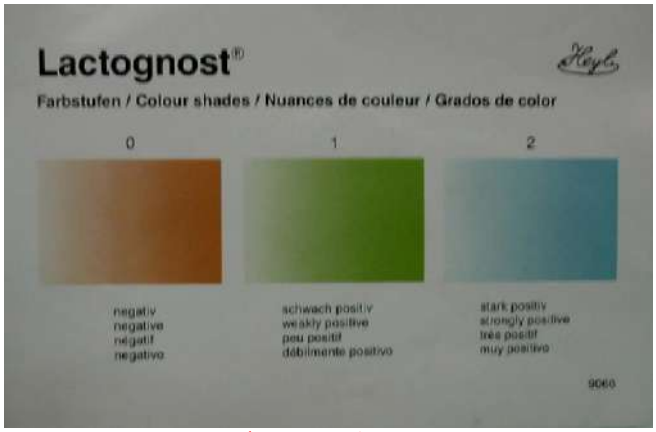
- لا كتوغنوست I: فينيل فوسفاط ثنائي الصوديوم.
- لاكتوغنوست II: سداد (معدِل أو ضابط PH).
- لاكتوغنوست III: مؤشر أو دليل ملون (يؤشر على وجود الفينول).

Ø ماء مقطر من أجل التحليل.

4.6. التقنية العملية

Ø نضع 10 مل من الماء المقطر في أنابيب اختبار ثم يوضع الكل في المدافئ من أجل تدفئتها.
Ø نضيف لويحة لاكتوغنوست I في كل أنبوب مع إذابتها بالمزاجة.
Ø ثم نضيف لويحة لاكتوغنوست II مع إذابتها.
Ø إضافة 1 مل من الحليب المبستر في كل أنبوب مع التحريك جيدا.
Ø وضع أنابيب الاختبار في المدفئة الحاضنة أو في حمام مريم في حرارة تصل إلى 37 درجة مائوية لمدة ساعة واحدة.
Ø بعد انقضاء مدة الحضن نضيف ملعقة صغيرة من لاكتوغنوست III مع تحريك الخليط وإعادته للحضن لمدة 10 إلى 15 دقيقة.
Ø ملاحظة لون المزيج:

- **بني:** يدل على غياب الفوسفاطاز: حليب مبستر بشكل جيد.
- **أزرق غامق:** يدل على وجود الفوسفاطاز: حليب غير مبستر (طري).
- **أخضر** أو مائل للأخضر: يدل على وجود قليل من الفوسفاطاز أي أن الحليب لم يبستر بالشكل الصحيح.



الصورة رقم 7: سلم الألوان

7. تحديد الكثافة

الكثافة هي خاصية فيزيائية تعبر عن العلاقة الموجودة بين كتلة وحجم مادة معينة. ويعبر عنها بالغرام في المليتر. إلا أن كثافة الحليب ليست ثابتة نظرا لأنها تحدد بواسطة عاملين متغيرين ومتضادين:

- تركيز العناصر الذائبة والعائمة (الصلبة غير الدهنية): تتغير الكثافة تناسبيا مع هذا التركيز.
- كمية المواد الدهنية: تمتلك دهون الحليب كثافة أقل من 1 وبالتالي فإن الكثافة الإجمالية تتغير عكس كمية الدهون أي كلما ارتفعت نسبة الدهون إلا وانخفضت الكثافة الإجمالية.

من جهة أخرى فإن جميع مكونات الحليب الطبيعية وغير الطبيعية (المضافة) تتدخل في كثافته بشكل مباشر سواء كانت سائلة أو صلبة. وتبقى الحرارة العامل الأساسي لتحديد الكثافة.

1.7. العوامل الطبيعية المؤثرة على كثافة الحليب

- **التركيب:** ترتفع الكثافة كلما ارتفعت كمية المواد الذائبة. غير أن كمية كبيرة من الدهون تجعل الكثافة تنخفض والعكس صحيح.
- **حالة الحيوان:** عدد الولادات، مرحلة الإرضاع، الحالة الصحية، السلالة...
- **الفصل:** فصل السنة.
- **حرارة القياس:** الحرارة التي أجري فيها قياس الكثافة.
- **المدة الزمنية الفاصلة عن الحلب** نظرا لكون كثافة الحليب الجديد غير مُستقرة بسبب الدهون المذابة فيه وبالتالي فلا ينصح بتحديد كثافة الحليب قبل مضي 3 ساعات من حلبه.
- **إخضاع الحليب للدوران النابذ أو لعمليات مُشابهة.**

2.7. العوامل غير الطبيعية التي تؤثر على كثافة الحليب

- التمييه يخفض الكثافة .
- إزالة القشدة أو إضافة حليب بدون قشدة يرفعان من الكثافة.
- عند التمييه وإزالة القشدة في نفس الوقت لا يحدث أي تغيير على كثافة الحليب. في هذه الحالة لا يمكن لقياس الكثافة لوحده أن يكشف لنا عن الغش.
- في حالة إذا ما استعملت مواد لتمييه الحليب تتميز بنفس كثافته لا يمكن حينها الكشف عن الغش باستعمال طريقة قياس الكثافة.
- إضافة كل مادة غريبة إلى الحليب.

