طرق السيطرة على النمو الميكروبي في الحليب :

1. التبريد Refrigeration:

يعد التبريد طريقة شائعة في حفظ الحليب ومنتجاته , إذ يتم بعد الحلب كخطوة أولى تبريد الحليب الى 4 م . ويؤدي استخدام درجة الحرارة المنخفضة الى تثبيط نمو المايكروبات المحبة للحرارة المعتدلة Mesophiles والمحبة للحرارة العالية Thermopiles وخفض فعالية الانزيمات المحللة للحليب . ويمكن حفظ الحليب لفترات زمنية مختلفة حسب نوع المنتوج ودرجة تلوثه بالميكروبات ودرجة حرارة الحفظ .
فيما يلي درجات الحرارة والمدة اللازمة لحفظ الحليب بأنواعه المختلفة :
الحليب الخام يحفظ في 4م أو اقل لعدة ساعات
الحليب المبستر (LTLT) يحفظ في اقل من 7 م لعدة أيام.
الحليب المبستر (HTST) يحفظ في 4 م واقل لمدة (2-3) أسبوع .
الحليب المجفف يحفظ في 21 م لمده (5) اشهر وفي 37 م لمدة شهرين

2. المعاملة الحرارية Heat Treatment
هناك ثلاث معاملات حرارية للحليب الخام :
1. البسترة Pasteurization: تهدف البسترة الى القضاء على معظم المايكروبات المرضية غير لمكونة للسبورات والمقاومة للحرارة العالية مثل *Mycobacterium tuberculosis* وتقليل أعداد البكتريا غير المرضية في الحليب
أ. البسترة البطيئة (LTLT) 63 لمدة 30 دقيقة.
ب. البسترة السريعة (HTST) 72 لمدة 15 ثانية .

*الجدول التالي يوضح العلاقة بين سبع درجات حرارية وأوقات تستخدم في بسترة الحليب , تزداد درجات الحرارة هذه ثلاث درجات مئوية عند احتواء الحليب ومنتجاته على مضافات محلية أو احتواءه على أكثر من 10% دهن.

درجة الحرارة (م)	الوقت
63	30 دقيقة
72	15 ثانية
89	1 ثانية
90	05 ثانية
94	0.1 ثانية
96	0.05ثانية
100	0.01 ثانية

2. البسترة الفائقة Ultra pasteurization: تستخدم درجة حرارة 138 م لمدة 2 ثانية يتم فيها اختزال العدد البكتيري الكلي للحليب بشكل اكبر مما يزيد العمر ألخزني shelf lives للحليب إذ يمكن حفظه لمدة (40-60) يوم بدرجة 4 م أو اقل0

3. الحرارة العالية الفائقة Ultra high temperature (UHT) : تستخدم درجة حرارة (140-150) م لوقت قصير يستغرق ثواني قليلة . ومنها يتحقق التعقيم الميكروبي للوصول الى الثبات ألخزني للحليب السائل ويمكن خزن الحليب لمدة تتراوح بين شهرين الى اكثر من 6 اشهر بدرجة 25 م .

* تقضي البسترة على الخمائر والاعفان والبكتريا السالبة لصبغة كرام والعديد من البكتريا الموجبة لصبغة كرام . وهناك مجموعتين من المايكروبات تقاوم البسترة هي Thermoduric , Thermopiles .

*** من الأمثلة على البكتريا المسببة للتلف الحليب المبستر :**

Microbacterium lacticum
Bacillus cereus
B. subtilis
Micrococcus spp

3. الطرد المركزي Centrifugation:

يتضمن الطرد المركزي ترويق الحليب Bactofugation , Clarification ويعني الأول إزالة جسيمات الأوساخ والخلايا الجسمية Somatic cells وشعر الحيوانات . أما الثاني فيشتمل على إزالة سبورات البكتريا من الحليب باستخدام قوة طرد مركزي عالية تؤدي الى اختزال أكثر من 99% من السبورات الموجودة في الحليب الخام . لذا يستخدم الطرد المركزي لترويق الحليب ولترسيب خلايا لبكتريا وفصل الحليب عن الملوثات . إذ يؤدي الى تجميع البكتريا وجسيمات الأوساخ والخلايا الجسمية وشعر لحيوانات وسبورات البكتريا وفصلها خارج الحليب فيما تنتقل حبيبات الدهن والكازين الى الداخل

4. الترشيح Filtration:

