الفصل الأول

تركيب الحليب

1-1- تركيب الحليب
2-1- مكونات الحليب
1-2-1- الليبيدات
2-2-1- المواد الأزوتية
3-2-1- العناصر المعدنية
4-2-1- اللاكتوز
5-2-1- الفيتامينات
6-2-1- الأنزيمات

الفصل الأول

الحـــليب

Le lait

الحليب مادة متعددة الأطوار ، فالطور المائي مستمر ويحتوي بشكل أساسي على اللاكتوز والعناصر المعدنية وعناصر متبعثرة ذات طبيعة ليبيدية (الحبيبات الدسمة) وأخرى ذات طبيعة بروتينية (جسيمات الكازئين) .

تعتمد الخصائص التغذوية والتكنولوجية مثل إمكانية صناعة الأجبان والزبدة وتحمل المعاملة الحرارية بشكل كبير على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لكل طور ولذلك لابد من فهم ومعرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمكونات الحليب حيث تسمح في معرفة تكنولوجيا الألبان .

1-1- تركيب الحليب : La composition du lait

توجد عوامل عديدة يمكن أن تتحكم في تركيب الحليب كالنوع والعرق وطور الادرار والفصل والحالة الصحية للحيوان والتغذية .

يوضح الجدول رقم (1-1) التركيب المتوسطي لبعض أنواع الحليب .

يتشابه تركيب حليب الماعز مع حليب الأبقار في حين أن حليب الأغنام مختلف عنهما بشكل واضح .

تمتاز بعض أنواع الحليب بغنائها بالبروتينات والعناصر المعدنية حيث توجد علاقة بين معدل النمو والمحتوى من البروتينات أما معدل اللاكتوز مرتبط بتطور

ونمو المخ فكلما كان نمو المخ كبيراً لدى البالغ بمقدار ما يكون حليب الأنثى غنياً في اللاكتوز الذي يصل إلى 70 غ/لليتر لدى حليب المرأة .

يمتاز حليب الحيوانات البحرية وحليب حيوانات الوسط البارد بارتفاع محتواه من المادة الدسمة .

الجدول (1-1) : التركيب المتوسطي لأنواع الحليب المختلفة %

مصدر الحليب		المادة الصلبة	المادة الدسمة	البروتينات	الكازئين / الأزوت الكلي	اللاكتوز	الرماد
حليب الأم		12.6	3.75	1.6	28	7	0.21
المجترات :							
الأبقار		12.5	4.1	3.6	78	5	0.71
الماعز		13	4.2	3.5	75	4.3	0.86
الأغنام		19.3	7.9	5.2	77	4.8	0.90
الجاموس		17.9	8	4.2	78	4.9	0.78
الرنة		36.7	22.5	10.3	80	2.5	1.44
حليب الخيليات :							
الفرس		11.0	1.6	2.7	50	6.1	0.51
الأتان		11.0	2,5	2	45	6.1	-
حليب الخنزيرة		18.3	6	6	50	5.4	0.9
حليب القوارض :							
آكلة اللحوم	الكلبة	25.2	10	11	50	3	1.2
	القطة	20	5	9	33	5	1
حليب الثديات البحرية :							
الحوت الأزرق		55	42.4	10.9	66	1.3	-
أسد البحر		62.3	53.3	8.9	52	1.1	-

يكون الضغط الأسموزي للحليب بتوازن مع الضغط الأسموزي للدم وكل انخفاض أو زيادة في محتوى الحليب من اللاكتوز يتوازن بارتفاع أو انخفاض في المحتوى من العناصر الذائبة وكافة الأملاح المعدنية .

يمتاز حليب الأم بارتفاع محتواه من اللاكتوز وانخفاض المحتوى من الرماد في حين أن حليب الرنة يمتاز بغنائه بالرماد وفقره باللاكتوز ويلاحظ من الجدول (1-2) التركيب المتوسطي لحليب الأبقار حيث تبرز مكونات الحليب تغيراً وتبدلاً في التركيب وأن المادة الدسمة تعتبر الأكثر تغيراً .

الجدول (1-2) : التركيب المتوسطي لحليب الأبقار

المكـــونات	غ / الليتر
الماء	875 – 870

المادة الصلبة الكلية	130 – 125
المواد الأزوتية	36 – 33
الكازئين	26
البروتينات الذائبة	6 – 5
المواد الأزوتية غير البروتينية	2 – 1.5
المادة الدسمة	45 – 35
المادة الصلبة اللادهنية	95 – 85
العناصر المعدنية	9.5 – 8
اللاكتوز	50 – 48
- العناصر المحفزة الحيوية الأنزيمات والفيتامينات والصبغات والأحياء الدقيقة	آثار
- الغازات الذائبة غاز الكربون ، الأكسجين ، الأزوت	4 – 5 % من حجم الحليب

تقسم مكونات الحليب وتوزع ضمن ثلاثة أطوار :

1- مستحلب المادة الدسمة في الماء .
2- محلول غروي للبروتينات .
3- محلول حقيقي لسكر اللاكتوز والأملاح المعدنية والمواد الأزوتية غير البروتينية .

1-2- مكونات الحليب : Constituants du lait

1-2-1- الليبيدات : Lipides

يوضح الجدول (1-3) تركيب المادة الدسمة في الحليب . تمثل الجليسريدات الثلاثية 97 % من الليبيدات مع وجود كمية بسيطة من الجليسريدات الثنائية والفوسفوليبيدات والقسم غير قابل للتصبن .

الجدول (1-3) : تركيب المادة الدسمة لحليب الأبقار

المكونات	%
الجليسريدات الثلاثية	98 – 97
الجليسريدات الثنائية	0.48 – 0.25
الجليسريدات الأحادية	0.038 -0.016
الأحماض الدسمة الحرة	0.44 – 0.1
الفوسفوليبيدات	1 – 0.2
كاروتينات	0.008
سيترولات	0.41 – 0.22

توجد بعض المكونات بكميات محدودة ولكنها تمتاز بدور تغذوي هام جداً وتتصف بخصائص حسية متميزة والتي منها الستيرولات الذي يشكل الكوليسترول المكون السائد ومشتقات الكاروتينات والفيتامينات الأليفة الذوبان في المادة الدسمة A , D , E , K وبعض مواد النكهة والمنكهات ذات الأصل الغذائي الناتجة عن التلوث من الهواء أو الناتجة بفعل الاصطناع الحيوي عند تفكك وتحلل الليبيدات .
لقد كشف أكثر من 150 حمضاً دسماً وهي إما مصنعة على مستوى الخلايا المفرزة في الضرع أو ذات أصل غذائي .

