الباب الأول

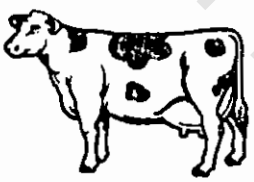
اللبن السائل

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الأول

تركيب اللبن



obeikandl.com

obeikandl.com

تركيب اللبن

تعريف اللبن

اللبن هو الإفراز الطبيعى Normal Secretion للغدد الثديية بعد مرور فترة السرسوب Colostrum Period .

وأيضاً يوجد تعريف آخر للبن على أنه هو الإفراز الطبيعى للبصيلات اللبنية داخل الغدد اللبنية بالثدييات مستبعداً منه لبن فترة ما بعد الولادة (السرسوب) وكذلك مستبعداً منه لبن فترة نهاية الموسم – وذلك لاختلاف لبن السرسوب ولبن نهاية موسم الحليب فى التركيب الكيماوى والصفات الطبيعية عن اللبن العادى الطبيعى. ويوصف تركيب اللبن على أنه يتكون من ماء (٨٥٪) ومواد صلبة كلية Total milk Solids (T.S) (١٥٪ تقريباً).

وهى تشمل الدهن (F) والمواد الصلبة اللادهنية (S.N.F)

والتركيب الإجمالى للبن ممكن أن يكون :-

٨٧,٣ ٪ ماء (تتراوح من ٨٥,٥ ٪ – ٨٨,٧ ٪).

٣,٩ ٪ دهن (تتراوح من ٢,٤ ٪ – ٥,٥ ٪).

٨,٨ ٪ جوامد لا دهنية (تتراوح من ٧,٩ ٪ – ١٠ ٪).

البروتين ٣.٢٥ ٪ (٣/٤ كازين) .

اللاكتوز ٤,٦ ٪ .

المعادن ٠,٦٥ ٪ : كالسيوم – فوسفور – سترات – ماغنيسيوم – بوتاسيوم – صوديوم – زنك – كلور – حديد – نحاس – كبريتات – بيكربونات – وأملاح أخرى .

الأحماض ٠,١٨ ٪ : حمض الستريك – الفورميك – الخليك – اللاكتيك – الأوكساليك .

الأنزيمات : البيروكسيداز والكتاليز والفوسفاتيز والليبيز

الغـــازات : الأوكسجين — النيتروجين .

الفيتامينات : أ ، ج ، د وثيامين وريبوفلافين وفيتامينات أخرى .

وتستخدم المصطلحات الآتية للتعبير عن تركيب اللبن .

البلازمـــا : اللبن — الدهن ..... (اللبن الفرز) .

الســـيرم : البلازما — جسيمات الكازين ..... (الشرش) .

جوامد اللبن اللادهنية (SNF) = البروتين + اللاكتوز + الأملاح + الأحماض + الأنزيمات + الفيتامينات .

جوامد اللبن الكلية (T.S) = الدهن + جوامد اللبن اللادهنية (SNF) .

وصفات اللبن لا تتحدد بتركيبه فقط ولكن تتحدد أيضاً بخواصه الطبيعية.

وممكن أن يوصف اللبن على أنه مستحلب زيت فى ماء حيث حبيبات الدهن تنتشر فى الوجه المستمر من السيرم.

معلـق غـروى للجـسيمات الكـازين والـبروتين الكـروى وجزئيـات الليبوبروتين.

محلول من اللاكتوز والبروتين والأملاح والفيتامينات والمركبات الأخرى الذائبة وبالنظر إلى اللبن تحت الميكروسكوب على قوة التكبير الصغرى (5 χ) نجد أنه سائل متجانس ولكن متعكر. وعند قوة تكبير (500 χ) نجد أنـه يظهـر وفيـه قطرات مستديرة من حبيبات الدهن — وعند درجـة تكـبير (50.000) تظهـر جسيمات الكازين .

جدول (١) متوسط تركيب اللبن البقرى

المكـــون	ملجم / ١٠٠ مل
كازين	٢٨٠٠ — ٣٠٠٠
لاكتالبيومين	٣٥٠ — ٤٥٠
لاكتوجلوبيولين	٥٠
لاكتوز	٤٦٠٠ — ٤٩٠٠

جلكوز	آثـــار
دهـــن	٢٠٠٠ – ٤٥٠٠
كالســـيوم	١٢٠ — ١٤٠
بوتاســـيوم	١٢٠ — ١٨٠
كلوريـــد	٩٠ — ١٢٠
فوسفـــور	٦٠ – ٨٠

جدول (٢) التركيب الإجمالى للبن بعض الحيوانات الشائع استخدام ألبانها فى مصر

نـــوع الحيوان	مـــاء ٪	دهـــن ٪	لاكتوز ٪	كازين ٪	بروتينات أخرى ٪	رمـــاد ٪
البقـــــر	٨٧,٣٢	٣,٧٥	٤,٧٥	٣,٠٠	٠,٤	٠,٧٥
الجـاموس	٨٢,٢٤	٧,٥١	٤,٧٧	٤,٢٦	٠,٤٦	٠,٧٦
الغـــــنم	٧٩,٤٦	٨,٦٣	٤,٢٨	٥,٣٣	١,٤٥	٠,٩٧
المـــــاعز	٨٣,٣٤	٦,٥٧	٤,٩٦	٣,٦٢	٠,٦	٠,٨٤
الجمـــال	٨٦,٥٧	٣,٠٧	٥,٥٩	٣,٥٩	٠,٤١	٠,٧٧

ثانيا : العوامل المؤثرة على كمية وتركيب اللبن :

يمكن سرد العوامل المؤثرة على كمية وتركيب اللبن فى النقاط الآتية :

١– نوع الحيوان .

٢– سلالة الحيوان .

٣– فردية الحيوان .

٤– تأثير فترات الحلب .

٥– اختلاف تركيب اللبن أثناء الحليب .

٦– عمر الحيوان .

٧– موسم الحلب .

٨– الغـذاء .

٩- الجو وفصول السنة .

١٠- صحة الحيوان .

١١- البيـئة .

وفيما يلى توضيح لكل نقطة من هذه النقاط :

١- نوع الحيوان :

نجد أن تركيب اللبن وكميته تختلف تبعاً لنوع الحيوان فمتوسط الإدرار السنوى للجاموس حوالى ١٥٠٠ كيلو بينما الأبقار ١٠٠٠ كيلو، بالإضافة إلى ذلك نجد أن التركيب الكيماوى يختلف أيضاً، وخاصة الدهن، فدهن اللبن البقرى يتراوح بأى حال من الأحوال عن ٥ — ٥,٥٪، بينما نجد أن اللبن الجاموسى ممكن أن تصل نسبة الدهن به ٨ ٪.

٢- سلالة الحيوان :

يلاحظ أنه يختلف إنتاج كل سلالة عن الأخرى فى الكمية ونسبة الدهن فسلالة الفريزيان يعطى لبن نسبة الدهن به ٣٪ دهن، بينما الايرشير ٣,٧٥٪ دهن فى حين أن الأبقار الفرنسية مثل الجرنسى تعطى ٥,٥ ٪ دهن فى نفس الوقت تعطى الأبقار الدمياطى ٣- ٣,٥ ٪ دهن بينما الأبقار البلدية تعطى ٤- ٥,٥٪ دهن. ويجب الإشارة إلى أن الحيوان المدر لكميات كبيرة من اللبن نجد أن نسبة الدهن تقل فى ألبانها والعكس صحيح.

٣- فردية الحيوان :

نجد أن هناك العديد من الاختلافات فى أفراد السلالة الواحدة من الحيوانات وخاصة فى نسبة الدهن وأيضاً التركيب الملحى للبن وأيضاً فى نسبة البروتين وما يحتويه من كالسيوم وفوسفور.

جدول (٣) تركيب اللبن فى السلالات المختلفة من الأبقار

	ماء	دهن	بروتين	لاكتوز	رماد
فريزيان	٨٧,٧	٣,٤	٣,٣	٤,٨	٠,٦٨
شورتهورن	٨٧,٤	٣,٦	٣,٣	٤,٨	٠,٧٣
جرسى	٨٥,٤	٥,١	٣,٧	٥,٠٠	٠,٧
البقر المصرى	٨٦,٥	٤,٣	٣,٢	٤,٨	٠,٦٨

جدول (٤) التركيب الإجمالى للبن حيوانات فردية مقارنة بالقطيع

مكونات اللبن	لبن الأبقار (فردية)	القطيع	لبن الجاموس (فردية)	القطيع
الدهن	٤.٧٥	٤.٢٩	٦.٦٤	٦.٦
M . S. N . F	٩,٢٥	٩,٠٣	٩.٩٢	٩.٨٩
بروتين كلى	٣.٥٥	٣.٢٥	٣,٩٣	٣.٦٦
كازين	٢,٨٢	٢.٧	٣.٢	٣.٢

٤- تأثير فترات الحلب

يلاحظ أنه كلما طالت المدة بين حلبتين متتاليتين زادت كمية اللبن وقلت نسبة الدهن وإن كانت حلبة المساء تقل قليلاً فى محتواها من الدهن بمقدار ٠,٣ — ٠,٤ ٪ عن حلبة الصباح قد يكون ذلك راجعاً لراحة الحيوان أثناء الليل مما يساعده على كثرة الإدرار أثناء الصباح.

٥- اختلاف تركيب اللبن أثناء الحليب :

يلاحظ أنه فى أول الحليب يكون محتوى اللبن أقل فى المادة الدهنية ثم بعد ذلك نجد أنها تزداد تدريجياً إلى أن تصل إلى أكبر حد فى القطرات الأخيرة من اللبن لذلك كان من الضرورى الاهتمام بحلب ضرع الحيوان لآخر قطرة فيه وخلطها مع باقى اللبن ليتم تجانسه فى التركيب.

٦- عمر الحيوان :

يمكن القول بصفة عامة بأنه تزداد كمية اللبن كلما تقدم عمر الحيوان إلى حد ٨ سنوات على أن هذه الزيادة تبدأ تقل نسبياً بعد عمر ٥ سنوات ثم يبدأ إدرار اللبن فى الانخفاض مع تقدم العمر.

٧- موسم الحلب :

يلاحظ أن الإنتاج اليومى للبن يزداد بعد الولادة كثيراً إلى أن يصل نهايته فى فترة تتراوح من ٢٥ — ٤٠ يوم ثم ينخفض تدريجياً حتى تقل فى

نهاية موسم الحليب (٧ – ٨ شهور) أما بالنسبة للدهن فيلاحظ أن نسبة الدهن فى موسم الحلابة تتناسب عكسياً مع كمية اللبن حيث وجد أنها تقل تدريجياً بالأشهر الثلاثة الأولى ثم تبدأ فى الارتفاع إلى أن تصل إلى أقصى حد لها بنهاية موسم الحليب.

٨- الغذاء :

لاحظ أن اتزان الوجبة الغذائية من حيث الكمية وتنوع مصادرها الغذائية يلعب دوراً هام فى العمل على اتزان اللبن . ويجب الإشارة إلى أن العلائق الخضراء تزيد من كمية الحليب المنتجة بينما تقل الجوامد الكلية (T.S) بما فيها الدهن، بينما نجد على الناحية الأخرى إن العلائق المحتوية عى كسب القطن تكسب دهن اللبن صلابة وذلك لكثرة محتواها من الأحماض الدهنية المشبعة بينما نجد أن العلائق المحتوية على كسب الكتان تكسب دهن اللبن سيولة وذلك لارتفاع محتواها من الأحماض الدهنية الغير مشبعة.

٩- الجو وفصول السنة :

لاحظ أن مع ارتفاع درجة حرارة تقل نسبة الدهن فى الحليب فنسبة الدهن تكون أعلى فى الشتاء منها فى الصيف وينطبق ذلك على البروتين أيضاً. كذلك نقص الرطوبة وزيادة الجفاف يؤدى إلى نقص كمية اللبن ونقص الجوامد اللادهنية وزيادة الدهن.

١٠- صحة الحيوان :

جدير بالذكر أن طالما ازداد الحيوان المدر للحليب صحة وحيوية فنلاحظ أن كمية اللبن ونسبة الدهن لا تتغير إلا فى حالة إذا مرض الحيوان فنجد أن كمية اللبن تقل وتزداد كمية الأملاح بشكل واضح علاوة على أن إصابة الحيوان ببعض الأمراض مثل مرض حمى الصرع **Masititis** نجد أنها تعظم نسبة الكلوريدات حتى تصل إلى نسبة ٠.٣٪ بنسبة زيادة تصل إلى ١٥٠٪ عن المعدل الطبيعى فى اللبن العادى.

١١- البيـــئة :

الجدير بالذكر هنا إلى أن نظافة الحظائر والجو المحيط بالحيوان يزيد من كمية الألبان المنتجة بينما نلاحظ أن عمليات التلوث البيئى من شأنها أن تكون مصدراً جيد لنمو الميكروبات التى تحدث تغيرات فى التركيب الكيماوى للحليب وبخاصة الميزان الملحى للبن "Salt Balance" وهى نسبة كل من الكالسيوم والماغنسيوم إلى الفوسفات والسترات. فنجد أن الميكروبات تعمل على تخمر سكر اللاكتوز إلى حمض لاكتيك رافعة بذلك نسبة تواجد الأيونات الموجبة وبالتالى تؤدى ذلك إلى حدوث تجبن اللبن .

١٢- كفاءة الحليب Effeciency of milking

يتغير تركيب اللبن فى الحلبة الواحدة باختلاف وقت نزول اللبن من الضرع ففى بداية عملية الحليب تكون نسبة الدهن منخفضة وترتفع تدريجياً بتقدم وقت الحليب – ويلاحظ ضرورة إتمام عملية الحليب حتى النهاية وبسرعة وبدون إزعاج للحيوان حتى نحصل على الكمية العالية من الدهن الموجودة فى الكميات الأخيرة – كما أنه يجب أن يكون الحيوان تحت ظروف نفسية هادئة ومنعشة .

جدول (٥) تأثير مراحل الحليب

كمية اللبن المحلوب حسب نزوله من الضرع	نسبة الدهن فى الكمية ٪
١٠٠ سم٣	١,١
أول لتر	١,٤
ثانى لتر	٢,٠
ثالث لتر	٣,١
رابع لتر	٤,٠
آخر كمية	٧,٦

التركيب العام للبن General Composition of Milk

نجد أنه بصفة عامة يتركب اللبن من المكونات الآتى ذكرها :

أولاً : المكونات الكبرى ثانياً : المكونات الصغرى

أولاً : المكونات الكبرى Major elements

لا يمكن القول بالمكونات الكبرى أنه يمكن إهمال أهمية المركبات الأخرى فى تركيب اللبن ولكن هذا التقسيم تم على أساس نسبة تواجد كل مكون من تلك المكونات فى اللبن .

وتشمل المكونات الكبرى فى تركيب اللبن ما يلى :

١- المـــاء Water Content .

٢- دهن اللبن Milk fat .

٣- بروتينات اللبن Milk Protein .

٤- سكر اللاكتوز Lactose .

٥- الأملاح المعدنية Minerals .

وفيما يلى إيضاح لكل مكون :

المـــاء Water Content

تتراوح نسبة الماء فى اللبن مـا بـين ٧٨ -- ٩٠ ٪ هـذا التـأرجح يكـون راجع لعوامل كثيرة سوف يلى ذكرها لاحقاً عند التطرق إلى أهم العوامل المؤثرة على تركيب اللبن . وتواجد الماء مهم كما أشار المـولى عـز وجـل ﴿ وجعلنا من الماء كل شىء حى ﴾ لذلك يمكن إيضاح أهمية الماء فى النقاط الآتية :

١- إعطاء المظهر السائل للبن .

٢- يلزم لنمو الميكروبات وإتمام التخمرات الميكروبية المختلفة فى اللبن.

٣- استحلاب الدهن "Emulsion" Fat.

٤- هام لذوبان سكر اللاكتوز وبعض الأملاح المعدنية .

٥- غروية البروتين Protein Colloidal .

