*** التعريف العلمي والقانوني للحليب :**

الحليب هو الإفراز الطبيعي للغدد اللبنية في إناث الثدييات، ويُفرز بعد الولادة لتغذية الصغار. يُعرَّف الحليب الخام قانونياً بأنه: "الإفراز اللبني الطازج الناتج عن الحلب الكامل لبقرة واحدة أو أكثر من الأبقار السليمة"، مع استثناء الإفراز الحاصل خلال خمسة أيام بعد الولادة وخمسة عشر يوماً قبل الولادة.

هذا التعريف القانوني مهم لأنه يحدد متى يبدأ الحليب الطبيعي ومتى ينتهي، ويستثني فترة اللبأ (Colostrum) التي تختلف جوهرياً في تركيبها عن الحليب.

*** من اللبأ إلى الحليب الطبيعي**

بعد الولادة مباشرة يُفرز الضرع سائلاً يختلف اختلافاً جوهرياً عن الحليب الطبيعي يُسمى اللبأ (السرسوب /Colostrum). تستمر فترة اللبأ من ٣ إلى ٥ أيام، وخلالها ترتفع نسبة المواد الصلبة الكلية إلى أكثر من الضعف، وتكون الزيادة خاصة في البروتينات والغلوبلينات المناعية. هذه الغلوبلينات هي التي تمنح المولود الحديث المناعة اللازمة لمواجهة الأمراض، لذلك يجب تناوله بأكبر كمية ممكنة خلال الساعات الأولى من العمر.

بعد انتهاء فترة اللبأ، يبدأ الإنتاج الفعلي للحليب الطبيعي، الذي يتصاعد تدريجياً حتى يبلغ قمة الإنتاج (Peak of Production) بعد ٦ إلى ٨ أسابيع ليبدأ بالتناقص التدريجي حتى الجفاف الكامل.

الأهمية الغذائية للحليب:

يُعد الحليب غذاءً كاملاً ومتوازناً، فهو المصدر الأساسي للعديد من العناصر الغذائية الضرورية للإنسان فكل (١٠٠ غ) من الحليب تحتوي:

- البروتين ~٣,٤ غ بناء الأنسجة، مصدر أحماض أمينية أساسية.
- الدهون ~٣,٥ غ طاقة مركّزة (٩ كيلو كالوري/غ)، حاملة للفيتامينات الذوابة فيها.
- اللاكتوز ~٤,٣ غ سكر خاص بالحليب، يعزز امتصاص الكالسيوم.
- الكالسيوم ~١٢٥ ملغ بناء العظام والأسنان.
- فيتامين B12 ~ 0.5 ميكروغرام له دور بالوظائف العصبية وتكوين الدم.

الأهمية الاقتصادية للحليب في سوريا:

في سوريا، بدأت عملية التطوير والتحديث في قطاع الصناعات اللبنية بعد عام ١٩٩١ حيث أقر قانون الاستثمار رقم ١٠، مما سمح بدخول شركات مختصة في صناعة المشتقات اللبنية. على الرغم من هذا التطور، إلا أنه لا يزال حوالي ٧٨% من الإنتاج المحلي من المشتقات اللبنية يُحضَّر بصورة تقليدية دون مراعاة لأبسط القواعد العلمية المطبقة في هذا المجال.

*** تشريح الضرع:**

نظرة عامة على الغدة اللبنية

الضرع (الغدة اللبنية) هو العضو الأكثر تميزاً في الثدييات، وقد تطور ليكون قادراً على إنتاج كميات كبيرة من المواد الغذائية بكفاءة عالية. تتغير بنية الضرع وحجمه بشكل دوري مع دورات الحمل والولادة والإدرار.

التركيب الخارجي

أ) الحلمات (Teats):

· عددها يختلف حسب نوع الحيوان فالبقرة مثلاً لها ٤ حلمات مرتبة بشكل متناظر، كل واحدة تخدم ربعاً واحداً مستقلاً من الضرع.

· الحلمات مستقلة عن بعضها حيث الحليب المنتج في كل ربع لا ينتقل إلى الأرباع الأخرى.

ب) الفتحات (Orifices):

· فتحة ضيقة في نهاية كل حلمة، محاطة بعضلة عاصرة (Sphincter) تمنع تسرب الحليب .

· هذه الفتحة هي خط الدفاع الأول ضد دخول الجراثيم إلى الضرع.

ج) الجلد:

· يغطي الضرع ويحميه من الصدمات والعدوى.