يوجد مجموعة من الأحماض تصل إلى حوالي 10 كما هو موضح في الجدول (1-4) وهي موجودة بكميات معتبرة وبصورة خاصة حمض الأوليك وحمض بالمتيك والتي تمثل على التسلسل 23 % و 25 – 30 % من مجموع الأحماض الدسمة الكلية .
تعتمد نسبة الأحماض الدسمة وكميتها على التغذية وتختلف أيضاً وفقاً للأنواع كما هو موضح في الجدول رقم (1-5) .

يمتاز حليب المجترات بغنائه بالأحماض الدسمة قصيرة السلسلة من C_4 وحتى C_{12} أما بالنسبة للفوسفوليبيدات الداخلة في تنظيم غشاء حبيبة المادة الدسمة والتي تزيد من ثباتية مستحلب المادة الدسمة تتكون بشكل أساسي من :
فوسفا تيديل كولين
فوسفا تديل إيتانول أمين
اسفنجو مايلين
الموجودة ضمن النسبة التالية $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$ مع وجود سيادة للأحماض الدسمة غير المشبعة في حالة الليستين أما اسنفجو مايلين يتميز بسياده الأحماض الدسمة طويلة السلسلة .

الجدول (1-4) : توزيع الأحماض الدسمة في حليب الأبقار

اسم وعدد ذرات الكربون	غ / 100 غ من الأحماض الدسمة الكلية	درجة حرارة الانصهار مْ
الأحماض الدسمة المشبعة :		

بيوتيريك C_4	4 – 3	8 -
كابرويك C_6	5 – 2	3 -
كابرليك C_8	1.5 – 1	16 +
كابريك C_{10}	3 – 2	30 +
لوريك C_{12}	4 - 3	42 +
ميرستيك C_{14}	11	54 +
بالمتيك C_{18}	30 - 25	62 +
ستياريك C_{18}	12	70 +
الأحماض الدسمة غير المشبعة :		
بالميتو أوليك $C_{16:1}$	2	0.5 +
أوليك C_{18} : 1	23	16 +
فاكسنيك C_{18} : 1	3 - 2	43 +
لينو أوليك C_{18}: 2	2	
لينو لئنيك C_{18} : 3	0.5	

من أهم الخصائص التحليلية للمادة الدسمة :

الكثافة على درجة حرارة 15 مْ	0.95 – 0.91
نقطة الانصهار	31 –36 مْ
نقطة التصلب	25 – 30 مْ
الرقم اليودي	25 – 45
رقم التصبن	218 – 235
رقم بولنسكي (أحماض طيارة غير ذوابة)	1.5 – 3
رقم ريتشارت ميسيل (أحماض طيارة ذوابة)	26 - 30
معامل الانكسار	1.453 – 1.462

الجدول (1-5) : توزيع الأحماض الدسمة في حليب الأبقار والأغنام والماعز % من الأحماض الدسمة الكلية

	الأبقار	الأغنام	الماعز
C_4	1.4	1.1	0,7

2.4	2.7	2.2	C_6
3.2	3.3	1.8	C_8
8.3	7.6	3.6	C_{10}
4.3	5.5	4.0	C_{12}
10.7	14.1	13.0	C_{14}
28.5	28.1	30.2	C_{16}
13.0	11.8	13.7	C_{18} : 0
25.2	22.7	21.1	C_{18} : 1

1-2-1-1- تركيب حبيبات المادة الدسمة :

توجد المادة الدسمة بشكل مستحلب في الحليب على الحالة الحبيبية حيث يتراوح قطر الحبيبات من 0.2 وحتى 15 ميكرون وتمثل الحبيبات التي قطرها أقل من ميكرون 80 % من الحبيبات .

يتراوح سطح الحبيبات الدسمة في 100 مل من الحليب حوالي 11.5 م^2 .

تتكون الحبيبة من :

- نواة مشكلة من جليسريدات ثلاثية نقطة انصهارها منخفضة .
- منطقة وسطية وتتكون من جليسريدات نقطة انصهارها مرتفعة .
- طبقة خارجية غشائية مكونة من ليبوبروتينات وفوسفو ليبيدات (الجدول 1-6) .

الجدول (1-6) : تركيب المادة الصلبة الكلية لغشاء حبيبة المادة الدسمة (Mathieu 1998)

المحتوى غ / 100 من المادة الصلبة الكلية	
البروتينات	43
الليبيتدات	51
الجليسريدات الثلاثية والثنائية والأحادية	16
ليبيدات معقدة	35
أحماض دسمة حرة	1
مواد غير قابلة للتصبن (كوليسترول – كاروتينات)	3
مكونات معدنية	2
ويمثل الماء 10 % من مكونات الغشاء	

تؤثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية لغشاء الحبيبة على ثباتية المستحلب .
تمتاز مكونات الغشاء بصفة خاصة حيث تتوجه إلى السطح وتكون المناطق الأليفة للماء بتماس مع الطور المائي والأقسام غير الأليفة للماء بتماس مع الطور الدهني وتتكون المنطقة الأليفة للماء بشكل أساسي من مجموعات مشحونة ومجموعات سكرية .

التنافر الكهربائي مرتبط في كمون السطح والذي يساوي – 13 mv عند رقم حموضة الحليب الطبيعي إضافة إلى المصاعب المتولدة عن وجود البروتينات والتي تمنع من التفاعلات الداخلية للحبيبات .

يسبب خفض رقم الحموضة إلى انخفاض صفة التنافر الكهربائي وزيادة القوة الشاردية التي تقلل من سماكة الطبقة المضاعفة الكهربائية ويؤدي كل ذلك إلى خفض ثباتية المستحلب .

يسبب حفظ الحليب على درجة حرارة منخفضة تجمع الحبيبات الدسمة وتشكل عناقيد التي تحسن من فرز الحليب وتؤدي في النهاية إلى صعود المادة الدسمة على السطح مشكلة طبقة من القشدة .

يحسن من عملية الفرز التلقائي العكوسة وجود بروتينات المناعة الموجودة في أغشية حبيبات المادة الدسمة .

يترافق الفرز التلقائي برص البكتريا بفعل بروتينات المناعة والتي منها :

Streptococcus
Lactobacillus
E . coli

وأبواغ Clostridium tyrobutyricum .