جدول رقم 5 : مستويات كثافة الحليب الطبيعية والقصوى حسب الفصائل

نوع الحليب	القيمة العادية (طبيعية)	القيمة القصوى
حليب البقر	1031	من 1027 حتى 1034
حليب الماعز	1032	من 1028 حتى 1035
حليب النعاج	1038	من 1036 حتى 1042

3.7. طرق تحديد الكثافة

توجد 3 طرق لتحديد كثافة الحليب:

- مقياس الكثافة الحليبية: المكثاف (Densimètre)
- البيكنومتر: الطريقة المرجعية (Picnométre)
- ميزان موهور (Balance de Mohr).

4.7. تحديد كثافة الحليب باستعمال المكثاف

1.4.7. المبدأ

يعتبر قياس كثافة الحليب بالمكثاف من الطرق الأكثر انتشارا. وتعتمد على تحديد الكثافة في حرارة 15 درجة مائوية بالمقارنة مع كثافة الماء في نفس درجة الحرارة. ويمكن التأكد من النتائج المحصل عليها وضبطها بمساعدة البيكنومتر.

مكثاف الحليب هو عبارة عن جسم من الزجاج يطفو فوق الماء يحتوي على كتلة (غالبا من الرصاص) تجذب جزءه السفلي نحو الأسفل ليبقى دائما عموديا عند غمره في السوائل.

يكون هذا المقياس غالبا مدرجا فوق 1000، من 15 إلى 40 (الكثافة = 1015 إلى 1040). وقد يحمل في بعض الأحيان ميزان حرارة من أجل معرفة حرارة السوائل مباشرة. يعبر عن كثافة الحليب بواسطة **درجات كيفن** (Degrés Quevenne) أو **درجات الكثافة** (Degrés Densimétriques).

2.4.7. الأدوات اللازمة

الصورة رقم 8: مكثاف الحليب والحامل لميزان الحرارة

- Ø مكثاف الحليب كيفن مع ميزان الحرارة أو بدونه، (الصورة رقم 8).
- Ø ميزان الحرارة (إذا لم يكن مقياس كثافة الحليب يحتوي عليه).
- Ø مخبرة (éprouvette) شفافة بحجم 250 مل أو ذات قطر كاف لكي لا يصطدم مقياس الكثافة بجدرانها.

3.4.7. التقنية العملية

الصورة رقم 9: قراءة درجة كثافة الحليب

- تحريك الحليب جيدا دون إحداث فقاعات لكي يصبح أكثر تجانسا. تحضير العينة في حرارة 15 درجة مائوية أو في حرارة مقاربة (بين 12 و 18 درجة مائوية).
- إفراغ الحليب في المخبرة مع إمالتها نسبيا لكي لا تتكون الفقاعات والرغوة.
- إدخال المكثاف بعناية ثم انتظار حتى يسكن الخليط تماما.
- قراءة درجة حرارة الحليب إما مباشرة على ميزان الحرارة أو على المكثاف.
- يجب القيام بالقراءة عندما يكون مستوى السائل موازيا لأعيننا وتتم قراءة المعطيات انطلاقا من الخط الذي يوجد مباشرة فوق مستوى السائل.

4.4.7 النتائج

يعبر عن الكثافة إما باستعمال درجات كيفن أو باستعمال درجات الكثافة الحليبية، وذلك دائما تحت حرارة تبلغ 15 د.م. عند التعبير عن النتائج المحصل عليها يجب الإشارة هل تم تحديد الكثافة قبل أو بعد إزالة تأثير "ريكناغيل" (الماء المرتبط بالبروتينات). ويتم إزالة هذا التأثير بتسخين العينة تحت حرارة 40 درجة مائوية ثم تبريدها مباشرة تحت حرارة 15 درجة مائوية قبل إخضاعها للفحص.

من جهة أخرى يمكننا اعتبار تأثير ريكناغيل منتهيا إذا ما تم الاحتفاظ بالحليب 12 ساعة على الأقل في حرارة تتراوح بين 4 و 5 د.م.

في حالة إذا ما قمنا بقراءة المعطيات في حرارة 15 د.م فإن الكثافة تطابق الرقم الظاهر على المكثاف. أما إذا قمنا بالقراءة في حرارة غير 15 درجة مائوية (لكن دائما بين 12 و 18 درجة مائوية) فإننا يجب أن نضيف أو ننقص 0,2 من العدد الذي نقرأه على المكثاف عن كل درجة مائوية زائدة أو ناقصة عن 15 درجة مائوية وذلك بهدف تصحيح وضبط النتائج.

مثـــــــال

تحت حرارة أعلى من 15 درجة مائوية:

- الكثافة التي تمت قراءتها = 1030
- درجة الحرارة التي تمت فيها القراءة = 17 د.م (يعني أنها أعلى بدرجتين عن 15 د.م).

النتيجة

$$0.2 \times 2 = 0.4$$
$$1030 + 0.4 = 1030.4$$

الكثافة الحقيقية

1030.4 درجة كيفين (Quevenne)

تحت حرارة أقل من 15 درجة مائوية:

- الكثافة التي تمت قراءتها = 1032
- درجة الحرارة التي تمت فيها القراءة = 12.5 د.م (يعني أنها أقل بـــ 2.5 د.م عن 15 د.م)

النتيجة

$$0.2 \times 2,5 = 0.5$$
$$1032 - 0.5 = 1031.5$$

الكثافة الحقيقية

1031.5 درجة كيفين (Quevenne)