· يحتوي على أعصاب حسية تنقل إشارات التحفيز إلى الدماغ لبدء عملية الإدرار.

التركيب الداخلي

يتنظم الضرع في مستويات هرمية متداخلة:

–**المستوى ١**: الفص (Lobe)

الضرع يتكون من عدة فصوص، كل فص يحتوي على عدد من الفصيصات.

–**المستوى ٢**: الفصيص (Lobule)

يحتوي على مجموعة من الحويصلات اللبنية (Alveoli).

الحويصلات هي الوحدات الإفرازية الأساسية، وتشبه العناقيد الصغيرة.

–**المستوى ٣**: الحويصلة اللبنية (Alveolus): تتكون من

*التجويف المركزي (Lumen): المكان الذي يُجمع فيه الحليب المُصنَّع.

*الخلايا الظهارية المُفرِزة (Secretory Epithelial Cells): الخلايا المسؤولة عن تصنيع مكونات الحليب. وهي خلايا مستقطبة (Polarized): قطب قاعدي (Basal) يلامس الدم، وقطب قمي (Apical) يلامس التجويف.

*الخلايا العضلية الظهارية (Myoepithelial Cells): خلايا عضلية تحيط بالحويصلة، لها خصائص انقباضية، وتلعب دوراً رئيسياً في إخراج الحليب من الحويصلة إلى القنوات.

*الغشاء القاعدي (Basement Membrane): يفصل الحويصلة عن النسيج المحيط.

-**المستوى ٤**: القنوات والجيوب

· القنوات الصغيرة (Ductules): تستقبل الحليب من الحويصلات.

· القنوات الكبيرة (Ducts): تنقل الحليب إلى الجيب اللبني.

· الجيب اللبني (Cistern): مخزن مؤقت يتسع لـ ٣٠٠ مل تقريباً.

· جيب الحلمة (Teat Cistern): يتسع لحوالي ٣٠ مل فقط، وهو الحجم الذي يمكن أن يخرج بقوة الشفط الأولى.

*الأوعية الدموية: هي مصنع المواد الأولية

الدم هو المصدر الوحيد لجميع المواد الأولية اللازمة لتصنيع الحليب. تتدفق كميات هائلة من الدم عبر الضرع:

· لإنتاج ١ لتر من الحليب، يحتاج الضرع إلى ٤٠٠-٥٠٠ لتر من الدم.

· بقرة تنتج ٢٠ لتراً يومياً يحتاج ضرعها إلى ٨٠٠٠-١٠٠٠٠ لتر من الدم يومياً.

· يصل الدم إلى الخلايا الإفرازية عبر شبكة كثيفة من الشعيرات الدموية المحيطة بكل حويصلة.

*الأعصاب: حلقة الوصل بين الضرع والدماغ

· الأعصاب الحسية: تنقل معلومات عن اللمس، الضغط، الحرارة من الضرع إلى الحبل الشوكي ثم الدماغ.

· الأعصاب الحركية: تنقل الأوامر من الدماغ إلى العضلات الملساء في الحلمات والقنوات.

· الأعصاب الودية: تنظم تدفق الدم إلى الضرع.

فيزيولوجيا إنتاج الحليب:

هناك مرحلتان رئيسيتان في حياة الغدة اللبنية

المرحلة ١: Lactogenesis (بدء الإدرار)

· تحدث في آخر ١٠ أيام من الحمل وحتى الأيام الأولى بعد الولادة.

· تتمايز الخلايا الظهارية من حالة غير إفرازية إلى حالة إفرازية كاملة.

· علامات خلوية: تضخم السيتوبلازم، هجرة النواة إلى القاعدة، زيادة عدد الميتوكوندريا، تضخم الشبكة الإندوبلازمية، تكاثر جهاز غولجي.

المرحلة ٢: Galactopoiesis (استمرار الإدرار)

· تعتمد على إزالة الحليب بانتظام (الحلابة أو الرضاعة).

· إذا لم يُزل الحليب، يتوقف التخليق تلقائياً بسبب الضغط المتزايد في الحويصلات.

الهرمونات المسيطرة:

أ) البرولاكتين (Prolactin): هرمون التخليق

· يُفرز من الفص الأمامي للغدة النخامية.

· مسؤول عن بدء واستمرار إفراز الحليب.

· يعمل على تنشيط جينات البروتينات والإنزيمات المسؤولة عن تصنيع اللاكتوز والكازين.

ب) الأوكسيتوسين (Oxytocin): هرمون الإخراج

· يُفرز من الفص الخلفي للغدة النخامية.