تعطى سرعة صعود المادة الدسمة بالعلاقة التالية وفقاً لـ Stockes .

$$V = \frac{\Delta P \cdot d^2 \cdot g}{18 \cdot \eta}$$

ΔP الفرق في الكتلة الحجمية .
d قطر حبيبات المادة الدسمة .
η لزوجة الطور المبعثر .
g التسارع .

تهدف عملية التجنيس إلى خفض قطر الحيبات وازدياد عددها بمعدل 8 إلى 10 مرات حيث تتغير الخصائص المميزة للغشاء مع دخول البروتينات ضمن الغشاء وخاصة الكازئين ولذلك تزداد ثباتية المستحلب .

ظاهرة الفرز التلقائي ضعيفة في حليب الأغنام والماعز لانخفاضه وجود أجلوتونين التي تعمل على تجميع الحبيبات وكذلك الأمر في حليب النوق .

1-2-1-2-1- التطور الكيميائي والكيمياء الحيوية للمادة الدسمة :

1-2-1-2-1-1- تحليل المادة الدسمة : La lipolyse

يؤدي التحلل الأنزيمي للمادة الدسمة بفعل ليبو بروتين ليباز الحليب أو الليباز الميكروبي إلى إنتاج أحماض دسمة قصيرة السلسلة وجليسريدات ثنائية وتمتاز الأحماض الدسمة قصيرة السلسلة برائحة غير مستساغة مسؤولة عن التزنخ أو الأحماض الدسمة الطويلة مسؤولة عن طعم الصابون .

تختلف حساسية الحليب إلى التحلل بالليباز وأن كمية الأنزيم 2 مغ /الليتر يمكنها أن تحلل كل الليبيدات خلال عدة ثوان ومع ذلك لا نلاحظ الفعالية الأنزيمية للأسباب التالية :

1- الأنزيم مرتبط مع جسيمة الكازئين مما يخفض من كمية الأنزيم الحرة .
2- يعيق الجذب السطحي دخول الأنزيم .
3- الشروط الفيزيائية والكيميائية مثل الـ pH والقوة الشاردية غير المناسبة لأن رقم الحموضة الأمثل pH لفعالية الليباز 8.5 ودرجة الحرارة المثلى 37 مْ .
4- لا يحدث تحلل المادة الدسمة إلا في وجود عامل مساعد وهو عبارة عن مرافق بروتيني له وزن جزئي صغير .
5- احتواء الحليب على مثبطات لفعل الليباز .

من أهم المعاملات التكنولوجية التي تحسن تحلل المادة الدسمة :

- التذبذات الحرارية .
- التجنيس .
- تشكيل الرغوة .
- المعاملات الميكانيكية .

وكل ذلك يفسر تحرر المادة الدسمة وتغييرات في الغشاء ولذلك ينصح بتطبيق البسترة قبل التجنيس لتجنب تحلل المادة الدسمة بالليباز .

1-2-1-2-2- الأكسدة : L'oxydation

تتشكل البيروكسيدات في المنتجات اللبنية على مستوى الفوسفوليبيدات بسبب توضعها على غشاء حبيبة المادة الدسمة والمحتوى المرتفع من الأحماض الدسمة غير المشبعة بالإضافة لوجود عنصر النحاس الذي يحفز الأكسدة .

يعتمد تشكيل البيروكسيدات على عدد من العوامل الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية منها :

- المحتوى من الأكسجين : عند وجود ضغط منخفض من الأكسجين توجد علاقة طردية بين السرعة والتركيز .
- رقم الحموضة : يعتبر رقم الحموضة الأمثل 3.8 .

- التجنيس : يحسن التجنيس من الأكسدة وذلك بتجديد الفعل المحفز للنحاس .
- المعاملات الحرارية :يؤدي تطبيق المعاملة الحرارية إلى تبدل وتشوه في بنية اكسانتين أوكسيداز ولاكتوبيرواكسيداز والذي يمكن أن يسرع من الأكسدة أما تطبيق المعاملة الحرارية الشديدة يحد من الأكسدة بفضل تشكل مجموعات مرجعة من سيلفوهيدريل SH .
- فعالية الماء : تكون سرعة الأكسدة في حدها الأدنى عند فعالية ماء متراوحة بين 0.30 – 0.40 .

1-2-1-3-2- التبلور :

تكون المادة الدسمة في الحليب على الحالة السائلة على درجة حرارة أعلى من 40 مْ وتكون على الحالة الصلبة كلياً على درجة حرارة – 40 مْ وتختلف درجة حرارة وانصهار الجليسريدات الثلاثية وفقاً لطبيعة وموقع الأحماض الدسمة المكونة .

خلال ظاهرة التبلور تكون البلورات الناتجة خليطة مما يفسر وجود بلورات عديدة ذات تركيب مختلف ولها نقطة انصهاره قريبة .

يتحسن تحلل المادة الدسمة بفعل التبلور والذي يترجم بتشكيل جليسريدات ثنائية وأحادية تساهم في تشكيل النواة .

1-2-2- المواد الآزوتية : Matiחres azotθes

يحتوي حليب الأبقار على 5.3 غ من الأزوت / كغ حيث يوجد 95 % على شكل بروتينات أي ما يقارب 32 – 34 غ / كغ الجدول (1-7) .

الجدول (1-7) : محتوى حليب الأبقار من البروتينات المختلفة (Walstra et Jennes 1984)

	التركيز غ / كغ	النسبة المئوية للبروتينات
البروتينات الكلية	33	100
الكازئين	26	79.5
البروتينات الذائبة	6.3	19.3
بروتينات غشاء حبيبة المادة الدسمة	0.4	1.2
كازئين αs_1	10.0	30.6
αs_2	2.6	8.0
β	9.3	28.4
y	0.8	2.4
k	3.3	10.1
آلفا لاكتا البومين	1.2	3.7
بيتا لاكتو جلوبولين	3.2	10.1
سيروم آلبومين	0.4	1.2
بروتينات المناعة	0.7	2.1
مكونات متنوعة منها بروتيوز ببتون	0.8	2.4

وفقاً لقاعدة الترسيب عند رقم حموضة 4.6 فإنه يمكن فصل :

1- الكازئين المتكون من أربعة أقسام αs_1 , αs_2 , K , B وهو بروتين قابل للتخثر ويمثل 80 % من البروتينات أي 26 غ/كغ .