ويوجد الماء فى اللبن فى صورتين وهما :-

١- **الماء الحر Free Water**

ويشكل الماء الحر ٩٦٪ من نسبة الماء الموجودة فى اللبن ويمكن التخلص منه أو جزء منه إما عن طريق التجفيف أو عن طريق التكثيف وذلك لإعطاء ما يسمى بالألبان المركزة.

٢- **الماء المرتبط Bound Water**

يشكل ٤٪ من نسبة الماء الموجود فى اللبن وهو الماء المرتبط بالجزيئات الغروية فى اللبن .

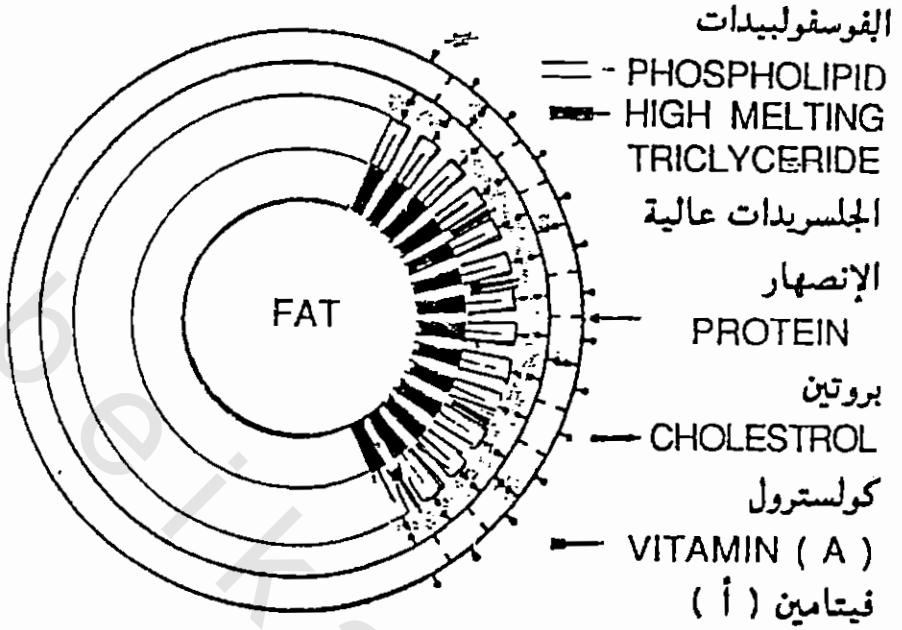
دهن اللبن Milk Fat

- تتراوح نسبة الدهن باللبن البقرى " **cow's milk** " ما بين ٣,٥ — ٥,٥ ٪ بينما تتراوح نسبة الدهن باللبن الجاموسى **Buffalo's milk** " ما بين ٥,٥ — ٨٪ ويعتبر دهن اللبن من أهم مكونات اللبن ليس فقط فى كونه أغلى مكونات اللبن ولكن لارتفاع قيمته الغذائية وأيضاً علاقته المرتبطة بالطعم والخواص الطبيعية وإنما تمتد تلك الأهمية لتتوقف عليها كثير من المنتجات والتى تعرف باسم المنتجات اللبنية الدهنية "**Dairy Fatty Product's**" ومن تلك المنتجات اللبنية الدهنية القشدة **Cream** والزبد **Butter** والسمن وأيضاً بعض أصناف من الجبن مثال ذلك جبن القشدة .

* **الصورة التى يتواجد عليها الدهن فى اللبن .**

نلاحظ أن الدهن يتواجد فى اللبن على هيئة حبيبات دقيقة (شكل ١) معلقة باللبن ومحاطة بطبقة من الفوسفوليبيدات "**Phospholipids**" والليبوبروتين **Lipoprotein** أو ما يسمى باسم الغلاف الفوسفوبروتينى.

دهن اللبن لا يرى بالعين المجردة فى صورة حبيبات حيث تصل عدد الحبيبات منه ١,٥ — ٥ ملايين حبيبة فى السنتيمتر المكعب ويمكن رؤية الدهن ذاته فى صورة تجمع أعلى أوانى اللبن، ذلك فى هيئة طبقة دهنية تعرف هذه الطبقة بالقشدة **Cream** وذلك لانخفاض كثافة الدهن (٠,٩ جم/ سم^{٣}) عن بقية كثافة مجموع مكونات اللبن (١,٠٣٢ جم/ سم^{٣}) على درجة حرارة ١٥,٥م$^{\circ}$.



شكل (١) تركيب حبيبة الدهن

تركيب دهن اللبن

يوجد الدهن فى اللبن فى ثلاث حالات :

١- دهن داخل الحبيبات ويسمى **Inner Core Fat** ومعظمه من الجليسيريدات الثلاثية .

٢- دهن غشاء حبيبة الدهن ويسمى **lipid membrane** ويتركب أساساً من الفوسفوليبيد **Phospholipids** والتى تحتوى على الأحماض الدهنية طويلة السلسلة — كما يحتوى غشاء حبيبة الدهن على دهون أخرى مركبة أو دهون مشتقة وهى السيربروزيدات والكوليسترول والأسترولات والكاروتينات والفيتامينات الذائبة فى الدهن والأسكوالين والأنزيمات والزانثوفيل والشموع بالإضافة إلى آثار من النحاس والحديد.

٣- الدهون الحرة : **Free Fat** وتتراوح نسبته بين ٠,٢ ، ٠,٣ ٪ من وزن الدهن وهو ينتج من عدم اكتمال غلاف حبيبة الدهن أو تمزقه أثناء عمليات النقل والتداول نتيجة لحدوث الرج.

العوامل المؤثرة على حجم حبيبة الدهن

العوامل التى تؤثر على حجم حبيبة الدهن وبالتالى تؤثر على حجم ونسبة الدهن تشمل ما يلى :

١- نوع الحيوان

يختلف حجم حبيبة الدهن باختلاف نوع الحيوان فاللبن الجاموسى حبيبات الدهن فيه حجمها أكبر من حجم حبيبة الدهن فى الأبقار وكذلك الأبقار أكبر من الأغنام والأغنام حبيبة الدهن فيها ذات حجم أكبر من الماعز وبالتالى لا يصلح لبن الماعز والأغنام للترقيد لأنه يحدث فقد كبير فى الدهن لصغر حجم حبيبة الدهن حيث أن سرعة صعودها تكون أقل من سرعة صعود الحبيبات ذات الحجم الكبير ولذلك يفضل فرز لبنهم.

٢- سلالة الحيوان

لسلالة الحيوان تأثير على حجم حبيبة الدهن حيث نجد أن الأبقار مثل الجرسى — الجرنسى حجم حبيبة الدهن فيها كبيرة ولكنها صغيرة فى سلالة الفريزيان، والأيرشير والشورتهورن وسطا بينهم كما تختلف حجم حبيبة الدهن داخل نفس النوع أيضاً.

٣- التغذية

تتأثر حجم حبيبة الدهن بنوع التغذية التى تتغذى عليها الحيوانات فالتغذية على عليقة خضراء أو مركزة كالكسب تعطى لبن ذات حبيبة دهن أكبر وبالتالى سرعة صعود الحبيبات أعلى وبالتالى تكوين طبقة قشدة كبيرة ومتماسكة ونسبة دهن أعلى وعلى العكس من ذلك حيث التغذية على عليقة غير مركزة أى عليقة فقيرة مثل الدريس الجاف فتعطى لبن ذو حبيبات دهن ذات حجم أقل وبالتالى نسبة دهن أقل .

٤- موسم الحليب

من الملاحظ دائماً أن حجم حبيبة الدهن يقل تدريجياً بعد نصف موسم الحليب فى اتجاه نهاية موسم الحليب وبالتالى لا يوصى بعمل قشدة من اللبن فى نهاية موسم الحليب.

٥- اللزوجه

زيادة اللزوجة تقلل من سرعة صعود حبيبات الدهن وبالتالى قلة المحصول وبالتالى فأى عامل يقلل اللزوجة سيزيد من المحصول الناتج وهذه العوامل تشمل :

أ - الحرارة

عندما تنخفض لا يؤدى ذلك إلى قلة المحصول وحيث هناك علاقة طردية بين الكثافة واللزوجة حيث أنهما عامل ذو حدين فهى مفيدة حيث تزيد الفرق بين ث$_1$ وث$_2$ أى كثافة الدهن) كثافة اللبن الفرز وبالتالى يزيد المحصول وضار فى أنه يزيد اللزوجة فيقل المحصول إذا المحصلة تساوى صفر.

ب - التلوث بالميكروبات

خصوصاً الميكروبات التى تعطى قوام خيطى تزيد اللزوجة وبالتالى تؤثر على اللزوجة .

جـ - عوامل أخرى تشمل

إضافة مواد تزيد اللزوجة — إضافة المنفحة — المعاملة الحرارة أى اللبن المعقم حيث المعاملة الحرارية "التعقيم" تزيد لزوجة اللبن .

٦- إجراء عملية القرقرة

تشمل عملية الحليب إجراء عملية القرقرة وتعتبر عملية هامة جداً حيث أنها تحدث فى نهاية عملية الحليب ونجد أن اللبن الناتج منها عالى جداً فى نسبة الدهن نتيجة لانفجار الغدد اللبنية بعد تفريغ الضرع من اللبن

وإزالة الضغط الواقع عليها فيحدث انفجار لها ويكون اللبن الناتج فى هذه الحالة عالى فى نسبة الدهن وبالتالى تزيد نسبة الدهن وحجم المحصول .

- أهمية دهن اللبن

يمكن إيضاح أهمية دهن اللبن وذلك من خلال النقاط الآتية :-

١- مصدر للطاقة Energy حيث وجد أن ١جرام من الدهن يعطى طاقة مقدارها ٣٧ كيلو جول.

٢- يعتبر مصدراً للأحماض الدهنية الأساسية مثل أحماض اللينوليك واللينولينيك "Essential Fatty acids".

٣- يعتبر مصدراً هام للفيتامينات وخاصة الفيتامينات الذائبة فى الدهن وهى أ، د ، هـ ، ك Fat-Vitamines (A,D,E,K).

٤- له قيمة اقتصادية Economical Value حيث يعتبر أغلى مكونات اللبن سعراً.

٥- له قابلية للفرد فى الجبن المطبوخ وزبد المائدة.

٦- يعتبر مادة تصنيع كثيراً من المنتجات الدهنية ومن هذه المنتجات الدهنية القشدة والزبدة والسمن.

٧- يعتبر مصدراً جيداً للفوسفور الذى يستخدم فى بناء العظام.

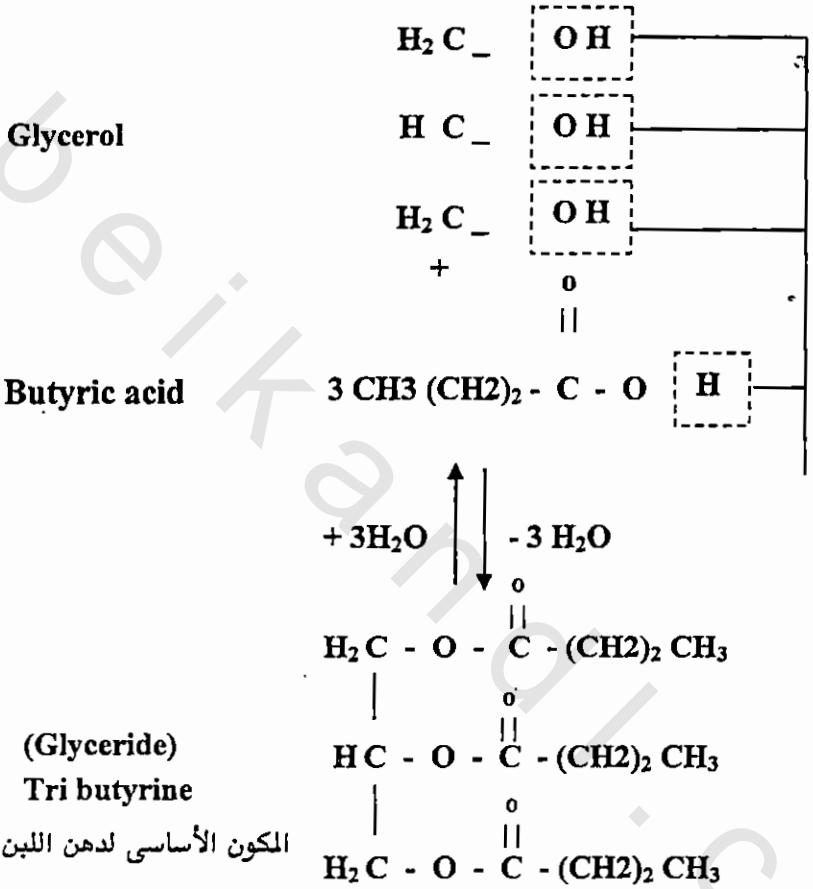
٨- يعمل على خفض التوتر السطحى مما يساعد على استحلاب الدهن بالوسط المائى مما يعمل على ثبات عملية الخفق فى الآيس كريم والقشدة المخفوقة.

٩- يعمل كمضادات للأكسدة.

- تركيب جزىء دهن اللبن من الناحية الكيماوية

- وجد أن جزىء دهن اللبن من الناحية الكيماوية يتركب من جليسريدات ثلاثية "Tri-glycerides" ووجدان كل جلسيريد يتكون من ارتباط الجليسرول بحمض دهنى خاص. ويلاحظ أن هذا التفاعل الكيماوى يتدرج تحت قائمة

تكوين الاسترات حيث وجد أن الجلسيريدات هى استرات الأحماض مع الكحولات حيث وجد هنا أن الحمض هو حمض دهنى والكحولات هى الجليسرولات ويمكن توضيح ذلك من خلال المعادلة الآتية :



ويلاحظ أن ارتباط الحامض الدهنى البيوتريك بالجلسيريد أهم ما يميز دهن اللبن عن الدهون الأخرى. كما يجب الإشارة إلى أن دهن اللبن يحتوى أيضاً على كل من الكوليسترول وهذا الذى يميزه عن استيرولات الدهون النباتية الأخرى. بالإضافة إلى أنه يرتبط به أيضاً الفيتامينات الذائبة فى الدهن وهى فيتامينات (E,D,A,K) بالإضافة إلى صبغة الكاروتين المسببة اللون الأصفر لدهن اللبن البقرى حيث أن الأبقار لا تستطيع تحويل الكاروتين إلى فيتامين أ —

وتشكل الجلسيريدات الثلاثية ٩٨ – ٩٩٪ من دهن اللبن أما بقية النسبة فهى تمثل الجلسيريدات الثنائية والأحادية وبعض الدهون المركبة مثل الفوسفوليبدات الداخلة فى تركيب غلاف حبيبة الدهن بالإضافة إلى نسب الفيتامينات الذائبة فى الدهن وبقية الدهون المركبة والمشتقة .

والدهن هو مجموعة من المواد الطبيعية العضوية لا تذوب فى الماء وتذوب فى مذيبات خاصة تسمى مذيبات الدهون مثل الإيثير البترولى والكلورفورم والبنزين وتوجد بها الأحماض الدهنية العالية (أى طويلة السلسلة الكربونية كأحد المكونات الرئيسية).

تقسيم الدهون

أولاً – دهون بسيطة

تحتوى على كربون وأيدروجين وأكسجين فقط وتقسم إلى :

١– استرات أحماض دهنية مع الجليسرول وتسمى جليسريدات ثلاثية.

٢– استرات أحماض دهنية مع كحولات غير الجيسرول وتسمى الشموع وكحولها يمكن أن يكون أليفاتى أو حلقى متجانس وهو أحادى مجموعة الكربوكسيل.

ثانياً - دهون مركبة

وهى تحتوى على عناصر أخرى مثل الفوسفور والنتروجين بالإضافة إلى الكربون والهيدروجين والأوكسجين وتقسم إلى :

١– دهون فوسفاتية (الفوسفوليبيدات) ويوجد منها نوعين :

أ – دهون فوسفاتية جليسرينية : وهى مشتقة من كحول الجليسرول وفيها يحل حمض الفوسفوريك وقاعدة نتروجينية محل أحد الأحماض الدهنية المتحدة بالجليسيرول.