يستخدم لترشيح بنوعيه الدقيق Microfiltration والفائق Ultra filtration في ترشيح الحليب . تسمح المرشحات Filters ذات الثقوب الصغيرة جداً لمكونات الحليب بالعبور من خلالها في حين تحجز البكتريا وبذلك يتم فصل الملوثات وأزالتها من الحليب . تتراوح أقطار ثقوب المرشحات الدقيقة من 0.2-0.5 مايكروميتر , ويسمح الترشيح الدقيق بعبور اللاكتوز والمعادن والبروتينات الصغيرة فيما يحتجز الدهن والبروتينات الكبيرة جداً والبكتريا. أما الترشيح الفائق فيسمح بعبور اللاكتوز والمعادن ويحجز البروتينات والدهون والبكتريا.

بالرغم من أن الترشيح لا يزيل جميع الميكروبات إلا انه يتمكن من اختزال 99.99% من العدد البكتيري الكلي واختزال 99,95% من عدد السبورات ألكلي تستخدم هذه الطريقة بكثرة في حالة الحليب منزوع الدهن (Skim milk).

5. إضافة وسائل سيطرة ميكروبية أخرى

أ. إضافة CO2 الى الحليب : يضاف (10-30) مليمول/ لتر من CO_2 الى الحليب لتثبيط نمو البكتريا المسببة للتلف *P .fluoresces* وتستخدم هذه الطريقة لإطالة العمر ألخزني للحليب المبرد لعدة أيام.

ب. استخدام المضادات الحيوية الطبيعية مثل Nisin لتثبيط نمو البكتريا الموجبة لصبغة غرام.

جـ . إضافة مزارع بوادئ بكتريا حامض اللاكتيك الى الحليب ألخام اذ تؤدي الى تثبيط نمو ميكروبات Psychrotrophic . وبالرغم من أن بكتريا حامض اللاكتيك لا تتكاثر في درجة حرارة الثلاجة ألا أن نواتجها الايضية تؤدي الى خفض الأس الهيدروجيني الى اقل من 6 وبالتي تثبيط نمو المايكروبات .

ـالتلف الميكروبي للحليب ومنتجاته :

أولا : تلف الحليب السائل Fluid milk spoilage

1. انتاج الحامض والغاز : ينتج الحامض نتيجة لتخمر سكر اللاكتوز في الحليب من قبل الإحياء المجهرية التي لها القدرة على استغلاله مثل بكتريا حامض اللاكتيك. ويؤدي الحامض المنتج الى أعطاء النكهة الحامضية للحليب , وخفض pH الحليب الى اقل من 4.6 مؤدياً بذلك الى ترسيب بروتينات الكازين (تجبن الحليب) (عند حفظ الحليب في درجة حرارة الغرفة). وهناك أنواع مختلفة من البكتريا بإمكانها تخمير سكر اللاكتوز وإنتاج مركبات طيارة متعددة مثل حامض ألخليك وحامض البيوتريك وغازات H_2 ,CO_2 والعديد من الكحوليات وهذه المركبات بدورها تؤدي الى تغيير رائحة ونكهة الحليب .

- أمثلة على البكتريا المنتجة لحامض اللاكتيك

–Lactic acid bacteria
Streptococcus lactis
Lactobacillus bulgaricus

- بكتريا منتجة لحامض اللاكتيك وحوامض أخرى مثل :

Coliform , Micrococcus , Bacillus , Clostridium , Microbacterium … etc.

- أمثله على البكتريا والفطريات المنتجة للغاز

أ. المنتجة لغاز CO_2:

-Propionic acid bacteria
-Heterofermentative bacteria
-Yeasts

ب. المنتجة لغازات H_2, CO_2 :

-Coliform bacteria
-Bacillus
-Clostridium

2. التحلل البروتيني Proteolysis:

يتعرض بروتين الحليب الى التحلل نتيجة لنمو البكتريا وإفرازها الانزيمات المحللة للبروتين Proteases والتي ينتج عنها البيتيدات التي تسبب الطعم المر للحليب Bitter tasting وكذلك تخثر الحليب وإنتاج الامونيا و H2S والتي تؤدي في النهاية الى جعل الحليب بشكل هلام من أنواع التحلل البروتيني ما يلي :

أ. التحلل البروتيني الحامضي Acid proteolytic: يتحلل البروتين الحليب نتيجة لتكوين الحامض فيؤدي الى تجبن الحليب وتكوين الشرش why وعندها يتغير لون الحليب الى الشفاف من البكتريا المسببة لذلك :

Bacillus , Streptococcus , Micrococcus

ب. التحلل البروتيني Sweet proteolytic:

بعض البكتريا الملوثة للحليب تنتج انزيمات مناظرة لأنزيم الرنين المخثر للحليب , فيظهر المذاق الحلو في الحليب نتيجة لذلك , من هذه البكتريا :

Micrococcus , Flavobacterium, Clostridium , Bacillus, Serratia, Porteus, Pseudomonas وغيرها .