2- البروتينات الذائبة وتدعى بروتينات المصل وتشكل من 6 إلى 7 غ/كغ وهي بروتينات متعددة يتم اصطناع قسم منها حيوياً على مستوى الخلية المفرزة مثل :

ألفا لاكتا ألبومين

بيتا لاكتوجلوبولين

أما بروتينات المناعة وسيروم ألبومين تنتقل من الدم وتوجد بعض المكونات الناتجة عن تحلل الكازئين β مثل بروتيئوز ببتون وكازئين جاما .

تزداد درجة تنوع البروتينات وأنماطها وفقاً للبلمرة الوراثية والفروق في ارتباطها بالمجموعات السكرية والفوسفورية .

1-2-2-1- الكازئين : Casϑine

تتصف مكونات الكازئين بخصائص مشتركة موضحة في الجدول (1-8) حيث يتواجد الفوسفور على شكل مجموعات فوسفورية وتتصف بغنائها ببعض

الأحماض الأمينية مثل جلايسين ، برولين ، وليوسين وتتميز اقسام الكازئين عن بعضها بمعدل الفوسفور % ووجود أو عدم وجود سيستئين وشدة عدم ألفها للماء.

تضفي الشحنة الكهربائية السالبة على الكازئين وخاصة كازئين αs , β قدرته في تثبيت الكالسيوم والتي تعتبر من أهم الخصائص الأساسية .

يتميز الكازئين كابا عن بقية أقسام الكازئين بوجود السكريات حيث توجد سبعة أشكال للكازئين كابا من K_1 وحتى K_7 وفقاً لدرجة ارتباطه بالسكريات.

يمتاز الكازئين كابا في قدرته مع بقية أقسام الكازئين على تشكل معقد ثابت في وجود الكالسيوم حيث يتصف بدور هام في حماية بقية أقسام الكازئين ولكن الكازئين كابا يبرز حساسية شديدة إزاء فعل الكيموزين على مستوى الرابطة 105 – 106 (Phe – Met) .

الجدول (1-8) : الخصائص الفيزيائية لأقسام الكازئين
(Walstra et Jenness 1984)

K	B	as_2	as_1	
19023	23983	25230	23614	الوزن الجزيئي
169	209	207	199	جذور الأحماض الأمينية
2		2		جذور سيستئين
2 - 1	5	13 – 10	9 – 8	المجموعات الفوسفورية
5				السكريات غ/100 غ من الكازئين
3.0-	12.3 -	14.8 -	20.9 -	الشحنة عند pH 6.6
+ + +	+	-	+	الحساسية للكيموزين
-	+	+ + +	+ +	الحساسية للكالسيوم

1-2-2-2- جسيمة الكازئين : Micelle de cas9ine

عبارة عن كتلة دائرية يتراوح قطرها ما بين 30 إلى 300 ن م تتشكل من تجمع وترابط أقسام الكازئين المختلفة والمكونات الملحية ومن أهمها الكالسيوم والفوسفات الجدول (1-9) .

ووفقاً لـ Schmidt 1980 تتشكل الجسيمة من تحت وحدات الجسيمة والتي قطرها يتراوح من 15 إلى 20 ن م ووزن جزيئي 250.000 غ/مول وإن تركيب تحت وحدات الجسيمة ليس متجانساً وتمتاز بمركز غير أليف للماء وأن الأجزاء الأليفة للماء متوضعة على الطرف الخارجي خاصة جذور حمض سيرين المرتبط بالمجموعات الفوسفورية .

تختلف الخصائص النسبية لأقسام الكازئين وخاصة الكازئين كابا وفقاً لتحت وحدة الجسيمة ، فتحت وحدة الجسيمة المتوضعة في المركز تكون فقيرة بالكازئين

كابا في حين أن الغنية متوضعة على الطرف الخارجي . إن كبر الجسيمات مرتبط في وجود كازئين كابا بسبب قدرته الضعيفة في تثبيت الكالسيوم .

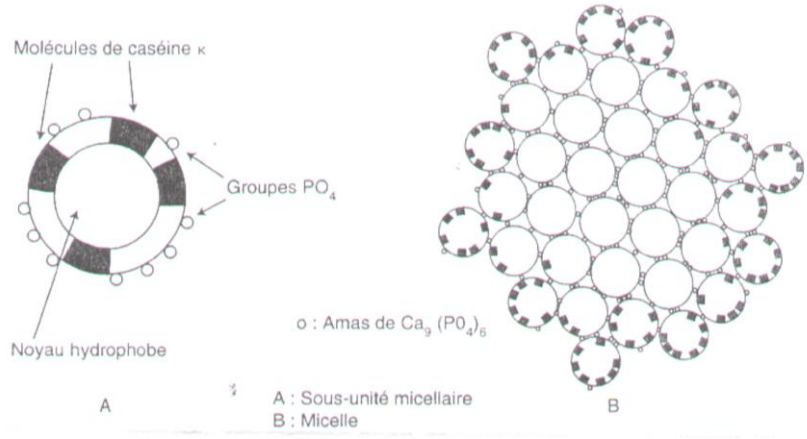
الجدول (1-9) : التركيب المتوسطي لجسيمة الكازئين
Schmidt 1980 غ/100 غ

الكازئين		المكونات الملحية	
αs_1	33	الكالسيوم	2.9
αs_2	11	المغنزيوم	0.2
β	33	الفوسفور اللاعضوي	4.3
K	11	الليمونات	0.5
y	4		
المجموع	92		8

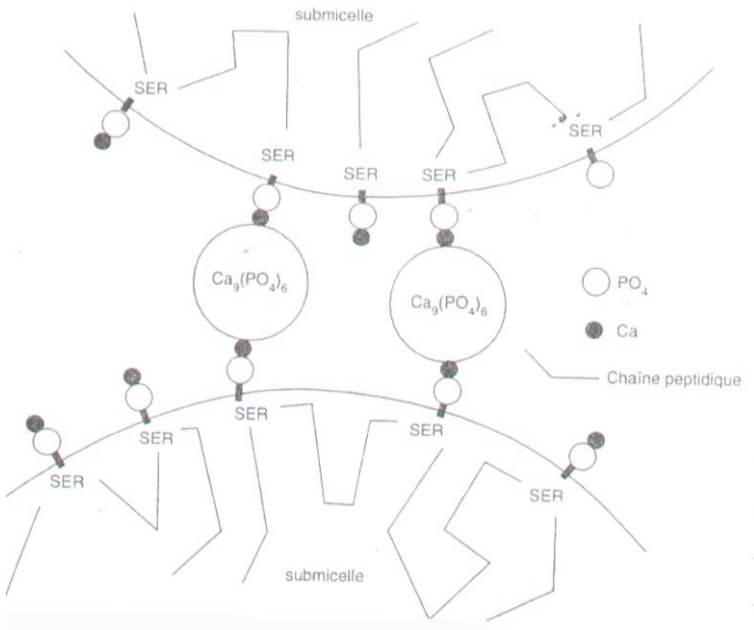
إن الجسيمات موجودة على شكل معلق ضمن الطور المائي للحليب ومن أهم المواد الذائبة اللاكتوز والأملاح المعدنية .