ب – دهون فوسفاتية اسفنجية (السفنجوليبيد) : وهى مشتقة من كحول السفنجوزين طويل السلسلة والمحتوى على مجموعة هيدروكسبلية

ومجموعة أمين وهى تحتوى على حمض الفوسفوريك وتسمى سفنجوميلينات.

٢- ليبيدات بروتينية Proteolipids وتسمى الليبوروتين وهى معقد من البروتين والدهن .

٣- جليكوليبيدات (دهون كربوهيدراتية) ومشتقة من كحول سفنجوزين ولا تحتوى على الفوسفور وتحتوى حامض دهنى وسكر سداسى منها السبروزيدات.

ثالثاً - الدهون المشتقة derived lipids

وهى تشمل نواتج التحلل المائى من الأقسام السابقة بالإضافة إلى الستيرويدات Steroids والألدهيدات الدهنية والكيتونات والفيتامينات الذائبة فى الدهن وتسمى أحياناً بالمكونات الصغرى فى دهن اللبن.

والجدول التالى يبين نسب أقسام الدهن المختلفة فى ألبان الثدييات

جدول (٦) نسب وجود أنواع الليبيدات المختلفة فى ألبان الثدييات

الليبيد	٪ بالوزن
الجليسريدات الثلاثية Triglycerides	٩٨,٤
الجليسريدات الثنائية Diglycrides	٠,٣
الجليسريدات الأحادية Monoglycerides	٠,٠٣
الأحماض الدهنية الحرة Free fatty acids	٠,١
الفوسفوليبيدات Phospholipids	٠,٨
السيربروزيدات Cerebrosides	٠,١
الاستيرولات Sterols	٠,٣٢
الكاروتينويدات + فيتامين أ Carotenoids + vit.A	٠,٠٠٢

أولاً : الدهون البسيطة

أولاً : الجليسيريدات الثلاثية

معظم تركيب الدهن عبارة عن جليسيريدات ثلاثية حيث تمثل حوالى ٩٥ – ٩٨٪ من الدهن – وتوجد نسبة قليلة من الجليسريدات الأحادية والثنائية نتيجة لحدوث تحلل للدهن وتتكون الجليسريدات الثلاثية نتيجة اتحاد جزىء واحد من الجليسرول (كحول ثلاثى الأيدروكسيل) مع ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية بواسطة روابط إستر كما يلى :

$$\begin{array}{lcl} CH_2OH & & CH_2O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R \\ | & & | \\ CH-OH + & 3RCOOH \rightarrow & CHO-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R + 3H_2O \\ | & & | \\ CH_2-OH & \text{حامض دهنى} & CH_2O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R \end{array}$$

جليسرول — جليسريد ثلاثى

وتقسم الجليسريدات الثلاثية إلى :

- جليسريدات بسيطة وفيها تكون الثلاث أحماض دهنية المرتبطة مع الجليسرول من نوع واحد.
- جليسيريدات مختلطة وفيها تكون الأحماض الدهنية المرتبطة مع الجليسيرول من نوعين أو ثلاث أنواع.

obeikandl.com

مثال لـ جليسيريد بسيط

$$H_2 - C - OCOC_{17}H_{35}$$
$$|$$
$$H - C - OCOC_{17}H_{35}$$
$$|$$
$$H_2 - C - OCOC_{17}H_{35}$$

ثلاثى ستيارين أو ستيارين
Tristearin

مثـال لجليسيريد مختلط

$$H_2C - OCO - C_{17}H_{33}$$
$$|$$
$$HC - OCO - C_{17}H_{35}$$
$$|$$
$$H_2C - OCO - C_{17}H_{33}$$

∝ أوليو α – B بالميتوستيارين

أو ∝ أوليو B ستيارو α بالمتيـن

أو B ستيارو ∝ – α أوليو بالميتين

التسمية فى الجليسيريدات البسيطة .

وواضح من التسمية أنه يذكر نوع الحامض مسبوقاً بثلاثى ومنتهيا بـ ين بـدلاً من يك فى الحامض ويمكن حذف كلمة ثلاثى من التسمية .

التسمية فى الجليسيريدات المختلطة .

بدل من (يك) فى الحامض يوضع (و) وتصبح ستياريك ستيارو وأوليـك أوليـو أما الحامض الذى فى طرف التسمية فيوضع فيه ين بدل يك .

ويجب أن يشير إلى موضع مجاميع الهيدروكسيل فى الجليسرول التى إتصل بها الحامض الدهنى ويعبر عن هذه المواضع بمواضع ذرات الكربون التى اتصلت بها مجموعة الهيدروكسيل وهى بالترتيب ∝ ، B ، α' ويمكن أن تستعمل بدلها أرقام ١ ، ٢ ، ٣ على التوالى . كما يمكن أن تستعمل يل بدلاً من يك للحامض الغير طرفى فتكون التسمية ∝ أوليك B ستياريل α' باليتين.

ويمكن للجليسريدات الثلاثية أن تتحلل مائياً جزئياً لتعطى جليسيريدات ثنائية أو أحادية كما يلى :

$H_2COCOC_{15}H_{31}$ | HC | $H_2CO \quad COC_{15}H_{31}$	H_2-COH | $HC-OCOC_{15}H_{31}$ | H_2C-OH
$\alpha-\overline{\alpha}$ ثنائى باليتين	B أحادى باليتين
$H_2C-OCOC_{17}H_{35}$ | $HC-OCOC_{17}H_{35}$ | H_2COH	H_2-C-OH | $HC-OH$ | $H_2C-OCOC_{17}H_{35}$
$\alpha-B$ ثنائى ستيارين	$\overline{\alpha}$ أحادى ستيارين
$H_2C-OCOC_{17}H_{35}$ | $H \quad C$ $H_2COCOC_{15}H_{31}$	
α أستارو – $\overline{\alpha}$ باليتين	

الأحماض الدهنية :

تنتج الأحماض الدهنية من النشاط الميكروبى فى كرش الحيوان وتنتقل إلى الخلايا الإفرازية خلال الدم والليمف — كما أنه جزء منها ينتج من التخليق فى الخلايا الإفرازية .

والأحماض الدهنية تتكون من سلسلة هيدروكربون ومجموعة كربوكسيلية — ويتراوح عدد ذرات الكربون من ٤ — ٢٤ ذرة وعدا استثناءات قليلة فجميع الأحماض الدهنية زوجية عدد ذرات الكربون even وربما يرجع ذلك إلى طريقة تخليقها والتى تتم بإضافة ذرتى كربون فى كل مرة أثناء زيادة طول السلسلة الكربونية وتصل نسبة الأحماض الدهنية فى دهن اللبن إلى ٨٥٪ والجليسيرول ١٢,٥٪ . وتنقسم الأحماض الدهنية إلى :-

الأحماض الدهنية طويلة السلسلة :

		نسبته فى دهن اللبن
مارسيتك	$ك_{١٤}$	١١٪
باليتيك	$ك_{١٦}$	٢٦٪
ستياريك	$ك_{١٨}$	١٠٪
أوليك	$ك_{١٨:١}$	٢٠٪

قصيرة السلسلة (١١٪)

بيوتريك	$ك_{٤}$	كابرويك	$ك_{٦}$
كابرليك	$ك_{٨}$	كابريك	$ك_{١٠}$

ويوجد عدد من الأحماض الدهنية شائعة الانتشار وهى الأوليك واللينوليل واللينولينيك والاستياريك وجميعها ذات ١٨ ذرة كربون — وحامض الباليتيك والباليتاوليك وهى ذات ١٦ ذرة كربون والجدول يبين محتوى اللبن من الأحماض الدهنية مقسمة حسب درجة تشبعها .

ودهن اللبن هو الدهن الوحيد الذى يحتوى على حامض البيوتريك — كما أنه يحتوى على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية المنخفضة الوزن الجزئى (ك$_{4}$ إلى ك$_{10}$) وترجع إلى هذه الأحماض النكهة المميزة التى تميز دهن اللبن ويوجد بدهن اللبن ١٠ أحماض دهنية رئيسية توجد بتركيز مرتفع ويرجع إليها الخصائص المميزة لدهن اللبن.

جدول (٧) للأحماض الدهنية فى دهن لبن الحيوانات المختلفة والزيوت النباتية

الأحماض الدهنية	عدد ذرات الكربون	ألبان						بذور نباتات			
		أبقار	ماعز	جاموس	أغنام	الإنسان (الأم)	جوز الهند	الذرة الصفراء	فول الصويا	الزيتون	القطن
البيوتيريك	٤	٣,٣	٢,٦	٣,٦	٤,٠	- - -	- -	- -	- -	- -	- -
الكابويك	٦	١,٦	٢,٩	١,٦	٢,٨	آثار	٠,٤	- -	- -	- -	- -
الكابريلك	٨	١,٣	٢,٧	١,١	٢,٧	آثار	٨,٠	- -	- -	- -	- -
الكابريك	١٠	٣,٠	٨,٤	١,٩	٩,٠	١,٣	٧,٠	- -	- -	- -	- -
اللوريك	١٢	٣,١	٣,٣	٢,٠	٥,٤	٣,١	٥٣,٠	- -	- -	- -	- -
الميرستيك	١٤	٩,٥	١٠,٣	٨,٧	١١,٨	٥,١	١٦,٩	آثار	- -	- -	١,١
البالمتيك	١٦	٢٦,٣	٢٤,٦	٣٠,٤	٢٥,٤	٢٠,٠	٨,٥	١٣,٠	١١,٠	١٠,٠	٢١,١
الإستياريك	١٨	١٤,٦	١٢,٥	١٠,١	٩,٠	٥,٩	٢,٠	٣,٠	٤,٠	٢,٠	٢,٣
الإكيدونيك	٢٠	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
الأوليك	١٨ ١	٢٩,٨	٢٨,٥	٢٨,٧	٢٠,٠	٤٦,٤	٤,٢	٣١,٠	٢٢,٠	٧٨,٠	٢٢,٨
اللينوليك	١٨ ٢	٢,٤	٢,٢	٢,٥	٢,١	١٣,٠	١,٣	٥٢,٠	٥٣,٠	٧ ٠	٤٨
اللينولينيك	١٨ ٣	٠,٨	- -	٢,٥	١,٤	١,٤	آثار	١,٠	٨,٠	١,٠	٣,٤
غير معرفة		٤,٣	٢,٠	٦,٩	٦,٤	٣,٦	- -	- -	٢,٠	٢,٠	- -

مميزات الأحماض الدهنية المكونة لدهن اللبن :

١- يحتوى دهن اللبن على حامض البيوتريك الذى لا يوجد فى غيره من الدهون.

٢- لا يحتوى على أحماض ذات ذرات كربون أقل من البيوتريك.

٣- تحتوى على عدد زوجى من ذرات الكربون ولذلك أهمية تصنيعية خاصة.

٤- تحتوى على أحماض طيارة قابلة للذوبان فى الماء بنسبة عالية.

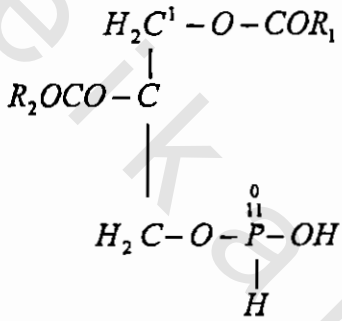
٥- تحتوى أحماض طيارة غير قابلة للذوبان فى الماء بنسبة منخفضة.

ثانياً : الدهون المركبة

٢-١ دهون فوسفاتية (الفوسفوليبدات).

٢-١-أ – دهون فوسفاتية جليسرينية .

وهى فوسفوليبيدات مشتقة من كحول الجليسرول فهى عبارة عن أستر الجليسرول مع حامض الفوسفوريك وحامضين دهنين أحدهما مشبع والآخر غير مشبع ويتحد حامض الفوسفوريك مع مجموعة كحولية لبعض القواعد النتروجينية.

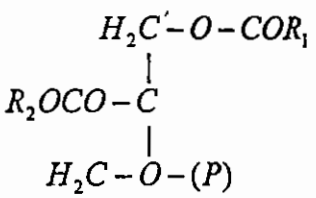


حامض فوسفاتيديك

L - ∝ - Phosphatidic acid

وذرة الكربون الثانية غير متناظرة ولذلك يوجد منه متجانسان D,L والأول هو الشائع فى الطبيعة والأسترة بحامض الفوسفوريك يمكن أن تحدث مع مجموعة (HO) الوسطية فيكون من النوع B إلا أن الشائع هو $\overline{\alpha}$:

الرمز العام للفوسفوليبيدات



(R_1) حامض دهنى مشبع

(R_2) حامض دهنى غير مشبع

(P) حامض فوسفوريك متحد مع قاعدة نتروجينية

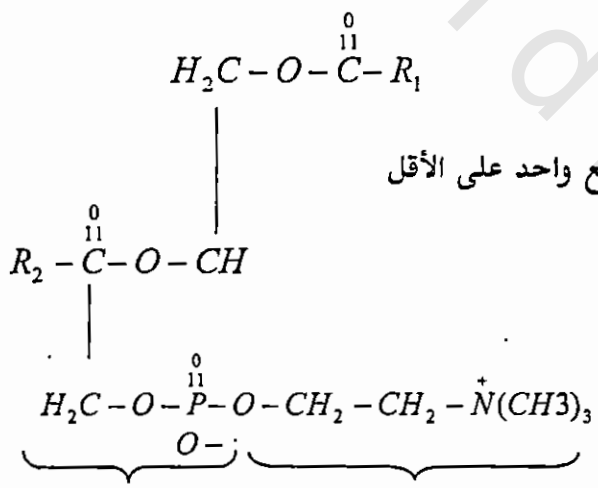
القواعد النتروجينية التى ترتبط مع حمض الفوسفوريك والمركبات الناتجة منها :-

١- الكولين **Choline** وينتج عن ذلك مركب الليسيثين.

٢- السيرين **Serine** ويدخل فى تركيب السفالين **Cephalin**.

٣- اثيانولامين **ethanolamine** يدخل فى تركيب نوع آخر من السيفالين.

كما يوجد قواعد أخرى مثل الثريونين والهيدروكس برولين ومركبات مشابهة للكربوهيدرات فى تركيبها الحلقى السداسى الانيوستيول وفى التسمية يلحق اسم المركب المرتبط مع وحدة الفوسفاتيديل فيقال على الليثين فوسفاتيديل كولين **Phosopharidyl choline** وعلى السيقالين فوسفاتيديل إثيانول أمين أو فوسفاتيديل سيرين (حسب القاعدة الزوجية المرتبطة) الليسيثينات مجموعة من المركبات تختلف نتيجة لتنوع الأحماض الدهنية الموجودة بها ومن أهم هذه الأحماض الإستياريك – باليتيك والأوليك واللينوليك واللينولينل وأراكيدونك واللسيثين جامد شمعى عديم اللون ولكنه يتلون .



R_1 حمض دهنى مشبع

R_2 حامض دهنى غير مشبع واحد على الأقل

حمض الفوسفاتيديك Phosphatidic acid

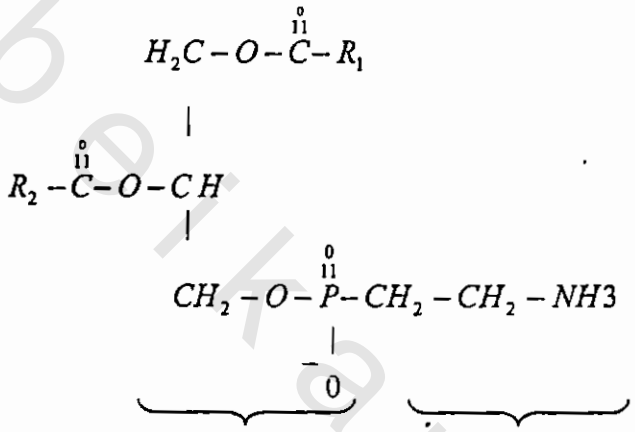
Choline كولين

L - ∝ Lecithin (Phosphatidyl Choline)

ل – ألفاَ ليسثين (فوسفاتيديل كولين)

عند تعرضه للهواء والضوء — والليسيثين ضرورى لتخليق مركب أستيل — كولين اللازم لنقل الدفعة العصبية. والسفالين يحتوى على كمية أكبر من الأحماض الدهنية الغير مشبعة عن الليسيثين وفيما يلى الصبغة البنائية للسيفالين.