3. **التحلل الدهني Lipolysis**: تنتج بعض الإحياء المجهرية الملوثة للحليب انزيمات Lipase فيؤدي ذلك الى تحلل الدهن مكوناً حوامض دهنية مع كليسيرول ويسبب تزنخ الحليب. من هذه الإحياء المجهرية :

أ. البكتريا : *Alcaligenes viscolactis, Bacillus spp , P .fluorescence , Pseudomonas fragi , Proteus spp, Staphylococcus aureus.*

ب. الاعفان والخمائر عفن *Penicillium* spp وخميرة *Candida lipolytica*

4. اللزوجة Rapines :

وتكون على نوعين : داخلية او سطحية , اللزوجة الداخلية تتكون عند تلوث الحليب بأحد أنواع البكتريا : *E.coli, Enterobacter, Lactococcus lactis , L. plantarum*

أما اللزوجة السطحية تتكون عند تلوث الحليب ببكتريا *Alcaligenes , Micrococcus* .

5. **إعطاء الحليب روائح غير مرغوبة (تغير الرائحة Change in odor)**

1. رائحة عفنة Musty odor وتسببها الاعفان.
2. رائحة الفاكهة Fruity odor وتسببها الخمائر
3. رائحة شبيهة برائحة الأبقار cow like odor وتسببها Coliforms
4. رائحة السمك Fishy odor وتسببها *Pseudomonas spp.*
5. رائحة التراب Soily odor وتسببها Actinomycin
6. رائحة المولت (مستنبت الشعير) Malty odor وتسببها *Lactococcus lactis. Lactis* biovar . *maltgenes*

6. **تغيير اللون Change in color** :

يتأثر لون الحليب بعده عوامل هي :

- المحتوى الدهني للحليب
- كثافة الحليب
- نوعية العلف المستخدم
- وجود الدم في الحليب
- التلوث الميكروبي للحليب ومن اهمها

Pseudomonas syncyanea وتسبب اللون الأزرق

Pseudomonas synantha } تسبب اللون الأصفر
Flavobacterium

Serratia
Micrococcus } تسبب اللون الأحمر
Torula glutinis خميرة

ثانـــياً :تلف الحليب المكثف Condensed milk spoilage:

ينتج الحليب المكثف Condensed milk بتكثيف الحليب وإزالة ماءه بالتبخير حيث يتم اختزال الرطوبة الى حدود اقل من 40 % ويصبح عندها تركيز سكر اللاكتوز حوالي 11.5% وتتضاعف تراكيز الأملاح المعدنية عن نسبها الأصلية فيؤدي كل ذلك الى منع نمو الأحياء المجهرية في المنتوج وخاصة الأنواع المقاومة او المتحملة للحرارة او المكونة للسبورات.

ان تلوث الحليب المكثف ميكروبيا عادة يكون ضئيلاً لوجود تراكيز عالية من المواد المذابة لذلك فأن تلف المنتوج بتأثير المايكروبات يعتمد على نوعية المنتوج والمواد الداخلة في تكوينه.
ينتج الحليب لمكثف إما بشكل حليب محلى sweetened condensed milk أو غير محلى unsweetened ففي حاله الحليب المكثف المحلى يعتمد على التركيز السكري العالي (54-58)% والتفريغ الهوائي لمنع نمو المايكروبات فيه لذلك لايمكن للأحياء المجهريه النمو في مثل هذه الظروف. وفي حاله تلوث هذا المنتوج بالأحياء المجهريه لأي سبب كان فانه يؤدي الى انتفاخ العلبة لتكون الغاز فيها وأيضا بتخثر المنتوج وتزداد كثافته, ان مسببات هذه الحاله نمو بكتريا القولون وبكتريا *Micrococcus* وبعض الخمائر إما نمو الاعفان مثل *Aspergillus* فتؤدي الى تكون طبقه سطحيه متعفنة.
في حاله الحليب المكثف غير المحلى فانه يعقم باستخدام ضغط البخار العالي وعند تلوثه قد يكون سببه كفاءة الحرارة المستخدمة للتعقيم حيث تستطيع سبورات البكتريا المقاومة للحرارة مثل بكتريا *Clostridium botulinum* اللاهوائية من النمو من حديد مكونه الغاز وانتفاخ العلبة ويؤدي نمو الأنواع *Bacillus cereus* و *B. subtilis* و *B. coagulans* الى تحلل البروتينات في المنتوج حيث يتخثر وتزداد كثافته أضافه الى انتفاخ العلبة بسبب تكون الغازات وتسبب بكتريا *Streptococci* و *Micrococci* هذه الحاله ايضا.