تركيب جسيمات الكازئين موضح في الشكل (1-1) وفقاً لـ Schmidt إن ارتباط تحت وحدات الجسيمة بفوسفات الكالسيوم موضح على الشكل (1-2) ويوجد الكالسيوم الذائب بشكل متوازن مع كالسيوم الجسيمات الذي يعتمد على عوامل متنوعة منها :

درجة الحرارة رقم الـ pH
القوى الشاردية المحتوى من الفوسفات والليمونات الذائبة

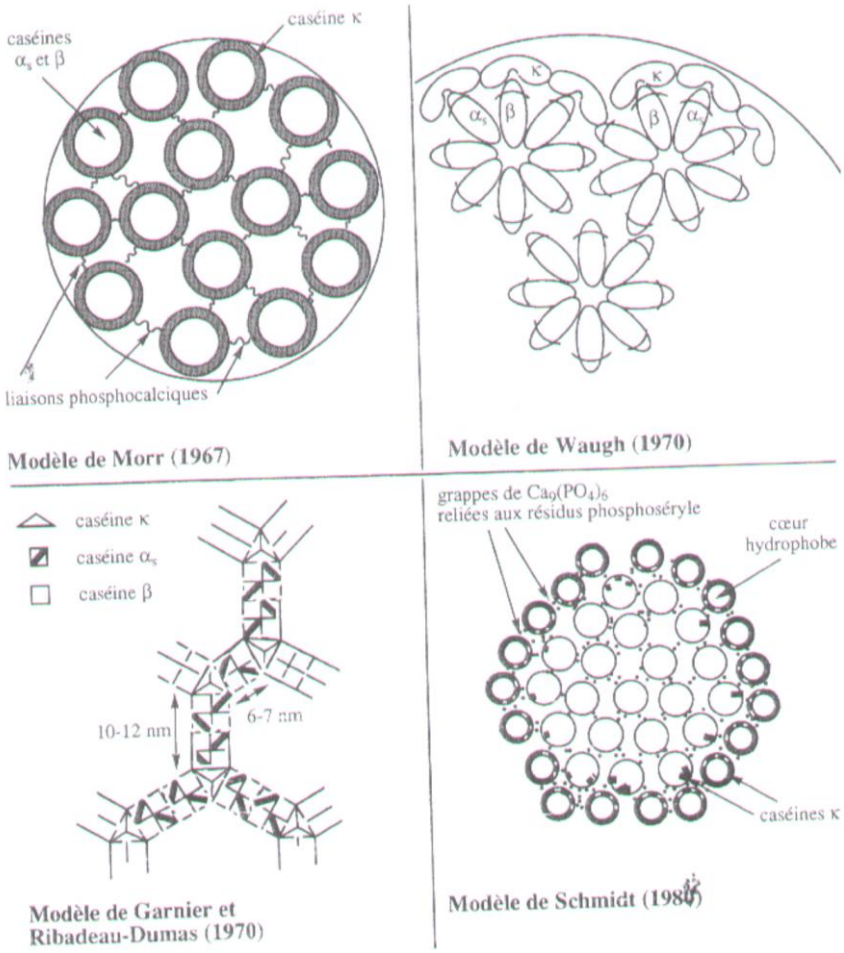


الشكل (1-1) : تركيب جسيمة الكازئين



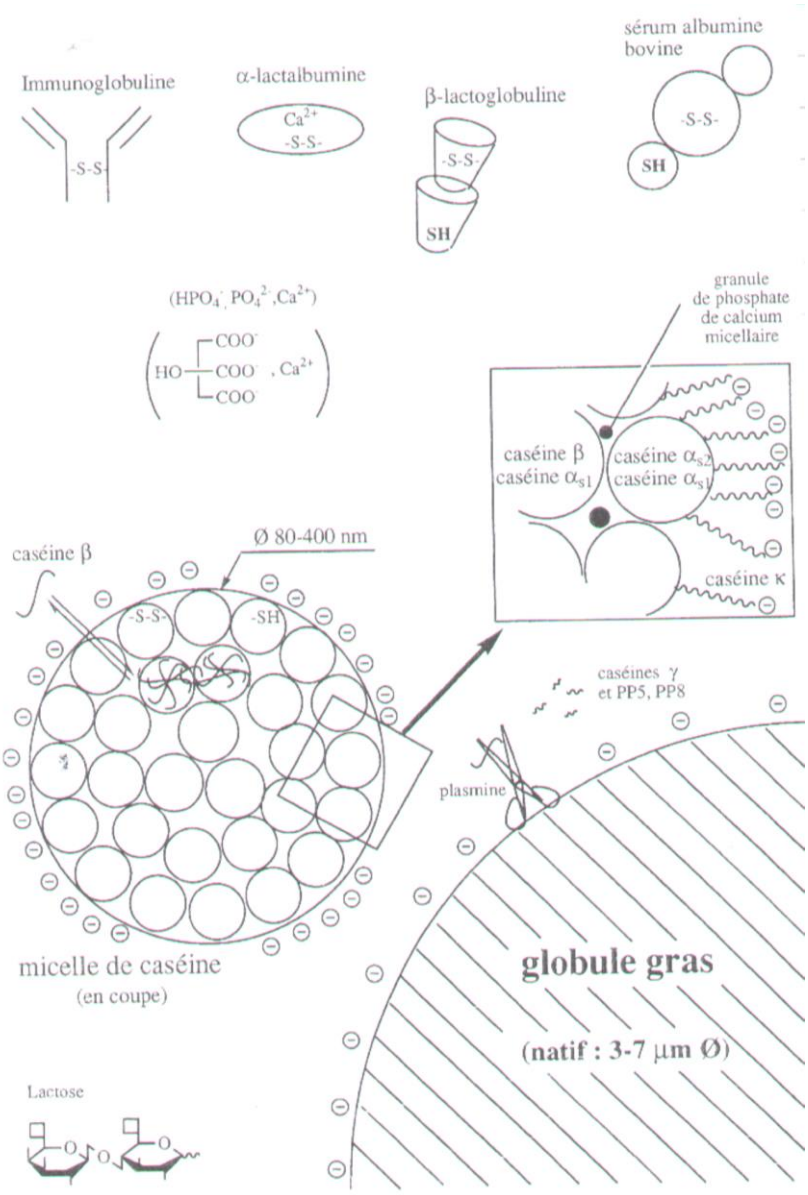
الشكل (1-2) : مخطط لارتباط تحت وحدات الجسيمة بفوسفات الكالسيوم

ويوضح الشكل (1-3) المقترحات الخاصة بنماذج جسيمة الكازئين .