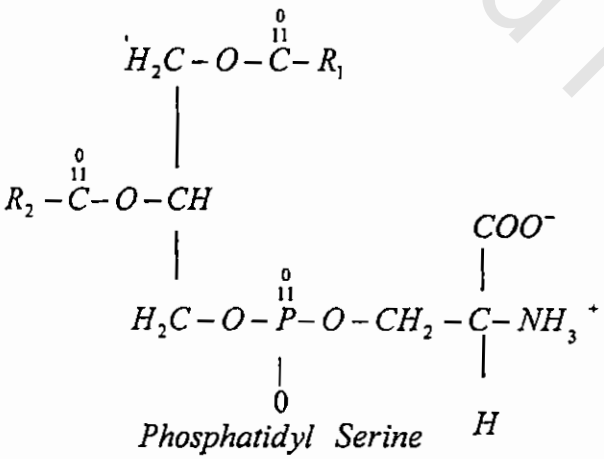
السيفالين



(*Cephalin*)

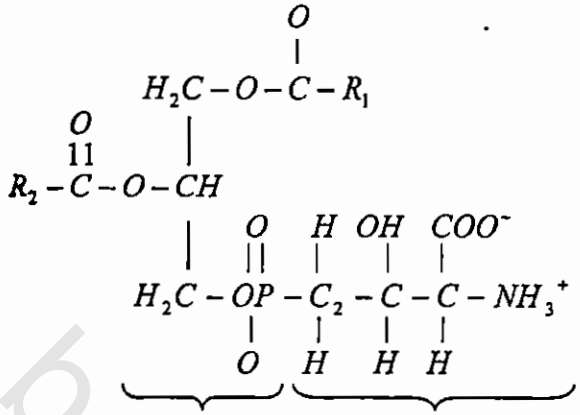
حمض الفوسفاتيديك — إيثانول أمين

Ethanolamine



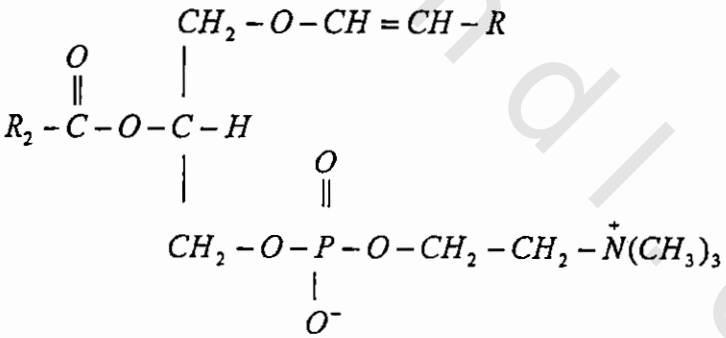
Phosphatidyl Serine

(*CePhalin*) السفالين



حمض الفوسفاتيديك ثريونيـن
Phosphatidyl *Therionine*
فوسفاتيديل ثريونين

وتحتوى السيفالينات على أحماض دهنية غير مشبعة أكثر من الليسيثينات وأحد أنواع الدهون الفوسفاتية هو البلازمالوجينات Plasmalogens وهى تحتوى على مجموعة ايثرية والدهيد ذو سلسلة اليفاقية طويلة وصيغته كما يلى :



بلازمالوجين (وهو نوع من الفوسفاتيديل كولين)

الفوسفوليبدات توجد فى دهن اللبن بنسبة صغيرة ورغم ذلك فهى تعتبر عامل هام وحيوى ويكون وجودها أساسً فى غلاف حبيبة الدهن وفى مادة أنسجة أخرى ويوضح (3) **Table** نسب مكونات الفوسفوليبدات فى الأنواع المختلفة من الثدييات.

جدول ٨ نسب وجود مكونات الفوسفوليبدات فى ألبان الثديات المختلفة بالنسبة للفوسفاليبيدات الكلية .

من الجدول السابق يتضح أن مكونات الفوسفوليبيدات ونسب وجودها فى ألبان الثديات المختلفة. وعموماً تتركب أو تحتوى الفوسفاليبيدات على المركبات التالية : الفوسفاتيديل كولين، فوسفاتيديل إيثانول أمين، الفوسفاتيديل سيرين، إسفنجوميلين، الفوسفاتيديل إينوسيتول، أيزوفوسفوليبيدات وبالإضافة إلى هذه المركبات العضوية أثبتت التجارب وجود حامض الفوسفوريك حيث أنه يعتبر أحد مكونات اللبن ويدخل فى تركيب الفوسفوليبيدات أى أن مصدر حامض الفوسفوريك فى اللبن هى الفوسفوليبيدات، حيث يتحد مع القواعد الأمينية مثل الاتحاد مع قاعدة الكولين ولكن قد تتحد أحماض أخرى غيره مع القواعد الأمينية ولكنه قد لوحظ أن لبن الأبقار ولبن الجاموس قد لا يحتوى عليه أما لبن الماعز ولبن الأغنام فيحتوى على كميات بسيطة منه.

طريقة ارتباط حامض الفوسفوريك بالقواعد الأمينية :

يرتبط حامض الفوسفوريك كالآتى :

يرتبط مع ذرة الكربون الوسطى للجلسيرول فى المركب سيفالين، فتصبح غير نشطة أما قاعدة سفنجونين فى جزىء الأسفنجوميلين فلها مجموعتين من الهيدروكسيل وخلالهما يمكن لحامض الفوسفوريك أن يرتبط .

والبلازمالوجين فتعتبر ليبيدات فى المملكة الحيوانية والتى عند تحللها تعطى الدهيدات.

ويظهر ثلاث خواص للفوسفوليبيدات تجعل من الصعب دراستها .

١- هناك أكثر من نوع من الفوسفوليبيدات.

٢- توجد على حالة اتحاد مع البروتين.

٣- ليست ثابتة ضد الأكسجين.

ونظراً لأن الفوسفوليبيدات تتركز فى غلاف حبيبة الدهن فإنه عند فرز اللبن يوجد ثلث الفوسفوليبيدات فى اللبن الفرز والثلثين مع القشدة.

أهمية الفوسفوليبيدات

تفيد فى أداء الوظائف البيولوجية وهى :-

عملية تجلط الدم — تفيد فى بعض أنواع التخزين للأحماض الدهنية والفوسفات، مصدر للكولين فى الأنسجة العصبية — عنصر أساسى فى تركيب الخلية لها دور فى تمثيل ونقل الأحماض الدهنية.

خواص الفوسفوليبيدات

للفوسفوليبيدات خواص مميزة لها، وهذه الخواص ناتجة عن طبيعة تركيبها، أى المواد الداخلة فى تركيبها، وهذه الخواص هى :-

١- لا تذوب فى الماء وتذوب فى مذيبات الدهون. ولكن يمكن استخدامها لتكون محاليل غروية أو معلقات. وتعتبر مركبات الليسيين والسفالين محبة للماء **hydrophilic**، وتذوب عموماً فى مذيبات الدهون ولكن هناك شواذ لهذه القاعدة وأهمها أنها تذوب قليلاً فى الأسيتون وتستعمل هذه الخاصية لفصل الفوسفوليبدات عن الدهون، كذلك الأسفنجوميلين تذوب قليلاً فى الأثير، وتفصل السيفالين بالكحول نظراً لذوبانها المحدود فى الكحول ومن المعروف الآن أن الفوسفاتيديل إيثانول أمين تذوب فى الكحول ثم تليها الفوسفاتيديل سيرين ثم الأنيوسيتول التى تعتبر أقلها ذوباناً فى هذا المذيب.

٢- من الناحية الكيميائية تعتبر الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة فى الفوسفوليبيدات أكثر عرضة للأكسدة إذا كانت متحدة بالجليسريدات الثلاثية.

نوع الأحماض الدهنية الغير مشبعة فى الفوسفوليبيدات

الأحماض الدهنية الغير مشبعة الموجودة تكون فى الوضعين ألفاوبيتا فى الجليسروفوسفوليبيدات للبن وهذا على عكس ذلك الموجود بالشقوق الدهنية الأخرى والتى تحتوى عادة على الأحماض الغير مشبعة فى الوضع ألفا. وتدل الشواهد على أن الأحماض الدهنية الموجودة فى الفوسفوليبيدات مغايرة لتلك

الموجودة فى بقية دهن اللبن فلا توجد الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة. كما استدل على وجود كميات وفيرة من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع فى الفوسفوليبدات.

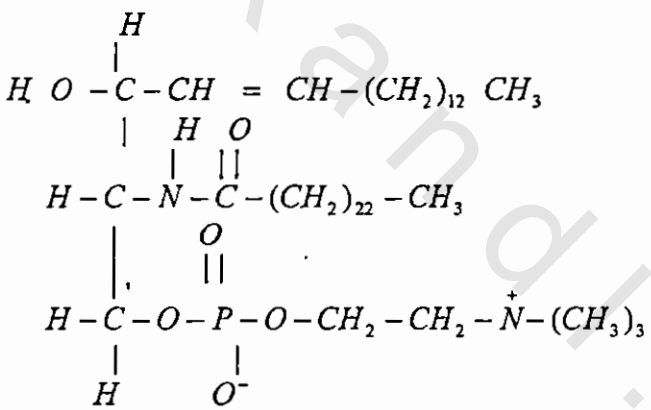
ثانياً – أ – ب – دهون فوسفاتية سفنجية

ويطلق عليها اسم سفنجومايلين وهى تحتوى بدل من الجليسرول على كحول أمينى هو السفنجوزين مرتبط به وحدة من حامض الفوسفوريك ويرتبط مع حامض الفوسفوريك قاعدة نتروجينية هى الكولين – كما يرتبط مع السفنجوزين أحد الأحماض التالية برابطة اميدية.

الليجنوسيريك $CH_3(CH_2)_{22}COOH(Lignoceric)$

النرفونيك $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{13}COOH(nervonic)$

الهيدروكس ستياريك



سفنجومايلين

ثانياً – ٢ – دهون مركبة غير فوسفاتية

الجليكوليبدات

وهى أحد أقسام الدهون السفنجية (السفنجوليبيد) حيث يدخل فى تركيبها كحول السفنجوزين يرتبط معه سكر الجلكوز وأحد الأحماض الدهنية التالية :

سربرونيك Cerebronic

ليكنوسيريك

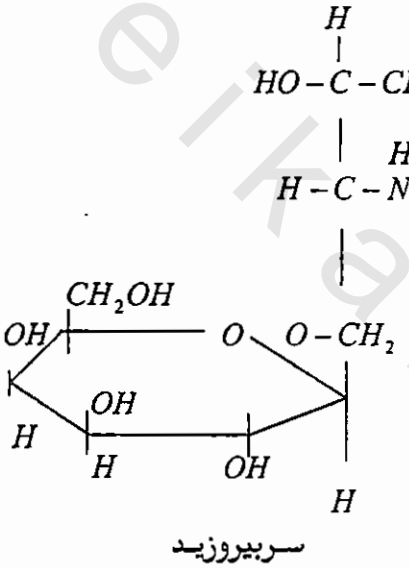
نرفونيك nervonic

أوكس فرفونيك Oxy nervonic

نيورامينيك neuraminic

ومن أنواعها السربروزيد الذى يدخل فى تركيبه حامض السربرونيك

الصيغة البنائية للسربيروزيد



سربيروزيد

الخواص الطبيعية للدهون Lipid Physical Properties

يمكن تلخيص الصفات الطبيعية لدهن اللبن فى الآتى :

الكثافة عند ٢٠° : ٩١٥ كجم / متر ٣

معامل الانكسار عند (٥٨٩ نانومتر) : ١،٤٦٢ والتى تنخفض بزيادة درجة الحرارة.

ذوبان الماء فى الدهن ٠،١٤٪ (وزن / وزن) عند ٢٠°م ويزيد بزيادة درجة الحرارة.

obeikandl.com

التوصيل الحرارى : تقريباً ٠,١٧ جول /متر/ثانيه/ درجة الكيفن.
الحرارة النوعية عند ٤٠°م : تقريباً ٢,١ كيلو جول / كجم / كيلفن .
التوصيل الكهربى < ١٠-١٢ أو م -١ -١
ثابت الكهربية ٣,١

على درجة حرارة الغرفة يكون الدهن صلب ولذلك يطلق عليه دهن بالمقارنة بالزيت الذى يكون سائل على درجة حرارة الغرفة — درجة حرارة الانصهار للجليسيرات المنفردة تتراوح من —٧٥°م للجليسيريدات الثلاثية لحمض البيوتريك، ٧٢°م للجليسريدات الثلاثة لحمض الأستياريك، بينما درجة الانصهار دهن اللبن النهائية هى ٣٧°م لأن الجليسيريدات الثلاثية ذات نقطة الانصهار المرتفعة تذوب فى الدهن السائل. وهذه الدرجة مناسبة لأن جسم الحيوان درجة حرارته ٣٧°م ويحتاج أن يكون اللبن سائل على هذه الدرجة ومنحنيات الانصهار لدهن اللبن تكون معقدة بسبب تركيب الدهن المتعدد.

ووضع الرابطة الغير مشبعة ترانس يزيد نقطة الانصهار.

السلسلة ذات ذرات الكربون الفردية العدد والمتفرعة تخفض نقطة الانصهار.

ويتضح من جدول (٩) أنه كلما زاد الوزن الجزئى للحامض الدهنى كلما قلت صفة التواجد على الحالة السائلة عند درجات الحرارة العادية والقابلية للذوبان والتطاير — والأحماض المشبعة تشتمل على ثلاث أحماض متطايرة ذات أوزان جزيئية منخفضة وعدد ذرات كربون حتى ٨ ويعزى إلى هذه الأحماض رائحة دهن اللبن أما الأحماض الدهنية الغير مشبعة فهى غير متطايرة وغير ذائبة وسائلة وهى أكثر عرضة للأكسدة نظراً لاحتوائها على الرابطة الزوجية.

وقد وجد أن ٦٨,٥٪ من الأحماض الدهنية بدهن اللبن تشمل ثلاثة أحماض فقط هى الاستياريك (١٠,٧٪) والباليتيك (٢٥,٤٪) والأوليك ٣٢,٤٪ والأخير هو حامض غير مشبع ويعتبر أكثر الأحماض الغير مشبعة تركيز فى دهن اللبن.

التبلـور Crystallization

تبلور دهن اللـبن يحـدد بدرجـة كـبيرة ثبـات حبيبـة الـدهن وتكـوين المنتجات العالية فى نسبة الدهن. وسلوك التبلور لدهن اللـبن ذو طبيعـة معقـدة نظراً للمدى الواسع لانصهار الجليسيريدات الثلاثية، وتوجـد ٤ أشـكال لتبلـور دهن اللبن هى Alpha, Beta, $Beta_1'$, $Bera_2'$ ولكن الشكل Alpha هـو الأقـل ثباتا ونادراً ما يوجد، والصورة B' تعتبر مرغوبة عنـد تجهيـز منتجـات دهنيـة معينة مثـل Shortening أو Margarine التـى تـدخل فـى منتجـات الخبيـز حيث تساعد هذه الصورة :

فى إدخال كميات كبيرة من الهواء على هيئة فقاعـات هوائيـة صـغيرة تـساعد فـى عمليـة التخمـر والرفـع لهـذه المنتجـات وتكـسب العجـين والمنـتج الخاصية البلاستيكية والملمس الكريمى.