ثالثا :- تلف الحليب المجفف Dried milk spoilage:-

تتلخص طريقه تجفيف الحليب في أزاله معظم الرطوبة الموجودة في الحليب بتسهيل حفظه لمدة طويلة فعند تحضير الحليب المجفف وكذلك الكريمة او الزبد أو الشرش المجفف يتم معامله الحليب وهذه المنتجات بحرارة عاليه نسبيا (65-93) م لتركيز المنتوج (2-3) مرات وربما أكثر للتخلص من اكبر كميه ممكنه من الرطوبة وبذلك يمنع نمو الأحياء المجهريه المختلفة.ان التلف الميكروبي للحليب المجفف نادرا ما يحدث وسبب حدوثه سوء التصنيع أو زيادة نسبه الرطوبة فيه حيث تنمو أنواع من الاعفان تؤدي الى عدم صلاحيته للاستهلاك وتعتمد مده الحفظ على

1. نسبه رطوبة الناتج النهائي
2. درجه الحرارة المستخدمة في التجفيف
3. اليه الطريقة المتبعة في التجفيف
4. التلوث الميكروبي المحتمل بعد التجفيف

رابعا :- تلف الاجبان Chesses spoilage:-

تختلف درجه وسرعة تلف الاجبان حسب : نوع الجبن ودرجه جرارة التخزين والمحتوى الميكروبي والمجاميع السائدة وطول فترة التخزين وغيرها فمثلا يحفظ جبن الشدر في (0-1) م لمدة سنه فيما يحفظ الجبن المبستر في (0-5) م لمده (6-10) 1شهر

المايكروبات الشائعة في الاجبان:

1. Psychrophilic bacteria.

Psychrorophilic viscosa: تسبب لون داكن مع مواد لزجه بنيه وصفراء وروائح عفنه وطعم مر.
P. fragi تسبب رائحة الفاكهة مع تلف فاتح اللون
P. fluorescence:تحلل البروتين والدهن مع رائحة عفنه وزناخه

2. Mesophilic bacteria:

Lactic acid bacteria: الموجودة أصلا في الحليب تعمل على زيادة حموضة الجبن وبعضها يعطى بنكهات غير مرغوبة.
Coliform bacteria: تنتج حوامض وغازات وكحوليات

Bacillus
Clostridium
Staphylococcus aureus
Salmonella spp.
Enteropathogenic E.coli
} تحلل البروتين والدهن

:Molds.2
Aspergillus , Penicillium , Mucor , Geotrichum
تكون بقع ملونه على سطح الاجبان الجافة .

خامسا :- تلف الزبد Butter spoilage:-

يعتمد تلف الزبد على نوع الكريم cream المستخدم في تصنيعه اذا كان مبستر او غير مبستر , بالبادئ أو بدون بادئ , الماء المستخدم في تصنيعه والعاملين والخضاضات كل ذلك مصادر لتلوث الزبد بالميكروبات
يحتوي الزبد عاده على 80 % من الدهون و0.7% بروتينات و1% لاكتوز إما نسبه الرطوبة في الزبد حوالي 18% واس هيدروجين 6.6 . لذلك في حاله عدم خزن الزبد في ظروف مبرده او مجمده فانه قد تنمو عليه العديد من الأحياء المجهريه لذا يحفظ الزبد لفترة زمنيه طويلة بدرجه (18) م تحت الصفر .
ولكون الزبد ينتج ويحفظ بدرجات حرارة واطئه يكون التلف السائد سببه البكتريا المحبة للبرودة (وهذه البكتريا يتم القضاء عليها إثناء البسترة لكن التلوث قد يحدث بعد البسترة إثناء التصنيع وغسل حبيبات الزبد) وفي حاله استخدام كريم غير مبستر يكون سبب التلف إضافة الى البكتريا المحبة للبرودة بكتريا حامض اللاكتيك التي تحمض الزبد والبكتريا المرضيه المحبة للحرارة المعتدلة وبالاضافه الى البكتريا تنمو الاعفان لتسبب التلف وتكون نموات ملونه وتغير طعم ولون الزبد الى مايشبه الرائحة النتنه للسمك او التزنخ ومن هذه الاعفان
Alternaria تعطي لون داكن
Penicillium,
Cladosporium } تسبب لون اخضر غامق