الشكل (1-3) : النماذج المختلفة التي اقترحت لجسيمة الكازئين

ويوضح الشكل (1-4) النموذج العام لمكونات الحليب .



الشكل (1-4) : المظهر العام لمكونات الحليب

يـؤدي رفـع درجـة الحـرارة ورقـم الــ pH وزيـادة المحتـوى مـن الكالسـيوم الشـاردي إلـى زيـادة معدل الكالسيوم والفوسفات ضـمن الجسيمة وينـتج عن ذلك زيـادة إبعادهـا . فـي حين أن الأثر المعاكس نـاتج عن خفض رقم الــ pH وخفض

درجة الحرارة أو ناتج عن إضافة كلور الصوديوم والليمونات أو أية معقدة للكالسيوم .

انتقال الكالسيوم من الطور الجسمي باتجاه الطور المائي يترافق مع انحلال قسم من البروتينات ويحدث ذلك عند حفظ الحليب على درجة حرارة منخفضة مما يترتب عنه انخفاض في قطر الجسيمة وزيادة في طبقة الماء المحيط .

تؤدي المعاملات التكنولوجية إلى حصول تبدلات على المستوى المعدني قبل التبريد والتسخين والتركيز والتي قد تكون عكوسة جزئياً ولكن لا يمكن إلغائها حتى على مستوى التركيب الجسيمي .

تتصف الجسيمات بالصفة الحامضية لأن شحنتها النهائية سلبية عند رقم pH الطبيعي . ويمكن تفسير أن التنافر يتعارض مع تقاربها وترسبها ويعزى إليه المحافظة على المعلق الغروي بالرغم من الكثافة المرتفعة لعددها وقرب المسافة بينها .

لا يمكن الاعتماد على فرق الكمون الكهربائي لوحده في المحافظة على ثباتية الجسيمات لكن وجود عامل آخر يتدخل وهو درجة الإماهة .

تحتوي الجسيمات على 3.7 غ / من الماء في غ / من البروتين وقسم من هذا الماء غير متحرك على السطح ويشكل طبقة الإماهة والتي تحمي الجسيمة وتحافظ على ثباتيتها يضاف إلى ذلك وجود ميكانيكية أخرى تحافظ على الطور الغروي وهي التدافع الناتج والمرتبط في الكازئين كابا بسبب طبيعة ألفه للماء في القسم C النهائي .

يسبب تحمض الحليب نزع ثباتية النظام الغروي وكذلك البروتيئاز المحلل للبروتينات وخاصة الكيموزين الذي يهاجم بشكل مفضل الكازئين كابا .

وأخيراً يمكن الاستفادة من تطبيق المعاملات الحرارية في الحصول على منتجات الألبان وخاصة الكازئين .

1-2-2-3- البروتينات الذائبة : Prot9ines solubles

يشتمل القسم البروتيني الذائب عند رقم pH 4.9 كل البروتينات الأخرى باستثناء الكازئين . تتصف هذه البروتينات بقيمتها الغذائية وحساسيتها العالية لدرجة الحرارة المرتفعة .

من أهم بروتينات المصل بيتا لاكتوجلوبولين والفا لاكتا البومين والتي تمثل على التسلسل 45 % و 25 % من البروتينات الذائبة أما المجموعة الثانية متكونة من سيروم ألبومين وبروتينات المناعة التي أصلها من الدم 12 % وبروتيئوز ببتون (13 %) الذي يتشكل القسم الأكبر من تحلل الكازئين β بفعل البلاسمين .

لا تتخثر بروتينات المصل بفعل الأنزيمات المخثرة على عكس الكازئين ولقد استفيد من حساسية بروتينات المصل إلى الحرارة لصناعة أجبان المصل مثل

ريكوتا Ricotta وتمتاز أيضاً بروتينات المصل بدرجة ألفها للماء المرتفعة والتي يمكن الاستفادة منها في صناعة الأجبان لزيادة الاحتفاظ بالماء .

1-2-2-4 – المواد الأزوتية غير الروتينية :

مواد ذات وزن جزيئي صغير ويتراوح محتواها في الحليب بين 1.5 و 2 غ / الليتر ويتبدل المحتوى وفقاً للتغذية .

تعتبر اليوريا المكون الأكثر أهمية وتمثل 20 – 30 % من المواد الأزوتية غير البروتينية . وضمن المواد الأزوتية غير البروتينية الأخرى القواعد العضوية والبيتيدات والأحماض الأمينية الحرة .

1-2-3- العناصر المعدنية في الحليب : Les min9raux au lait

مجموعة من العناصر موجودة على حالة شوارد أو أملاح غير ذائبة وبالرغم من أنها موجودة بكمية قليلة إلا أنها تعتبر هامة جداً على المستوى التغذوي والتكنولوجي .

يتوافق تركيب الحليب لنوع ما مع احتياجات الوليد لنفس النوع حيث توجد علاقة بين محتوى الحليب من الكالسيوم والفوسفور وسرعة نمو الوليد ويختلف محتوى الحليب من العناصر المعدنية وفقاً للأنواع (الجدول 1-10) وتوجد علاقة مباشرة مع محتوى الحليب من البروتينات .