جدول (٩) :

يوضح ٪ لأهم الأحماض الدهنية الموجودة فى دهن اللبن ودرجة انصهارها

اسم الحامض الدهنى		عدد ذرات الكربون	٪	درجة الانصهار (°م)
الأحماض المشبعة Saturated				
البيوتريك	Butryic	٤	٨,٥	٨ –
الكابرويك	Caproic	٦	٤,٠	٤ –
الكابريلك	Caprylic	٨	١,٨	١٦,٣
الكابريك	Capric	١٠	٣,٠	٣١,٣
الليوريك	Lauric	١٢	٣,٦	٤٤,٠
الميرستيك	Myristic	١٤	١٠,٥	٥٤,٠
البالمتيك	Palmitic	١٦	٢٣,٥	٦٣,٠
الاستياريك	Stearic	١٨	١٠,٠	٦٩,٦
الأحماض الأحادية عدم التشبع Monounsaturated				
البالميتوليك	palmitoleic	١٦ : ١	١,٤	٠,٥
الأوليك	Oleic	١٨ : ١	٢١,٠	١٦,٣
الأحماض الثنائية عدم التشبع Diunsaturated				
اللينوليك	Linoleic	١٨ : ٢	١,٨	٥ –
الأحماض عديدة التشبع Polyunsaturated				
اللينولينيك	Linoleinic	١٨ : ٣	٠,٤	١٤,٤ –
الباقى	Remainder		١٠,٥	

الخواص الوظيفية الغذائية والتصنيعية لدهن اللبن

ترتبط الوظائف الغذائية لدهن اللبن بمحتواه من الأحماض الدهنية والكوليسترول وكذلك محتواه من الفيتامينات الذائبة فى الدهن A,D,E,K وتمثل الأحماض الدهنية المشبعة حوالى ٧٠٪ بينما تمثل الأحماض الدهنية الغير مشبعة حوالى ٣٠٪، ولدهن اللبن خواص طبيعية محددة، تحد من وظيفته فى صناعة الغذاء وهذا يقلل من استخدامه على النطاق التجارى.

ويمكن تعديل وظائف دهن اللبن وإنتاج أجزاء بخصائص وظيفية محسنة.

وتوجد عدة طرق لتعديل وظائف دهن اللبن وتشمل :

١- عملية التجزئة Fractionation

٢- عملية خلط الدهون Blending of Fats

٣- عملية تبادل الأستر Interestrification

٤- عملية تحلل الجليسيريدات Glycerolysis

٥- عملية تعديل التركيب Texturization

وقد تم تطبيق هذه العمليات على دهن اللبن لتخليق مكونات لها وظائف خاصة مميزة ومن أكثر العمليات تطبيقاً فى أوربا على النطاق التجارى عملية التجزئة والخلط وتعديل التركيب.

١- طرق التجزئة

حيث أن دهن اللبن له مدى واسع من درجات الانصهار يتراوح من — ٤٠ إلى + ٤٠°م، وبذلك يمكن الحصول على سلسلة من التبلور لأجزاء الجليسيريدات التى تختلف فى نقطة انصهارها، حيث يحدث التبلور على درجة حرارة أقل من درجة انصهارها — وبالتالى يتم فصل الدهن إلى أجزاء متعددة تختلف فى درجة انصهارها، وذلك عن طريق التحكم فى درجات حرارة تبريد الدهن المنصهر وفصل البلورات المتكونة على درجات الحرارة المختلفة من التبريد، بواسطة الترشيح أو الطرد المركزى.

٢- عملية الخلط Blending

تجرى عملية الخلط لتكوين مكونات جديدة بوظائف مختلفة عن الدهون التى تم خلطها وتستخدم عملية الخلط لتعديل الخصائص الوظيفية للدهن مثل تعديل خواص الانصهار مثلاً لتصنيع زبد للحلويات ذو درجة الانصهار العالية باستخدام أجزاء دهن اللبن التى لها درجة انصهار مرتفعة — كذلك تستخدم عملية الخلط لتعديل الخواص الكيميائية للدهن حيث يتم إنتاج دهون مركبة تناسب أغراض غذائية معينة.

وأحياناً تستعمل عملية الخلط لخفض السعر أو لتوحيد صفات الدهن.

ويمكن خلط أجزاء من دهن اللبن مع بعضها أو خلط دهن اللبن مع دهون أخرى.

٣- تبادل الأستر

تستخدم عملية تبادل الأستر لتعديل الخصائص الوظيفية لدهن اللبن حيث يمكن عن طريقها الحصول على أنواع معينة من الدهن ذات مواصفات محددة مثل إنتاج دهون للحلويات — أو المارجرين أو بدائل زبدة الكاكاو أو إنتاج جليسيريدات ثلاثية مشبعة كلية. .

٤- تحلل الجليسيريدات Glycerolysis

وهى طريقة تستخدم لتعديل التركيب الكيماوى للجليسيريدات حيث يتم تحليل الجليسيريدات كيميائياً على درجة حرارة ٢٠ °م فى وجود مادة تساعد على التفاعل (محفز) مثل هيدروكسيد الصوديوم. وممكن أن يتم التحلل أنزيمياً باستخدام أنزيمات **Lipase, Dehydrogenase, desaturase** .

ويتحكم فى هذه العملية لإنتاج الدهن ذو الخصائص المطلوبة. ونوع الأنزيم — تخصصه، تركيزه — **PH** — درجة الحرارة — كمية الماء — المادة الدهنية وخواصها .

٥- عملية تعديل التركيب

تستخدم هذه العملية لتعديل القواعد والتركيب للدهن وتعرف بعملية **Plasticzation** — وهى تنتج مكونات تختلف فى التركيب والمحتوى الدهنى والتركيب البلورى ودرجة الصلابة عن الدهن الأصلى .

فساد دهن اللبن :

يحدث فى دهن اللبن بعض التغيرات غير المرغوبة فى الطعم بسبب حدوث بعض التفاعلات الكيماوية فيه، نتيجة لزيادة فترة حفظه، أو عدم ملائمة ظروف التخزين أو الاثنين معاً.

ونتيجة لذلك تفقد المنتجات قيمتها الاقتصادية ويعرف ذلك بالتزنخ ويوجد ثلاث أنواع من التزنخ :

- تزنخ مائى .
- تزنخ أكسيدى .
- تزنخ كتيونى .

أولاً : التزنخ المائى : Hydrolytic Rancidity

يحدث تحلل مائى فى الدهن بفعل أنزيم الليبيز الذى يكون مصدر من اللبن أو ميكروبىْ وينطلق نتيجة لهذا التحلل أحماض دهنية طيارة ذات رائحة قوية وأهمها حمض البيوتريك .

$$\begin{array}{l} CH_2-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R_1 \\ | \\ CH-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R_2 \\ | \\ CH_2-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R_3 \end{array} + 3H_2O \rightarrow \underset{\text{جليسيرين}}{C_3H_5(OH)_3} + \begin{array}{l} R_1\ COOH \\ R_2\ COOH \\ R_3\ COOH \end{array}$$

جليسيريد ثلاثى — أحماض دهنية

٢- التزنخ الكيتونى Ketonic Rancidity

يحدث هذا التزنخ بفعل بعض أنزيمات الأكسدة حيث يحدث أكسدة للأحماض الدهنية المشبعة المنخفضة فى الوزن الجزئى وينتج كيتونات الميثيل. ويزيد من هذا الفساد ارتفاع الحرارة ووجود الضوء والأوكسجين.

$$CH_3(CH_2)_4CH_2-CH_2-COOH+O_2$$

$$\downarrow$$

$$CH_3(CH_2)_2C-\ CH_2\ \ COOH$$

$$\downarrow$$

$$CH_3(CH_2)_2C-\ CH_3+CO_2$$

obeikandi.com

٣- التزنخ الأكسيدى Oxidative Rancidity

يعرف أحياناً باسم عيب الطعم المعدنى Metallic أو عيب الطعم الشحمى Tallowy وفى هذا العيب تتكون فوق أكاسيد نتيجة للتأثير الكيماوى على الأحماض الدهنية الغير مشبعة بفعل الأكسجين حيث تحلل إلى الدهيدات أوكيتونات وهى المسئولة عن هذا العيب.

obeikandl.com

بروتينات اللبن Milk Proteins

يتكون بروتين اللبن من الكازين وبروتينات الشرش، وبروتين اللبن مثل أى بروتين يتركب من سلاسل ببتيدية، والتى تتكون من الأحماض الأمينية المرتبطة ببعضها بالروابط البيتدية حيث تقوم الرابطة البيتيدية بربط مجموعة الكربوكسيل من حامض أمينى، بمجموعة الأمين من الحامض الأمينى الآخر فى السلسلة البيتيدية. ويحتوى بروتين اللبن على الأحماض الأمينية الأساسية Essential amino acids والتى لا يستطيع الجسم تخليقها ويعتبر بروتين اللبن من البروتينات المرتفعة القيمة الحيوية Biological Value (وهى نسبة ما يمتصه الجسم من نيتروجين) حيث تصل إلى ٠,٩ ويصل معامل هضم بروتين اللبن إلى ٠,٩٦ Coefficient of digestibility والذى يدل على تميز بروتين اللبن بسهولة الهضم والامتصاص — وللبروتين خاصة هامة تجعله يتمتع بميزات عديدة مثل معادلة الحموضة الزائدة فى المعدة. هذه الخاصية هى الخاصية الأمفوتيرية حيث أنه يتفاعل مع الأحماض والقواعد ويتفاعل مع القواعد كحمض ومع الأحماض كقلوى وبذلك فهو له تأثير فى معادلة كلا من الحموضة والقلوية. كذلك يحتوى كازين اللبن على نسبة من فوسفات الكالسيوم التى تعمل كمنظم للـ PH حيث أنها تحفظ رقم الـ PH عند ٣,٧٥ وهو الـ PH المثالى لهضم البروتين.

ويحتوى بروتين اللبن على بروتينات المناعة. والتى لها دخل كبير فى زيادة المناعة ومقاومة الميكروبات مثل مواد اللاكتوفرين Lactoferin والليزوزيم Lysozyme.

أقسام بروتين اللبن :

نتروجين اللبن يوزع بين الكازين (٧٦٪) وبروتينات الشرش (١٨٪) والنتروجين اللابروتينى (٦٪) وهذه لا تشمل البروتينات الصغرى التى ترتبط مع غلاف حبيبة الدهن.

عزل شقوق البروتين

حيث أن الكارين يكون فى صورة معلق فى اللبن فيمكن فصله من باقى اللبن بواسطة قوة الطرد المركزى عند السرعات العالية جداً utracentrifuge (usually about 50,000 xg) أو أعلى – على أن يفصل الدهن أولاً بواسطة الطرد المركزى عند سرعة منخفضة غالباً (5,000 to 10,000 xg) حيث تنتج القشدة والراشح المائى وكرات الدم البيضاء وشوائب الراشح يسمى اللبن الفرز أو البلازما Plasma Phase كذلك يمكن فصل الكازين من اللبن الفرز عن طريق إضافة حامض HCL (أ عيارى) لخفض الـ PH إلى ٤,٦ (نقطة التعادل الكهربى للكازين) حيث يترسب الكازين.

وبعد فصل الكازين يمكن فصل بروتينات الشرش عن النتروجين اللابروتينى باستخدام خلات الصوديوم وحمض الخليك عند PH (5).

وكذلك يمكن فصل بروتينات اللبن وتصنيفها بواسطة استخدام طريقة الوزن الجزيئى Moleular mass (Mol Weight, in Kilo Delton). وإحدى طرق الفصل يستخدم فيها Plolyacrylamidgel electrophorsis، حيث يتم على أساس اختلاف شقوق البروتين فى الوزن الجزئى والبروتينات عالية الوزن الجزئى تهاجر ببطء فى الجيل وتبقى عند القمة أما البروتينات الأصغر فتهاجر بسرعة أكبر ناحية قاعدة الجيل. ويمكن أيضاً استخدام هذه الطريقة لمقارنة البروتين لأنواع مختلفة من الحيوانات كما فى الشكل الآتى.

The relative size of Casein = (~25 – 35 kda).

The relative size of B – lactoglobulin (18 Kda).

The relative size of a lactal Lbumin (14 Kda).

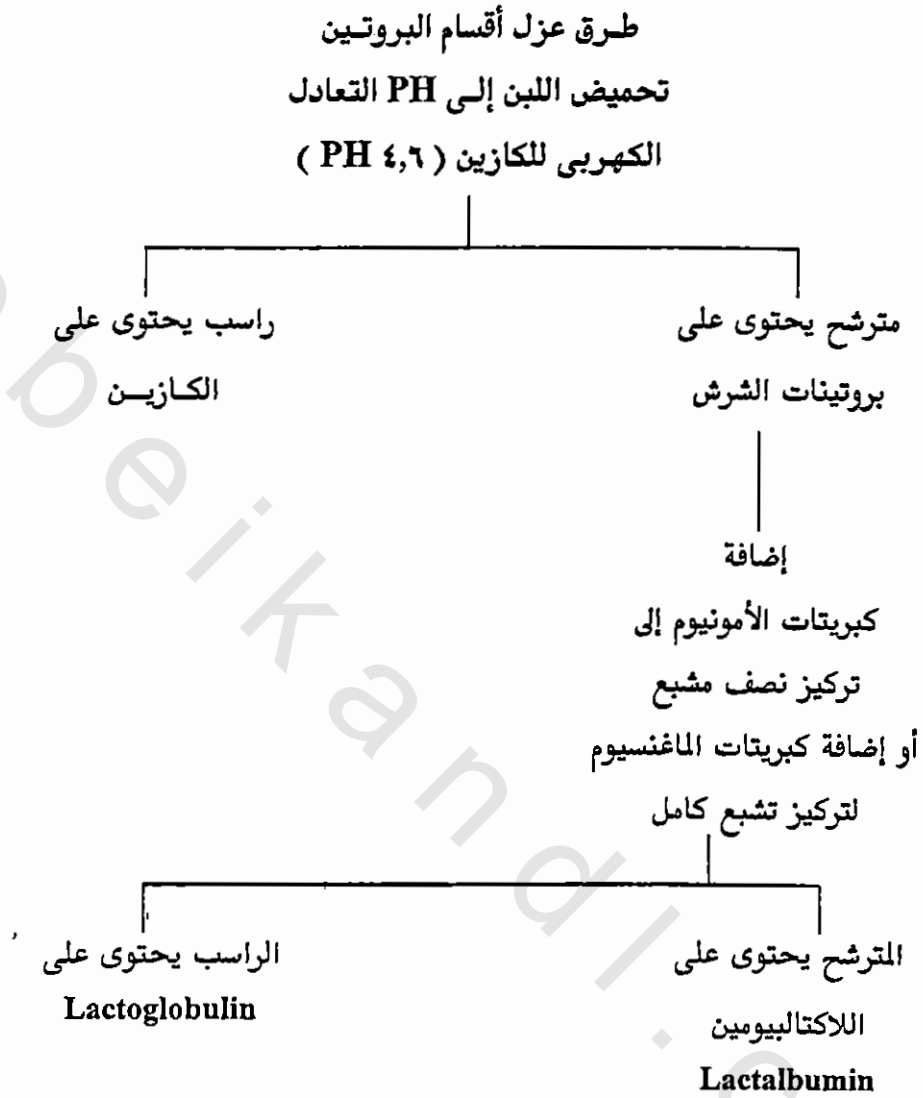
Other include primarily lactoferrin (80 Kda)

Serum albumin (~ 66 KDa).