البيض ومنتجاته

تعتبر البيضة من الداخل بعد وضعها خالية من الأحياء المجهرية ، فيما تحتوي قشرتها على العديد من الأحياء المجهرية نتيجة تلوثها بالملوثات المختلفة (البراز وعلف الدواجن والهواء المعدات وبيئة الحقل). تحتوي القشرة على 10^7 خلية بكتيرية ويعتمد ذلك العدد على درجة التلوث, ويمكن ان تحتوي قشرة البيض على انواع مختلفة من البكتريا مثل بكتريا *Bacillus* و *Alcaligenes* و *Proteus* و *Citrobacter* و *E.coli* و *Enterobacter* و *Enterobacter* و *Enterococcus* و *Micrococcus* و *Salmonella* و *Pseudomonas*. وتكون المبايض المصابة مصدرا لبكتريا Salmonellaفي صفار البيض. يمكن تلوث البيض السائل بالبكتريا التي مصدرها قشرة البيض وتكون البكتريا ولاسيما المتحركة منها القدرة على اختراق الثقوب الموجودة في قشرة البيض وخصوصا اذا كانت القشرة رطبة والوصول الى داخل البيضة بالرغم من وجود عدد من المركبات المضادة للبكتريا في البومين (البياض) البيضة والمتمثلة بمركبات Conalbumin و Lysozyme و Ovotransferrin و Ovoflavoprotein فضلا عن الرقم الهيدروجين القاعدي (8-9) والذي يكون عامل سيطرة على النمو البكتيري.
عندما تصل البكتريا صفار البيض داخل البيضة والذي يحتوي عناصر غذائية متكاملة ورقم هيدروجيني متعادل وخلوه من المركبات المضادة لنمو البكتريا تبدأ هذه البكتريا بالنمو والتكاثر السريع وتفرز الانزيمات المختلفة خاصة Lipase و Protease وتهديم البروتينات والدهون في صفار البيض وإنتاج مركبات ناتروجينية

ودهنية ثانوية وغاز كبريتيد الهيدروجين والبيروكسيدات وغيرها وتكون ذات روائح غير مرغوبة وتمثل علامات تلف البيض.

- انواع التلف البكتيري للبيض:-

- التلف الأخضر :سببه بكتريا *Pseudomonas fluorescens* . ومن مظاهر التلف الأخضر البومين ذي لون اخضر تحت الأشعة الشمس فوق البنفسجية, ورائحته الفواكه المتعفنة.
- التلف الوردي: سببه بكتريا *Pseudomonas* spp ويكون الألبومين ذي لون وردي.
- التلف الأبيض : سببه بكتريا *Pseudomonas* spp ويكون الألبومين مائي مع اضمحلال صفار.
- التلف الأسود : سببه بكتريا *Porteus vulgaris* و *Aeromonas* spp وفيه يتحول لون الألبومين الى اسمر ثم اسود ورائحته ثاني اوكسيد الكبريت
- التلف الأحمر: سببه بكتريا *Serratia marcescens* ويكون لون الألبومين احمر بدون رائحة.

تشمل منتجات البيض السائل والبيض المجمد والبيض المجفف يتعرض البيض السائل الى ملوثات بكتيرية متعددة قبل وأثناء مراحل التصنيع المختلفة وتؤدي بسترة البيض الى اختزال اعداد البكتريا الى 10^3 خلية / مليلتر وتكون مناسبة لتحطيم البكتريا المرضية ولاسيما بكتريا Salmonella والعصيات السالبة لصبغة كرام الاخرى, فيما تبقى البكتريا المتحملة لحرارة البسترة مثل بكتريا Bacillus و Micrococcus و Enterococcus ويعرض البيض السائل المعد للتجفيف او التجميد الى معاملة حرارية تكفل لتخلص من البكتريا التي تسبب تلفه. من وسائل السيطرة على تلف البيض هي غسل قشرة البيض بالماء الذي يحتوي على معقمات وتغطيس البيض بمحلول شمعي خفيف لمنع دخول المايكروبات داخل البيضة ثم حفظ البيض ومنتجاته في التبريد آو التجميد او التخفيف.