الجدول (1-10) : التركيب المعدني لبعض أنواع الحليب غ / الليتر

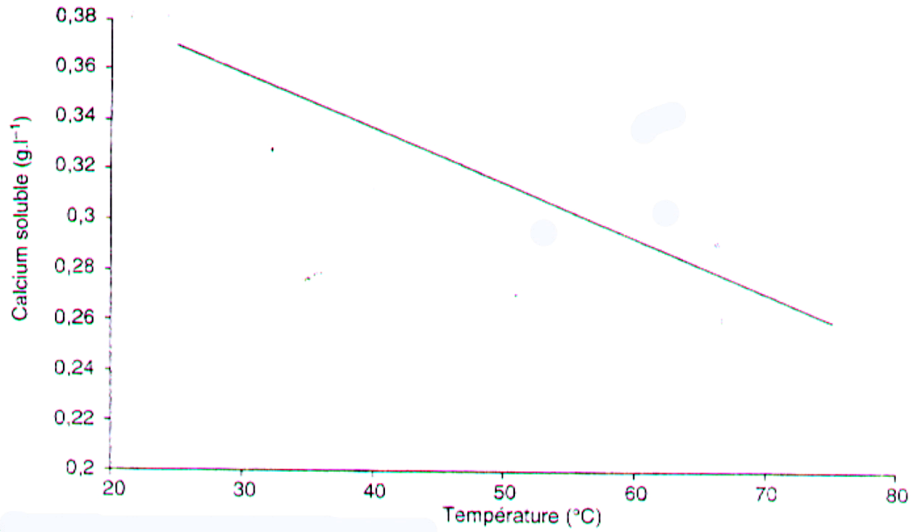
حليب	المرأة	الأبقار	الماعز	الأغنام
الكالسيوم	0.31	1.2	1.30	1.90
الفوسفور	0.15	0.9	0.95	1.5
المغنزيوم	0.037	0.12	0.12	0.16
البوتاسيوم	0.52	1.5	1.6	1.25
الصوديوم	0.15	0.45	0.40	0.45
الكلور	0.50	1.15	1.40	0.70

يمكن أن يتأثر محتوى الحليب قليلاً وفقاً للتغذية ومن أهم العناصر المعدنية الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والصوديوم والمغنزيوم والكلور والليمونات .

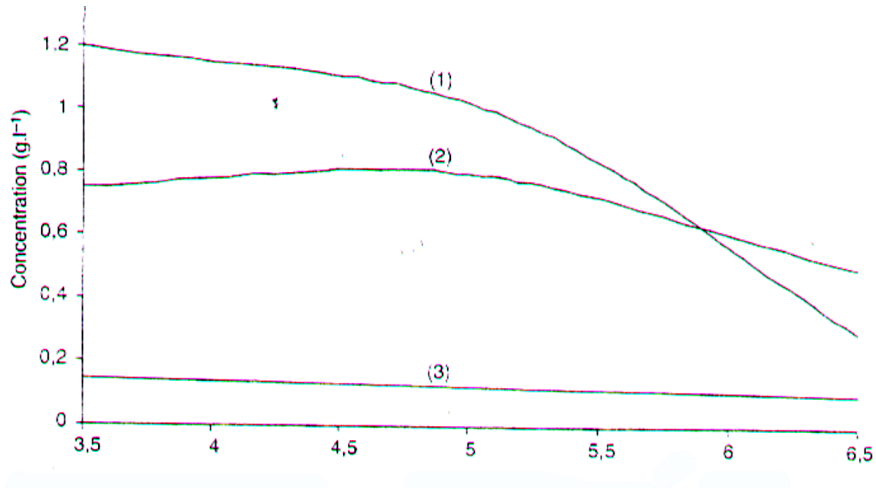
توجد بعض العناصر المعدنية على الحالة الذائبة والقسم الآخر موجود على الحالة الذائبة وعلى الحالة الغروية مرتبطاً في جسيمة الكازئين ، يمثل القسم الغروي 65 % من الكالسيوم و 50 % من الفوسفور اللاعضوي و 60 % من المغنزيوم و 8 % من الليمونات أما العناصر الذائبة موجودة تحت أشكال عديدة.

- البوتاسيوم والكلور والصوديوم موجودة على الحالة الشاردية .
- الفوسفات والليمونات موجودة على شكل أحادي وثنائي وثلاثي الفوسفات وتوجد حالة توازن بين الأشكال الغروية والذائبة وبين الأشكال المتشردة وغير المتفككة والتي يمكن أن تتغير بفعل عوامل متنوعة منها :
- درجة الحرارة التي تخفض الشكل الذائب (الشكل 1-5) .
- رقم الحموضة الذي يزيد من الشكل الذائب للكالسيوم والفوسفور (الشكل 1-6) .

أما العناصر الأخرى موجودة بكميات محدودة جداً وتتوزع وفق طبيعة الوسط وشروطه بين الطور المذيب والعناصر المتوزعة كالجسيمات وحبيبات المادة الدسمة .



الشكل (1-5) : تطور الكالسيوم الذائب وفقاً لدرجة الحرارة



الشكل (1-6) : تطور الكالسيوم الذائب 1 والفوسفات الذائبة 2 والمغنزيوم 3 وفقاً لرقم الحموضة pH

1-2-4- اللاكتوز : Le lactose

موجود بمعدل 47-52 غ/الليتر ويعتبر المكون الأكثر انتشاراً في حليب الأبقار حيث يساهم بدور هام خاصة قيمته التغذوية وقابليته للتخمر ويعتبر أساس صناعة بعض المنتجات اللبنية . سكر ثنائي مرجع يوجد تحت شكلين α , β الشكل (1-7) يمتاز ببعض الخصائص الفيزيائية ويتكون من الجلوكوز والجلاكتوز .

إن العلاقة بين α/β تساوي 1.68 ولكنها تنخفض تدريجياً مع ارتفاع درجة الحرارة وأما سرعة الدوران التي تنظم التوازن بين α , β تعتمد بشكل أساسي على درجة الحرارة ورقم الحموضة .

يتم الحصول على الشكل α أحادي الماء بالتبلور على درجة حرارة أقل من 93.5 مْ أما الشكل β اللامائي يتم الحصول عليه على درجة حرارة أعلى من 93.5 مْ .

قدرته المحلية ضعيفة بالمقارنة مع السكروز والعلاقة قريبة من 1 إلى 3 يمكن أن يتخمر اللاكتوز بفعل العديد من البكتريا والخمائر حيث ينتج حمض اللبن وحمض بروبيونيك وحمض بيوتيريك والخل ....

فالتخمر اللبني ناتج عن بكتريا حمض اللبن الموجودة طبيعياً في الحليب أو المضافة كبادئ حيث يتحول اللاكتوز إلى حمض اللبن .