(جدول ١٠) تركيزات الأقسام المختلفة لبروتين اللبن

البروتين	جرام/ لتر	٪ من البروتين الكلى
١- البروتين الكلى	٣٣	١٠٠
٢- الكازين	٢٦	٧٩,٥
الفا إس كازين	١٠	٣٠,٦
ألفا إس٢ كازين	٢,٦	٨, -
بيتا كازين	٩,٣	٢٨,٤
كابا كازين	٣,٣	١٠,١
٣- بروتينات الشرش	٦,٣	١٩,٣
الفالاكتا البيومين	١,٢	٣,٧
بيتا لاكتوجلوبيولين	٣,٢	٩,٨
البيومين مصل اللبن	٠,٤	١,٢
البيومين المناعة	٠,٧	٢,١
بروتيوز ببتون	٠,٨	٢,٤

obeikandl.com



الكازين : يوجد فى اللبن فقط ولا يوجد فى أى أغذية أو أنسجة أخرى الكازين بشكل ٨٠٪ من بروتين اللبن، وهو أهم أقسامه، وله تركيب خاص من الأحماض الأمينية مفيد فى النمو وهو يتكون من شقوق ألفا س, كازين، الفا س, كازين، بيتاكازين، كابا كازين.

obeikandl.com

والخاصية التى تتصف بها كل أقسام الكازين هى ترسيبها عند PH ٤,٦ – والعامل السائد فى الكازين هو أنه بروتين مرتبط وغالباً يكون الارتباط مع مجموعة فوسفات مرتبطة برابطة استر مع متبقى السيرين ومجموعة الفوسفات ذات أهمية فى تركيب جزىء الكازين.

وارتباط الكازين مع الكالسيوم يتناسب طردياً مع محتواه من الفوسفات.

وتكوين الكازين يشبه لدرجة كبيرة البروتين الكروى المدنتر denatured globular Protein – وارتفاع نسبة الحامض الأمينى برولين فى الكازين يسبب روابط مخصوصة تثبط تكوين الـ Close Packed فى التركيب الثانوى .

والكازين لا يحتوى على روابط كبريت ثنائية، ونتيجة لانعدام وجود التركيب الثالثى فى الكازين، تأثير فى ثبات الكازين ضد الدنترة بالحرارة، حيث يوجد قليل من التركيب لأن لا يطوى.

وفى غياب التركيب الثالث يكون فيه تعرية لشقوق كاره للماء، وهذا يوضح سبب عدم ذوبان الكازين فى الماء، وتميزه بتفاعلات ارتباطية قوية تمنعه من الذوبان فى الماء.

وبين أقسام الكازين توجد صفات مشتركة تميز كل منها كما يلى:

الفا إس١ كازين **alpha (s_1) casein** : الوزن الجزيئى ٢٣,٠٠٠ يوجد به ١٩٩ شق حامض أمينى منها ١٧ برولين، ويوجد فيه موقعين كارهين للماء تحتوى كل شقوق البرولين – وهو يفصل بواسطة المواقع القطبية والتى تحتوى على واحدة من مجموعات الفوسفات الثمانية – ويمكن ترسيبها عند مستويات منخفضة جداً من الكالسيوم.

الفا إس٢ كازين alpha (S_2) casein :

الوزن الجزئى له ٢٥,٠٠٠ يحتوى على ٢٠٧ شق حامض أمينى وعلى ١٠ شق برولين .

تتركز الشحنة السالبة عند النهاية الأمينية بينما تتركز الشحنة الموجبة عند النهاية الكربوكسيلية، وهو أيضاً يترسب بتركيزات منخفضة جداً من الكالسيوم.

البيتاكازين

الوزن الجزئى له ٢٤,٠٠٠ يحتوى على ٢٩ شق حمض أمينى، منها ٣٥ شق برولين .

موضع النهاية الأمينية يوجد عليه شحنة عالية أما موقع النهاية الكربوكسيلية فهو كاره للماء

الكابا كازين Casein—Kappa :

وزن الجزىء ١٩,٠٠٠، يوجد به ١٢٩ شق حمض أمينى منها ٢٠ برولين .

ثابت جداً للترسيب بالكالسيوم — فيعمل على تثبيت باقى الشقوق.

يتأثر بالرنين عند الرابطة Phe 105-Met 106 (فينيل ألانين ١٠٥ — ميثايونين ١٠٦) وينتج شقين شق محب للماء يطلق عليه كابا كازين، جلوكوميكروبيتيد (GMP) أو كازينوماكروبيتيد (CMP) — وشق كارهه للماء يسمى بارا كابا كازين.

جلوبيولينات المناعة : Immunoglabulins (Ig)

ومصدر الاختصار Ig هو أن الحرف الأول Immuno والثانى globulin وتشمل IgG_1 ، IgG_2، IgA، IgM وهى أصناف من Ig مقررة من منظمة الصحة العالمية، وجلوبيولينات المناعة تكون نسبتها مرتفعة جداً فى السرسوب، ومنخفضة جداً فى اللبن. وجلوبيولينات المناعة هى جزء من المناعة الطبيعية التى تنتقل إلى المولود عبر السرسوب فى كائنات كثيرة، وهى جزء من نظام المناعة فى الثدى التى تنتقل إلى المولود لحين أن تنشط أجهزته المناعية .

والمواد المفروزة هى جزء من المستقبل IGA والتى تتحلل بإنزيم البروتيز وتبقى مرتبطة بـ IGA إلى أن تفرز من الخلية .

وهى بروتينات مرتفعة فى الوزن الجزئى وتشترك فيما بينها فى صفات طبيعية وكيميائية وخواص مناعية وتشكل هذه البروتينات حوالى ٢٪ من بروتين اللبن وهى توجد على شكل وحدات منفردة monomer أو على شكل بوليمر Polymer مكون من أربعة وحدات مرتبطة مع بعضها بروابط ثنائية الكبريت.

البيومين مصل اللبن bovine serum albumin

يشكل نسبة ٦٪ من بروتينات الشرش، ١٪ من بروتين اللبن، يبلغ وزنه الجزئى ٦٩٠٠٠ ونقطة التعادل الكهربى له ٤,٧، والبيوميه المصل يأتى من السيرم، وهو لا يخلق فى الغدة الثدييه، ويسمح له بالدخول إلى اللبن بطريقة الترسب أو الارتشاح بطريقة Paracellular Pathway أو بطريقة الدخول مع مكونات أخرى مثل جلوبيولينات المناعة، ويحدث زيادة فى سيرم الألبيومين فى اللبن أثناء مرض التهاب الضرع mastitis وأثناء ضمور الغدةmammary involutions، "وظيفة الألبيومين المصل فى اللبن غير معروفة وهو لا يرتبط مع الدهن مثل باقى الجزئيات الصغيرة

بروتينات أخرى lactoferrin (LF)

هو بروتين معدنى، يحتوى الجزئى الواحد منه على ٢ جزىء حديد وتبلغ نقطة التعادل الكهربى له (pH8) وتركيبه يحتوى على Oligomanose complex- type glycans .

وهو من البروتينات ذات التأثير antigenic، وهو له تأثير مضاد للبكتيريا — وهو منخفض التركيز فى اللبن ولكن يزيد فى ألبان الحيوانات المصابة بالتهاب الضرع.

وتركيز اللاكتوفيرين مرتفع فى لبن الإنسان ويعتبر أكثر بروتينات الشرش تركيز فى لبن الإنسان واللاكتوفرين Lactoferin هو العامل الرئيسى الغير متخصص لمقاومة الأمراض الموجودة فى الغدة الثديية — وممكن أن يكون للاكتوفرين تأثير immunomodular .

(الجليكوبروتين م١) M-1 glycoprotein

مصدره مصل الدم وهو مجموعة من البروتينات وزنها الجزئي ٧٢٠٠ – ١٢٠٠ ويحتوى على الكربوهيدرات وهو يوجد بتركيز منخفض جداً فى اللبن

Lactoperoxidase

هو أنزيم تكسير فوق أكسيد الهيدروجين وله تأثير مضاد للبكتيريا **antibaterial Properties** .

Lysozyme

هو أنزيم لشق معقد الكربوهيدرات فى جدار الخلية البكتيرية وتركيزه منخفض جداً فى ألبان الأبقار ولكنه مرتفع فى لبن الإنسان.

B_2- Microglobulin

أول ما اكتشف كان لكوريات مترسبة عند إعادة فصل الكازين وأطلق سابقاً عليه اللاكتولين **Lactollins** – وهو الآن جزء من المعقد **Major Histocompatability II (MHCII)** .

ووظيفته فى اللبن غير معروفة للآن وهو يوجد أكثر فى الخلايا الطلائية للثدى مرتبط مع البروتينات المرتبطة مع جلوبيولينات المناعة (Immunoglabulin G) ويعتقد أن B_2-Microglobulin ممكن أن يدخل فى وظيفة المستقبل IgG فى عملية نقل IgG أثناء تكوين السرسوب ويبلغ الوزن الجزئى لهذا البروتين ٤٣٠٠٠ دالتون ويتميز بأنه يحتوى على الأحماض الأمينية الأروماتية بنسبة كبيرة وخالى من الميثايونين

ترانسفرين المصل Serum Transferrin

له خواص مناعية ويستطيع الهجرة فى المجال الكهربى ويوجد بتركيز منخفض جداً فى اللبن. ويرتفع تركيزه فى السرسوب.

A Protein Compoment of Lactose Synthase

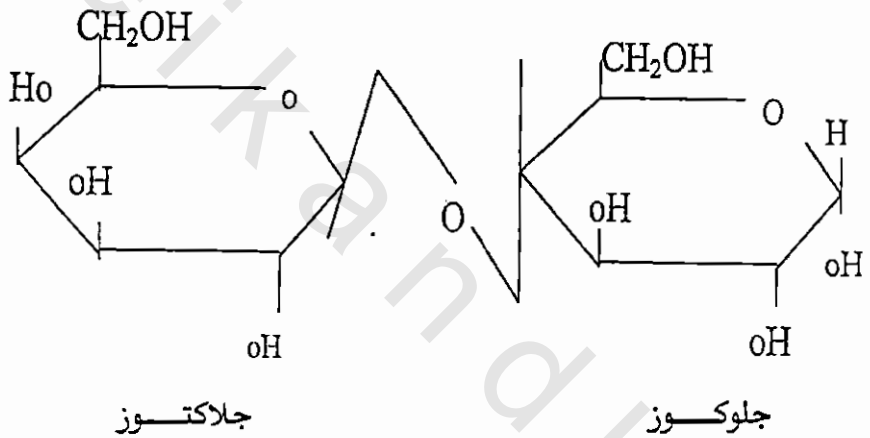
مثل الـ **galactosyltransferase** وهو أحد الأنزيمات التى ترتبط بغلاف الخلية وتشترك فى عملية تخليف اللاكتوز

بالإضافة إلى ذلك يحتوى اللبن على العديد من الأنزيمات ذات التركيب البروتينى مثل البروتييز ومنشطات البروتيير والنيوكليز والجليكوسيديز وغيرها

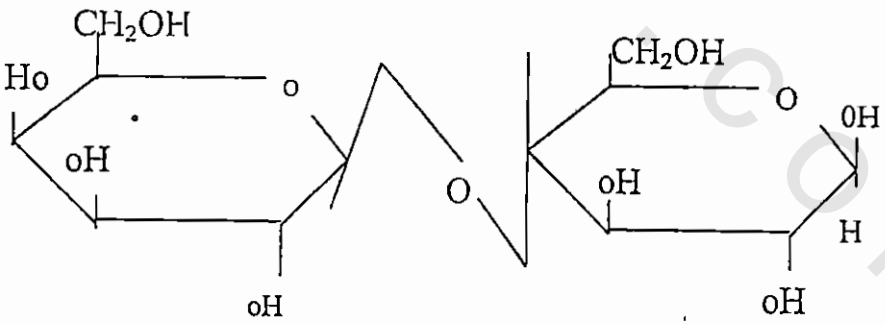
سكر اللاكتـوز Lactose

يعتبر سكر اللاكتوز هو سكر اللبن الرئيسى حيث تصل نسبته مـا بـين ٤-٥٪ ومن الناحية الكيماوية فهـو يعتـبر سـكر محـدود التـسكر وبالتـالى فهـو يحتـوى علـى وحـدتين مـن الـسكريات الأحاديـة وهمـا الجلوكـوز Glucose والجلاكتوز Galactose نجـد أنهمـا مرتبطـان برابطـة جليكوسـيدية بـين ذرة الكربون رقم (١) فـى سـكر الجلاكتـوز وبـين ذرة الكربـون رقـم (٤) فـى سـكر الجلوكوز كما هو مبين فى الشكل التوضيحى الآتى :

الصيغة التركيبية لسكر اللاكتوز :



α - Lactose



B - Lactose

1-B Galacto Pyranosyl -4-∝ D Glucopyranose-

ويرجع السبب فى الطعم الحلو الخفيف فى اللبن إلى سكر اللاكتوز ونجد أن لسكر اللاكتوز متشابهات ضوئية هما B,α وكذلك يمكن تحليل سكر اللاكتوز مائياً وذلك بواسطة انزيم اللاكتيز **Lactase** إلى وحداته التركيبية الأساسية وهما سكر الجلوكوز والجلاكتوز، وكذلك يمكن إحداث ذلك التحليل بواسطة الأحماض المخففة وتعتبر تحويل سكر اللاكتوز إلى حامض اللاكتيك وذلك بواسطة عملية التخمر الحيوى **Fermenration** لبكتيريا حمض اللاكتيك "**Lactic acid bacteria**" العامل الأساسى فى تصنيع بعض منتجات الألبان، مثل الألبان المتخمرة **Fermented milk** وأيضاً معظم أنواع الجبن وكذلك فى تسوية القشدة لصناعة الزبدة.

– بالإضافة إلى الدور الهام لسكر اللاكتوز السابق الإشارة إليه فنجد أنه المسئول أيضاً عن بعض التغيرات الغير مرغوبة ذلك بالنسبة للألبان السائلة والمجففة ودوره فى إعطاء اللون البنى والمعروف بتفاعل ميلارد نتيجة التأثير الحرارى عليه والذى يعمل على كرملة هذا السكر وبجانب هذا توجد أيضاً ظاهرة الحساسية للاكتوز (عدم تحمل اللاكتوز **Lactose tolerance**).

أهمية سكر اللاكتوز

١– يمكن استخدام اللاكتوز فى بعض الأغراض الطبية حيث يستخدم فى تحضير المضادات الحيوية مثل البنسلين. كما يستعمل فى تغليف حبوب الأدوية، وكذلك فى تحوير ألبان الأطفال الصناعية بزيادة نسبته فى لبن الأبقار لكى يماثل لبن الأم (لاكتوز لبن الأم نسبته ٦,٩٪).

٢– لوجود اللاكتوز أهمية خاصة بيولوجية إذ يستلزم تكوين اللاكتوز فى الغدد اللبنية ضرورة تكوين الجالاكتوز من الجلوكوز ولا توجد أى غدة أخرى بالجسم لها القدرة على هذه الخاصية، وتتضح أهمية الجالاكتوز فى أنه يدخل فى تركيب المخ والأعصاب ولهذا يرى بعض العلماء ضرورة إمداد الجسم، فى المرحلة الأولى من العمر باحتياجاته من الجالاكتوز.

٣- اللاكتوز له تأثير كبير على طبيعة التخمر فى القناة الهضمية إذ يتميز بأنه لا يمتص بسرعة مثل السكريات الأخرى ولذا يظل مدة طويلة فى القناة الهضمية وتصل منه إلى الأمعاء الغليظة نسبة عالية ثم يحدث له بعد ذلك تخمر فى الأمعاء الغليظة ونتيجة هذا التخمر فى الأمعاء الغليظة تسود بعض أنواع الميكروبات الحمضية وبذلك يزداد التخمر الحمضى الذى يعيق أو يمنع التخمر التعفنى.

٤- يساعد اللاكتوز على امتصاص الأمعاء للكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم وحفظها فى الأنسجة ولهذا يندر إصابة الرضيع الذى يتغذى على لبن الأم بالكساح رغم قلة المواد المعدنية فيه عن اللبن البقرى ويرجع هذا إلى زيادة ما يحتويه لبن الأم من اللاكتوز.

جدول (١١) : صفات سكر اللاكتوز

الصفات	مانى	لاكتوز لامائى
١- الوزن النوعى	١,٠٥٤٥	١,٥٩
٢- الاستقطاب النوعى	+٨٩,٤	+٣٥
٣- حرارة التكوين (كالورى جرام)	٥٣٥,٦	٦١٠,٨
٤- الحرارة النوعية	٢٩٩	٢٨٩,٥

ويختزل اللاكتوز محلول فهلنج ومحلول بندكت.

تأثير عملية البسترة على سكر اللاكتوز

البسترة ليس لها تأثير يذكر على اللاكتوز (سكر اللبن) ولكن التسخين على درجات حرارة عالية ولمدد طويلة يؤدى إلى تحلل اللاكتوز مع إنتاج بعض الأحماض العضوية وهذا التأثير لا يلاحظ على درجات الحرارة والمدد المستعملة فى بسترة اللبن.

تأثير التعقيم على سكر اللاكتوز

قد يحدث تحلل اللاكتوز على درجات الحرارة العالية مع إنتاج أحماض عضوية مثل اللاكتيك واللينولينك والفورميك ويكون إنتاج هذه الأحماض بطيئاً جداً على درجة حرارة تصل ١٩٤° ف ثم تزداد بعدٌ ذلك زيادة سريعة كلما ارتفعت درجة الحرارة، وعليه فزيادة المعاملة الحرارية تؤدى إلى زيادة الحموضة فى اللبن، فاللاكتوز يتحلل إلى جلوكوز وجلاكتوز وكل منهما يتحول إلى حمض لاكتيك وفورميك ولينولينيك .

تأثير الحرارة على اللاكتوز

عند تسخين اللبن يصفر لونه كما يحدث فى صناعة اللبن المكثف والمجفف ويعزى التغير فى اللون إلى اتحاد اللاكتوز بالأحماض الأمينية المنفردة من البروتين وتكوين مركبات ذات لون أصفر.

ك أ يد ٢ + يد ٢ ن ← ك يد = ن + يد ٢ أ

وإذا سخن محلول اللاكتوز فوق درجة ١٧٥ م يصبح لونه بنى قاتم ذو رائحة خاصة ويفقد ١٣ ٪ من وزنه وتتكون فى هذه الحالة كتلة سمراء تسمى (lacto caramel) .

الأهمية البيولوجية للاكتوز

لوجود اللاكتوز فى اللبن أهمية خاصة، إذ يستلزم تكوين اللاكتوز فى الغدد اللبنية تكوين الجالاكتوز من الجلوكوز. هذا ولا توجد أى غدة أخرى فى الجسم لها القدرة على هذه الخاصية، ويوجد الجالاكتوز فى المخ، cerbrosoides وفى الأعصاب Medullary sheaths of the nerves وقد وجد أن لوجود اللاكتوز فى اللبن وظيفة طبيعية هى إمداد الجسم بكمية كافية من الجالاكتوز فى الأطوار الأولى لتكوين المخ وللاكتوز تأثير كبير على طبيعة التخمر فى القناة الهضمية. ففى وجود كربوبيدرات متخمرة، يزيد التخمر

الحامضى، وهذا يعطل أو يستبعد التخمر التعفنى **fermentation**. كذلك يشجع وجود الـ **pH** المنخفض، نتيجة للتخمر الحامضى، تمثيل الكالسيوم والفوسفور، هذا ويعتبر وجود اللاكتوز فى الغذاء له هذا التأثير. ولا يمثل اللاكتوز بسرعة مثل السكريات الأخرى وبذا يظل مدة طويلة فى القناة الهضمية، وقد أعزى ذلك سابقاً إلى قلة ذوبان اللاكتوز ولكن هذا غير صحيح، حيث أن اللاكتوز يوجد على حالة ذوبان على أى حال، ولكن السبب هو بطء تحلل اللاكتوز داخل القناة الهضمية إذ أن نسبة امتصاص الجالاكتوز من القناة الهضمية أكبر من الجلوكوز، هذا وقد وجد كورى **cori** أن نسبة الامتصاص للسكريات الأحادية تكون طبقاً للترتيب التالى:-

جالاكتوز – جلوكوز – فركتوز – مانوز – زيلوز – ارابيتوز.

الظواهر الناتجة عن وجود سكر اللاكتوز في المنتجات اللبنية

الألبان المجففة

١- اللون المتكرمل

تغيير لون اللبن المجفف يحدث نتيجة لتفاعل سكر اللاكتوز مع الكازين، وفيه تتحد مجموعة اللالدهيد من سكر الجلوكوز والجالكتوز مع مجموعة الأمين في الأحماض الأمينية للكازين مكونة مجموعة معقدة من الأمين والسكر (Amino Suger Complexes) .

٢- قابلية المسحوق المحضر حديثا لامتصاص الرطوبة

كلما زادت نسبة سكر اللاكتوز في المسحوق المجفف كلما زادت قدرته على امتصاص الرطوبة عن المسحوق المنخفض في نسبة اللاكتوز.

٣- ظاهرة التعجن

هي ظاهرة تحدث بسبب امتصاص اللاكتوز الموجود بنسبة مرتفعة في اللبن المجفف لكمية كبيرة من الرطوبة هذه الرطوبة تعمل على حدوث التعجن.

٤- ظاهرة تبلور اللاكتوز في اللبن المجفف

أثبتت الأبحاث أنه توجد درجة حرجة من الرطوبة يبدأ بعدها سكر اللاكتوز في التبلور بسرعة.

٥- الانسياب

يقصد بهذه العملية سهولة سكب المسحوق المجفف من وعاب لآخر مع عدم وجود الأجزاء الملتصقة أو الكتل وتتوقف على نوع سكر اللاكتوز ويعتبر سكر اللاكتوز الغير متبلور شره لامتصاص الماء عن غير المتبلور مسبب حدوث التعجن والتكتل.

عيوب باللبن المكثف المحلى

١- الملمس الرملى ويرجع لعدم إجراء التبريد بالطريقة الصحيحة مما يؤدى لحدوث التكون للبلورات الكبيرة الحجم من اللاكتوز ذات ملمس يشبه الرمل على اللسان.

٢- ترسيب السكر ويرجع ترسيب السكر لحدوث اختلاف فى الوزن النوعى لكل من اللاكتوز المتبلور وبقية اللبن المكثف.

عيوب اللبن المكثف :

وهذا يرجع لتفاعل الجزء الالدهيدى من السكر مع مجموعة الأمين فى الحمض الأمينى الموجود بالبروتين .

عيوب المثلوجات اللبنية

١- التركيب الرملى

ويرجع لارتفاع نسبة سكر اللاكتوز بسبب استخدام نسبة مرتفعة من جوامد اللبن اللادهنية .

طرق تقدير اللاكتوز :

١- التقدير بطريقة Polorimetric

الأساس قياس الانحراف النوعى للسكر ومن المعروف أن كل سكر له انحراف نوعى خاص به ففى حالة سكر اللاكتوز نجد أن

$$[\alpha]_{20}^{D} = \frac{100Xa}{cn} = 52.5$$

الطرق الكيماوية :

١- طريقة لين وإينون Lane and Enon

الأساس هو استخدام محلول فهلنج (أ) وفهلنج (ب) فى وجود الطرطرات حتى لا يحدث ترسيب النحاس بواسطة القلوى الموجود فى المحلول

$$cu^{++} + 2OH + RCHO \rightarrow Rcoo + cu_2o$$

*** Picric acid method**

هى طريقة تعتمد على اختزال محلول قلوى من السكرات بواسطة السكر حيث يتولد لون بنى محمر يمكن قياسه ومقارنته بمحاليل ذات تركيزات مناسبة.

*** Choroamine method**

هى طريقة تعتمد على أكسدة اللاكتوز فى السيرم الخالى من البروتين بواسطة محلول فهلنج **chloroamine** أو يوديد البوتاسيوم.

*** طريقة الفينول اللونية :**

طريقة تعتمد على مقارنة الكثافة الضوئية للعينة مع المنحنى القياسى المعلوم فيه تركيزات السكر وبه يمكن معرفة تركيز السكر بالعينة.

أهمية سكر اللاكتوز فى الجسم وعلاقته بتدفق الدم فى الثدى :

قد يتخمر اللاكتوز فى القناة الهضمية بواسطة بعض البكتريا وبعد ذلك قد يمتص فى الأمعاء مباشرة أو قد يتحلل مائياً بواسطة انزيم **lactase** ثم تمتص نواتج التحلل. وأنزيم اللاكتاز هذا من الأنزيمات الداخلة فى الخلية ويتواجد فى الإنسان فى الغشاء الطلائى للأمعاء، ولهذا فإن التحلل المائى للاكتوز يحدث أثناء انتقاله من خلال جدران الأمعاء، ونظراً لأنه قليل الذوبان فى الماء فهو بطىء الهضم حيث ينزل جزء منه إلى الأمعاء الغليظة، فيحدث له تخمر وتكون حموضة حيث تنمو فقط الميكروبات الحامضية وتكون البيئة غير مناسبة للميكروبات التعفنية كما أن قلة حلاوة سكر اللاكتوز لا تجهد مراكز التذوق ولا يحدث بذلك مللا من تناول اللبن، كما أن سكر اللاكتوز أقل أثراً على الأغشية المعوية.

وأيضاً سكر اللاكتوز يساعد على تمثيل الكالسيوم والفوسفور فى الجسم والاستفادة منهما، فالأطفال الذين يرضعون لبن أمهاتهم نادراً ما يصابون بلين العظام، بينما يحدث ذلك إذا تغذت الأطفال على اللبن البقرى لأن نسبة الأملاح به مرتفعة.

وأيضاً لوجود سكر اللاكتوز فى اللبن أهمية خاصة، إذا يستلزم تكوينه فى الغدد اللبنية تحويل جزء من الجلوكوز إلى جالاكتوز ثم يتحدوا ويتكون

لاكتوز. وهذا الجالاكتوز يتواجد فى المخ وفى الأعصاب ويقترح أحد العلماء أن وجود اللاكتوز فى اللبن وضعته الطبيعة لإمداد الجسم بكمية كافية من الجالاكتوز فى الأطوار الأولى لتكوين المخ.

هذا وسكر اللاكتوز الذى يتناوله الحيوان إذا ما انحل إلى جلوكوز وجالاكتوز فإن جزء من الجلوكوز يتجهه فى مسار الجلوكوز فى الجسم أى أنه ينتج طاقة وجزء يستخدم لإنتاج اللاكتوز. أما عن الجالاكتوز فإنه ضرورى أيضاً لحدوث اتزان فى الدم لأنه إذا ما اختل توازن الجالاكتوز فى الدم فإنه يؤدى إلى أمراض مثل مرض الصفراء وخلافه.

أهمية حامض اللاكتيك فى صناعة الجبن :

وترجع أهمية حامض اللاكتيك المتكون من سكر اللاكتوز فى صناعة الجبن إلى ما يأتى :-

١- يتحد حامض اللاكتيك المتكون بالحليب مع مركبات الكالسيوم الموجود ويحوله إلى أملاح ذائبة مثل فوسفات الكالسيوم ولاكتات الكالسيوم الذائبة وهذه المركبات لها أهميتها فى تجبن الحليب بالمنفحة ويمكن التحكم بسرعة عملية التجبن بالتحكم بنسبة الحموضة المتكونة فكلما ازدادت نسبة الحموضة ضمن حدود معينة قلت مدة التجبن.

٢- بتكون حامض اللاكتيك يذوب تدريجياً الكالسيوم من كازينات الكالسيوم حتى يتم ترسيب الكازين وهذا هو أساس التجبن الحامضى مثال صناعة جبن الكوتاج والقريش والألبان المتخمرة.

٣- ارتفاع نسبة الحموضة سواء فى الحليب أو فى فترة التجبن يحسن من الصفات البكتريولوجية وذلك بالحد من نشاط بعض الميكروبات الأخرى غير المرغوب فيها وخير مثال على ذلك بكتريا حامض البيوتريك التى لايلائمها الوسط الحامضى فى النمو وبذلك يتفادى ما تسببه من عيوب وتلف فى بعض أنواع الجبن هذا من ناحية ومن ناحية أخرى فإن تكوين حامض اللاكتيك من أنواع من البكتريا كجنس **Streptococcus** تشجع

نمو ونشاط بكتريا **Lactobacillus** بتهيئة الظروف الملائمة لها والنوعان لهما أهميتها فى صناعة الجبن.

٤- تساعد الحموضة على تحديد نسبة الرطوبة فى الجبن والتخلص من الماء الزائد بالخثرة كما تساعد على تحويل باراكازينات الكالسيوم الثلاثية إلى الأحادية نتيجة لإذابة الكالسيوم وباركازينات الكالسيوم مرتبطة بصفة إعطاء المطاطية والتماسك للخثرة. كما هو الحال فى صناعة جبن الشيدر حيث هذه تعتبر من صفات الناتج الجيد وبمعنى أخر أن الحموضة المتكونة هنا هى أساس هذا النوع من الجبن.

٥- تحلل سكر اللاكتوز وتكون الحموضة لها أهميتها فى تسوية الحليب المعد للصناعة حيث بموجبها يحدد الوقت الملائم لتصفية الشرش.

كما قد تكون للحموضة تأثير على النشاط اللانزيمى الذى قد يسبب بعض التحلل المائى لبروتينات الجبن خاصة الكازين.

٦- لحامض اللاكتيك المتكون تأثير فى الخواص البكتولوجية والكيماوية الفيزوكيميائية خلال عملية التسوية والإنضاج ورغم مزايا الحموضة وحامض اللاكتيك بالذات فى صناعة الجبن فهى تعتبر سلاحاً ذو حدين فى الصناعة فزيادتها فى الخثرة أو الجبن الناتج عن الحدود اللازمة قد تسبب بعض العيوب فى الطعم والمذاق مع تبقع الجبن ببقع بيضاء، وقد يحدث تشققات لأقراص الجبن. أما انخفاضها وعدم تقدمها فى الجبن أو الخثرة فقد يرجع ذلك للأسباب الآتية :

١- عدم تسوية الحليب المعد للصناعة قبل بدء إضافة المنفحة.

٢- استعمال بادئات غير نشطة أو قلة نسبة البادىء المضاف.

٣- انخفاض درجة الحرارة فى أثناء الصناعة عن الحد المطلوب.

٤- تصفية الشرش بسرعة وبكمية أكثر من اللازم قبل الوصول إلى درجة الحموضة المطلوبة.

وينشأ عن بطء وقلة نسبة الحموضة تأخير لعملية التجبن مع زيادة نشاط ونمو الميكروبات غير المرغوب فيها علاوة على ما قد يظهر من عيوب فى الجبن الناتج.

الأملاح المعدنية Minerals

تصل نسبة الأملاح المعدنية فى اللبن ما بين ٠,٧ — ٠,٨٪ ويتم الحصول عليها من رماد اللبن Ash المتكون من احتراق المادة الجافة والتى تحتوى على كلا من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم والكلوريدات والكربونات والكبريتات. وهذا الرماد يتم الحصول عليه بحرق اللبن حرقاً تاماً على درجة حرارة ٥٢٠ — ٥٥٠ مْ .

وتختلف نسبة الأملاح المعدنية فى اللبن فهى توجد فى صورتين:

١- الأملاح الكبرى : وتشمل الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلور والفوسفور وهى التى توجد فى اللبن بنسبة كبيرة.

٢- الأملاح الصغرى : وتشمل الحديد والنحاس والكروم والمنجنيز والزنك واليود والكلوبلت وهى الأملاح التى تتواجد فى اللبن بنسبة ضئيلة.

ويمكن القول بصفة عامة أن تلك الأملاح المعدنية لها أهمية قصوى ليس فقط فى أنها مرتفعة القيمة الغذائية إلا أنها تلعب الدور الهام والمحورى فى تثبيت البروتين بالإضافة إلى أنها تلعب دوراً له أثر هام فى ميكانيكية التجبن وكذلك للسعة البفرية للبن Buffering capasity حيث تعتمد بصفة أساسية على تلك الأملاح المعدنية بالإضافة إلى ما قد تسببه المكونات الصغرى من الأملاح كالنحاس والحديد فى المساعدة على حدوث أكسدة لدهن اللبن وظهور الطعم المتأكسد والشحفى فى دهن اللبن.