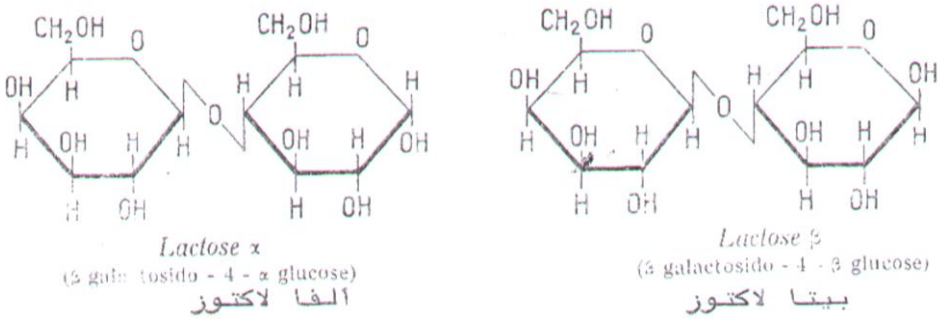
التخمر البروبيوني المحرض بفعل بكتريا Propionibacterium نتيجة تحول اللاكتات الناتجة عن التخمر اللبني إلى حمض بروبيونيك وحمض الخل المسؤولة

عن الطعم الخاص بالأجبان المطبوخة وغاز ثاني أوكسيد الكربون المسؤول جزئياً عن العيون ضمن الأجبان .

التخمر الزبدي الناتج عن التخمر بفعل البكتريا المتبوغة Clostridium حيث تتحول اللاكتات إلى حمض الخل وحمض البيوتيريك المسؤول عن الروائح غير المستساغة كالعفونة والطعم اللاذع مع إنتاج غاز CO_2 و H_2 المسؤول عن الانتفاخ المتأخر في الأجبان المضغوطة والمطبوخة .

التخمر الكحولي حيث يتحلل اللاكتوز إلى جلوكوز وجالاكتوز ويتحول الجلوكوز بدوره إلى كحول ايتيلي ويمكن للخمائر أن تحول اللاكتات إلى إيتانول ومواد عطرية وتشترك أيضاً في إنضاج الأجبان .

ويمكن لبعض الأحياء الدقيقة الأخرى مثل بكتريا الكوليفورم أن تخمر اللاكتوز منتجة بالإضافة إلى حمض اللبن ، حمض الخل و H_2 و CO_2 حيث تسبب هذه الغازات الانتفاخ في المبكر للأجبان وتكون مسؤولة عن الطعم والرائحة غير المقبولة وغير المستساغة .



الشكل (1-7) : سكر اللاكتوز

1-2-5- الفيتامينات : Les vitamines

مواد هامة وضرورية وبعضها يساهم بدور مرافق أنزيمي وإن استهلاك ليتر من الحليب يغطي الاحتياجات اليومية من الفيتامينات حمض الفوليك و B_{12} , B_2 , B_1 , A (الجدول 1-11) .

بالنسبة للفيتامينات الأليفة الذوبان في الماء كمجموعة فيتامين B تعتمد قليلاً على العوامل الخارجية نظراً لأن مصدرها الأساسي هو الاصطناع الحيوي بفعل بكتريا الكرش .

أما الفيتامينات الذوابة في المادة الدسمة موجودة بنسب متغيرة ومتبدلة وفقاً لتأثير التغذية والتعرض للأشعة الشمسية .

الجدول (1-11) : فيتامينات حليب الأبقار وفقاً لـ Mathieu , 1998

الفيتامينات الذوابة في الماء	المحتوى في الحليب مغ/الليتر	الاحتياجات اليومية مغ	% للتغطية عند استهلاك ليتر من الحليب
B_1 ثيامين	0.7 – 0.3	2 – 1	33
B_2	2 – 1.2	2.8 – 1.2	80
B_5	4 – 2.8	12 - 8	34
B_6	0.7 – 0.3	2 – 1.5	7
B_{12}	0.006 – 0.003	– 0.001 0.002	100
C	22 – 20	100 – 70	23
H (بيوتين)	0.040 – 0.15		
حمض فوليك	0.04 – 0.05	0.2 – 0.1	50
PP	1 – 0.4	20 – 10	5
الفيتامينات الذوابة في المادة الدسمة	0.6 – 0.3	1.8 – 1	30
A روتينول	1 – 0.5	35 - 5	30
D كالسيفيرول	1.5 – 0.8	25 – 10	6.5
E توكوفيرول	0.1		
K			

6-2-1- الأنزيمات : Les enzymes

يحتوي الحليب على عدد كبير من الأنزيمات ولقد اكتشف أكثر من 60 أنزيماً من ضمن هذه الأنزيمات مجموعة تبرز خصائص هامة (الجدول 1-12) ويمكن أن نشير إلى بعضها .

1- اللاكتوبيروكسيداز يمتاز بفعالية مثبطة لنمو بعض البكتريا في الحليب الخام ويمتاز بمقاومته لدرجة الحرارة المرتفعة مما يسمح في تحديد درجة الحرارة التي تعرض لها الحليب المبستر .
2- الكتالاز معدله مرتبط بعدد الكريات البيض ويسمح في الكشف عن حدوث مرض التهاب الضرع أو وجود حليب السرسوب .
3- الفوسفاتاز القلوي يبين صحة تطبيق البسترة حيث تثبط فعاليته عند تطبيق البسترة الصحيحة .
4- ليبوبروتين ليباز مسؤول عن تحلل الجليسريدات الثلاثية وتشكيل الأحماض الدسمة الحرة التي تظهر الطعم والرائحة المتزنخة .
5- البروتيئاز القلوي أو البلاسمين أصله من الدم ومسؤول عن تفكك كازئين بيتا وتشكيل كازئين جاما وبروتيئوز ببتون رقم 5 و 8 .

الجدول (1-12) : أهم أنزيمات الحليب وفقاً لـ Mathieu 1998

الأنزيمات	التوزيع	رقم pH الأمثل	الوزن الجزيئي غ/مول	المحتوى مغ/الليتر
انزيمات الاكسدة والإرجاع :				
لاكتو بيرو اكسيداز	المصل	6.8 – 6.5	80.000	70 – 10
اكسانتين اوكسيداز	الغشاء	7	600.000	160 – 120
كتالاز	الغشاء	7 – 6.8	240.0000	
انزيمات التحلل :				
فوسفاتاز قلوي	الغشاء	10 – 7	170.000	
الليزوزيم	المصل	8	18000 – 14000	0.18 – 0.01
الليباز الطبيعي	كازئين	9 – 7	50000	2 – 1
بروتيئاز حامضي	كازئين	4	36000	
بروتيئاز قلوي	كازئين	8 – 7.5	48000	