ثانياً : المكونات الصغرى Minor elements

تشمل المكونات الصغرى فى اللبن ما يلى :-

١- الفيتامينات .

٢- الصبغات .

٣- الغازات .

٤- الإنزيمات .

٥- المركبات النتروجينية اللابروتينية .

٦- المركبات التى توجد فى تركيزات ضئيلة جدا (آثار) **trace elements**.

ويمكن سرد كل منهما كما يلى :

١- الفيتامينات Vitamines

الفيتامينات هى مركبات كيماوية لازمة للحياة ونقصها يسبب أمراض.

وتنقسم الفيتامينات الموجودة فى اللبن إلى قسمين هما :

أ- الفيتامينات الذائبة فى الدهن :

وتشمل الفيتامينات الذائبة فى الدهن ما يلى :

١- فيتامين (A) أ : الاسم العلمى له الريتينول **Retinol** وتنحصر الأهمية الفسيولوجية له فى أنه واقى من الإصابة بالرمد. والاحتياج اليومى للإنسان منه يتراوح ما بين ٢,٥ مجم ونسبته فى اللبن تصل ٠,٠٤ مجم / ١٠٠ مل.

٢- فيتامين (D) د: الاسم العلمى له الكالسيفيرول **Calciferol** وتنحصر الأهمية الفسيولوجية له فى أنه مانع للكساح والاحتياج اليومى للإنسان منه ٠,٠٢٥ مجم (٢٥ ميكروجرام). ونسبة وجوده فى اللبن تصل ٠,٠٠٦ مجم/١٠٠ مل (٦ ميكروجرام / ١٠٠ مل).

٣- فيتامين (E) هـ: فيتامين (هـ) الاسم العلمى له التوكوفيرول **Tocopherol** والأهمية الفسيولوجية ترجع إلى أنه مانع للعقم والاحتياج

obeikandl.com

اليومى للإنسان منه ١٠ — ٢٠ مجم ونسبة وجودة فى اللبن تصل ٠,٠٩٨ مجم / ١٠٠ ملل.

٤- فيتامين (K) : الاسم العلمى له الفيلوكينون ونجد أن الأهمية الفسيولوجية له إنه مانع للنزيف والإحتياج اليومى للإنسان يصل إلى ٠,٠١٥ مجم، ونسبة تواجده فى الحليب لا تتعدى الآثار .

ب - الفيتامينات الذائبة فى الماء :

فيتامين B ويشمل الأنواع الآتية :

فيتامين B_1 : الاسم العلمى له الثيامين والأهمية الفسيولوجية له أنه مانع لإتهاب الأعصاب، والاحتياج اليومى له ٣,٠٠ ملجم، ونسبة تواجده فى اللبن تصل إلى ٠,٠٤٤ ملجم/ ١٠٠ ملل . ونقص الفيتامين يؤدى إلى آلام عصبية واضطرابات معوية.

فيتامين B2 : الاسم العلمى له الريبوفلافين ويعتبر هو فيتامين النمو واحتياج الإنسان اليومى منه ٣,٠٠ ملجم، ونسبة تواجده فى اللبن ٠,٣٥ ملجم / ١٠٠ مل ويعتبر اللبن ومنتجاته من المصادر الغنية بهذا الفيتامين.

ونقص هذا الفيتامين يؤدى إلى ظهور القرح فى الجلد والعين واضمرار اللسان والفم والشفاة — ويلعب الريبوفلافين دور هام فى العمليات الحيوية كعامل مساعد فى مجموعة أنزيمات **Dehydrogenase** . ولا تؤدى المعاملات الحرارية للبن إلى أى فقد فى محتواه من الريبوفلافين ولكن تقل كمية الفيتامين فى اللبن بالتعرض للضوء لمدة طويلة .

حمض النيكوتنيك **Nicotinic acid**

وهو يسمى أيضاً باسم النياسين أو فيتامين B_5 وهو عامل مانع لمرض البلاجرا الذى ينتشر فى البلاد التى تعتمد فى غذائها على الذرة، حيث يدخل الفيتامين فى التركيب البنائى لبعض مرافقات الأنزيمات وأعراض مرض

البلاجرا احمرار والتهاب الجلد وتكوين قشور فى الأجزاء المعرضة للشمس ويصل تركيز الفيتامين فى اللبن ٠,٠٩٤ ملليجرام / ١٠٠ مل لبن.

ويعتبر اللبن مصدر فقير للفيتامين حيث تصل الاحتياجات اليومية إلى ٢٠ ملليجرام . ولكن عن طريق وجود الحمض الأمينى التربتوفان فى بروتين اللبن يتكون حمض النيكوتنيك فى الجسم. ولا يتأثر حمض النيكوتنيك بتسخين اللبن. وتزيد كمية هذا الفيتامين فى الألبان المتخمرة والجبن نتيجة لنشاط البكتريا وإفرازها هذا الفيتامين.

فيتامين ب٦ : وهذا الفيتامين عامل مانع للإصابة بمرض البلاجرا وهذا المرض ينتشر فى البلاد التى تعتمد فى غذائها على الذرة ويطلق اسم فيتامين ب٦ على على مركبات البيرودكسين Pyridoxine والبيردوكسال Pyridoxal والبيريدوكسامين Pyridoxamine واللتر من اللبن يحتوى على كمية من الفيتامين تكفى من ٣٠ — ٦٠٪ من الاحتياجات اليومية للفيتامين — ويعمل الفيتامين كمرافق أنزيمى فى تفاعلات الأحماض الأمينية .

ولا تؤدى العمليات التصنيعية إلى فقد كبير فى الفيتامين بينما يؤدى تعرض اللبن للضوء إلى فقد فى الفيتامين ويتوقف مدى الفقد على مدة التعرض للضوء.

حامض البانتوثينيك Pantothenic acid

يعرف بفيتامين ب٥ وهو يدخل فى تكوين كو أنزيم أ لذلك فهو يتواجد فى جميع الأنسجة الحية — ويحتوى اللبن على كميات معتدلة من الفيتامين فاللبن من المصادر الجيدة للفيتامين ولكن ليس من المصادر الغنية كالكبد والبيض والعسل الأسود.

ولتر اللبن يحتوى على $\frac{1}{3}$ الاحتياجات اليومية للفيتامين التى تبلغ من ٥ — ١٠ ملجم. ولا يتأثر الفيتامين بتسخين اللبن أو تعرضه للضوء. وللفيتامين أهمية فى ميتابولزم الكربوهيدرات والدهن والبروتين. وأعراض نقص

الفيتامين تشمل الشعور السريع بالتعب واضطرابات فى ضربات القلب واضطرابات معدية ومعوية مصحوبة بشعور بوخز فى الأطراف مع خمول ذهنى.

البيوتين

يسمى بفيتامين ب٧ — ويعتبر اللبن مصدرا عاديا لهذا الفيتامين — ومتوسط محتوى اللبن ٣١ ميكروجرام فى اللتر، ويبلغ الاحتياج اليومى للفيتامين ١٥٠ — ٣٠٠ ملجم . ومن المصادر الغنية بالفيتامين الكبد والخميرة والكرنب والعسل الأسود. ويحدث فقد ضئيل للفيتامين بتعرض اللبن للتسخين سواء بسترة أو تعقيم.

وأعراض نقص الفيتامين هى ظهور قشور على الجلد وأنيميا وصداع وشعور بالإجهاد وفقد الشهية. ويدخل هذا الفيتامين فى عمليات تثبيت ونقل ثانى أكسيد الكربون فى العمليات الميتابولزمية مثل تحويل حمض البيروفيك لحمض الأوكسالو أسيتيك .

حمض الفوليك Folic acid

يعرف أيضاً بفيتامين ب، ومحتوى اللبن من حمض الفوليك بلغ تقريبا ٢,٨ ميكروجرام لكل لتر، بينما الاحتياجات اليومية تبلغ ١, — ٢ مليجرام و ٠,١٥ ملجم تكون كافية للشخص البالغ .

واللبن يعتبر فقير فى فيتامين ب، — ولحمض الفوليك (ب،) أهمية فى العمليات الميتابولزمية الخاصة بكثير من المركبات الهامة مثل السيرين والميثايونين والثيامين والكولين والبيورينات وبعض النوكليوتيدات والتيروسين وحمض الأسكوربيك .

وأعراض نقص الفيتامين تتلخص فى حدوث اضطرابات معوية مع حدوث الأنيميا. ومن المصادر الغنية بفيتامين ب، الخميرة والكبد.

فيتامين ب١٢ :

يوجد فيتامين ب١٢ فى اللبن فى صورة مرتبطة مع البروتين ومتوسط محتوى اللبن منه ٤,٣ ميكروجرام / لتر. ويعتبر اللبن من المصادر الغنية

بالفيتامين- حيث يبلغ الاحتياج اليومى واحد ميكروجرام. ويعتقد أن فيتامين ب١٢ يدخل فى العديد من العمليات الميتابولزمية الهامة مثل ميتابولزم بعض الأحماض الأمينية وفى التخليق الحيوى للعديد من المكونات مثل البيورينات والثيامين والميثايونين كما يدخل فى ميتابولزم مجاميع الميثايل وفى تنشيط الأحماض الأمينية لتدخل فى تخليق البروتين .

ونقص الفيتامين يؤدى إلى الإصابة بالأنيميا الخبيثة كما يؤدى إلى اضطرابات عصبية.

فيتامين أ (فيتامين ج)

الاسم العلمى له حمض الاسكوربيك ويحتوى اللبن على ٢,١ ملجم/١٠٠مل بينما الاحتياج اليومى للفرد البالغ يصل إلى ٧٠ ملجم ويصل فى حالة الحمل والرضاعة إلى ١٠٠ ملجم وبذلك يعتبر اللبن فقير فى محتواه من فيتامين ج.

ويتسبب نقص فيتامين ج فى ظهور أعراض مرض الاسقربوط التى تبدأ بحالة من البلادة والميل إلى الكسل وألم فى المفاصل وضيق فى التنفس، يتبع ذلك نقص الوزن والأنيميا، وتصبح اللثة أسفنجية، ويحدث إدماء فى الأغشية المخاطية فى الفم والقناة الهضمية — كما يصاحب نقصه الشفاء البطىء للجروح، وانخفاض القدرة على مقاومة المرض (نقص المناعة)، وعدم التمثيل الغذائى للأحماض الأمينية وبالذات التيروسين.

٢- الصبغات

نجد أن الصبغات فى الحليب هى تلك المولدة لفيتامين (A) وهى مادة الكاروتين وهى مادة مذابة بدهن اللبن البقرى وتعطيه اللون الأصفر المميز للون اللبن البقرى وهناك بعض أصناف من الأبقار مثل أصناف الفريزيان والجاموس لها القدرة على تحويل الكاروتين إلى فيتامين A ومن ثم يتحول لون اللبن من الأصفر إلى لبن لونه أبيض والجدير بالذكر أن عدم قدرة بعض الأبقار على تحويل الكاروتين إلى فيتامين (A) ليس عيب فى اللبن .

ومن الصبغات الأخرى الهامة فى اللبن هى صبغة الريبوفلافين والذى ينتمى لمجموعة فيتامينات ب (B) المركبة حيث يعرف بفيتامين (B_2) وينسب إليه اللون الأصفر المخضر الموجود بالشرش ونجد أنه يسمى أحياناً باللاكتو فلافين وهو من الفيتامينات الذائبة فى الماء وتواجده فى الشرش يعتبر بذلك أمراً طبيعياً.

٣- الغـــازات

نجد أن الغازات الموجودة فى الحليب تنقسم إلى قسمين رئيسين وهما:

أ - الغازات المتواجدة أساساً فى اللبن

تتواجد هذه الغازات طبيعيا فى اللبن مثل غاز ثانى أكسيد الكربون (Co2) حيث نلاحظ تواجده فى اللبن عند حلبه مباشرة ثم يقل تدريجياً بعد ذلك ويحتوى الحليب أيضاً على الأوكسجين (O_2) والنتروجين الذائب فيه.

ب- الغازات المتواجدة نتيجة التخمرات الميكروبية

نجد أن ترك اللبن لفترة طويل قد يتكون به غازات بواسطة الميكروبات المكونة لهذه الغازات.

٤- الإنزيمـــات "Enzymes"

ويلاحظ أن الحليب يحتوى على أكثر من ٥٢ إنزيم قد تم التعرف عليها وتنقيتها وفصل القليل منها مثل الفوسفاتيز القاعدى وكذلك إنزيم اللاكتوبيروكسييز ويلاحظ أن الدم هو المصدر الأساسى فى تخليق اللبن وبالتالى يكون هو أيضاً المصدر الأساسى للإنزيمات المتواجدة فى اللبن، ويلاحظ أنه يجب عدم الخلط بين المحتوى الإنزيمى المنقول من الدم وبين المحتوى الإنزيمى الناتج من الإفرازات الميكروبية فى اللبن، حيث لا تعد إنزيمات اللبن وإنما هى إنزيمات الميكروبات المتواجدة فى اللبن.

والأنزيمات هى مجموعة من البروتين لها القدرة على تشجيع أو تحفيز التفاعلات الكيماوية وإسراع سرعتها وتأثير الأنزيمات متخصص جداً.

ومن أهم أنزيمات اللبن ما يلى :

ليبوبروتين ليبيز Lipoprotein Lipase LPL

أنزيمات الليبيز تشق الدهن إلى جليسرول وأحماض دهنية حرة — وهذه الأنزيمات توجد أساساً فى البلازما مرتبطة مع جسيمات الكازين. والدهن محمى من تأثيرها بواسطة غشاء حبيبة الدهن. وإذا تحطم هذا الغشاء أو إذا وجدت عوامل مساعدة مثل ليبوبروتين سيرم الدم يصبح الليبوبروتين ليبيز قادر على مهاجمة ليبوبروتين غشاء حبيبة الدهن ويحدث فى هذه الحالة تحلل للدهن **Lipolysis** .

البلازمين Plasmin

البلازمين هو أنزيم تحلل بروتين — وهو يشق البروتين ويهاجم البيتاكازين، والألفا س، كازين. (**B-Casein ∞c alpha(S_2)-Casein**) وهو أنزيم ثابت جدا للحرارة ومسئول عن ظهور الطعم المر فى اللبن المبستر واللبن المعامل بـ **UHT** — وممكن أن يكون له دور فى تسوية بعض أصناف الجبن مثل الجبن السويسرى.

الفوسفاتيز القلوى

أنزيمات الفوسفاتيز لها القدرة على شق استرات حمض الفوسفوريك إلى حمض فوسفوريك وكحولات.

وهو يختلف عن أغلب أنزيمات اللبن حيث أن له **pH**، درجة حرارة مثلى تختلف عن بقية الإنزيمات — وعند **pH** ٩,٨ يتحطم الأنزيم بأقل درجة حرارة بسترة ولهذا يستخدم اختبار الفوسفاتيز للتأكد من سلامة البسترة.

٦- المركبات النيتروجينية اللابروتينية

Non-Protein Nirrogenous Compounds (NPN)

وهى عبارة عن مجموعة من المركبات يدخل فى تركيبها عنصر النتروجين مثل الكرياتين **Creatin** والكرياتيين **Creatinine** واليوريا والأمونيا ولكن لا يتدخل فى تركيب البروتين ونجد أنه من هنا جاء تسميتها بالمركبات النتروجينية اللابروتينية ونجد أن هذه المواد عبارةعن نواتج حيوية لجسم الحيوان المدر للبن تنتقل مباشرة من الدم إلى اللبن حال تخليقه.

٧- المركبات الموجودة فى صورة آثار **Trace elements**

والمقصود بها تلك المركبات المتواجدة بصورة بسيطة للغاية من هذه الآثار مثل المركبات الكربونيلية والأسيتون وآثار من الاسيتالدهيد وحمض البيروفيك