· مسؤول عن رد الفعل الإدراري (Milk Let-down Reflex).

· يحفز انقباض الخلايا العضلية الظهارية حول الحويصلات.

ج) هرمونات أخرى:

· الأستروجين والبروجسترون: يهيئان الغدة للحمل ويثبطان الإدرار حتى الولادة.

· هرمون النمو والكورتيزول: يشاركان في تنظيم الاستقلاب ودعم التخليق.

منعكس نزول الحليب (Milk Let-down Reflex)

*المرحلة ١: التحفيز

· منبهات طبيعية: رضاعة العجل، الحلابة اليدوية أو الآلية.

· منبهات شرطية: رؤية الحلاب، صوت الحلابة، رائحة المكان.

*المرحلة ٢: الإشارة للدماغ بالإفراز

· الوطاء يرسل إشارة إلى الغدة النخامية الخلفية لإفراز الأوكسيتوسين.

· تستغرق العملية ٣٠-٦٠ ثانية.

المرحلة ٣: الاستجابة

· الأوكسيتوسين يحفز انقباض الخلايا العضلية الظهارية.

· دفعة الإدرار الأولى تصل خلال ١-٢ دقيقة.

· تكفي دفعة واحدة لإخراج ٥٠-٨٠% من الحليب.

المرحلة ٤: التثبيط

· الإجهاد يفرز الأدرينالين، الذي يثبط إفراز الأوكسيتوسين.

· النتيجة: الحليب موجود لكن لا يمكن إخراجه إلا بالرضاعة أو الحلابة.

العوامل المؤثرة على إنتاج الحليب

أ) العوامل الفزيولوجية:

· عمر الحيوان: الإنتاج يزداد حتى الموسم السادس أو السابع ثم ينخفض.

· مرحلة الإدرار: القمة بعد ٦–٨ أسابيع من الولادة.

· السلالة: الجيرسي (دهن أعلى)، الهولشتاين (حجم أكبر).

ب) العوامل الغذائية:

· الأعلاف الخضراء: تزيد الكمية لكن قد تقلل المواد الصلبة.

· الأعلاف المركزة: ترفع الإنتاج لكن تؤثر على تركيب الدهن.

ج) العوامل البيئية والإدارية:

· الإجهاد الحراري: يخفض الإنتاج ونسبة الدهون.

· تكرار الحلابة: ٣ مرات يومياً ترفع الإنتاج.

· النظافة: ضرع نظيف = حليب أقل تلوثاً.

التركيب الكيميائي للحليب:

المستوى المكوّن	النسبة التقريبية
الحليب	١٠٠%
الماء	~٨٧%
المواد الصلبة الكلية	~١٣%
المواد الصلبة اللادهنية SNF	~٩%
من SNF الدهن	~٣,٧%
من SNF البروتين	~٣,٥%
من SNF اللاكتوز	~٤,٨%
من SNF الرماد	~٠,٧%

الماء:

عندما يُقال إن الحليب "غذاء كامل"، ينسى كثيرون أن ٨٧% منه ماء. هذا يعني أن كل ما يُميز الحليب عن الماء – البروتين، الدهون، اللاكتوز، المعادن، الفيتامينات – لا يشكل سوى ١٣% من كتلته. هذا الـ ١٣% هو ما يُعرف بـ المواد الصلبة الكلية (Total Solids).

المواد الصلبة الكلية:

المواد الصلبة الكلية (Total Solids) هي جميع مكونات الحليب عدا الماء. يمكن تصورها ببساطة على أنها ما يتبقى لو جففنا الحليب تماماً. تتراوح نسبتها في حليب البقر عادة بين ١٢% و ١٣.

التصنيف الأساسي للمواد الصلبة:

أ) الدهن (Fat):

· يشكل الجزء الأكبر من التباين في المواد الصلبة الكلية.

· يتراوح بين ٣,٥% و٤,٥% حسب السلالة والتغذية ومرحلة الإدرار.

· موجود على شكل كريات دهنية مستحلبة في الطور المائي.

ب) المواد الصلبة اللادهنية (Solids-Not-Fat / SNF):

· تشمل جميع مكونات الحليب ما عدا الماء والدهن.

· تتراوح نسبتها عادة بين ٨,٥% و٩,٥%.

· تتكون من: البروتين (~٣,٠-٣,٧%)، اللاكتوز (~٤,٦-٥,٠%)، المعادن (~٠,٦-٠,٨%)، الفيتامينات.

***توزيع المكونات على أطوار الحليب**

الطور ١: المحلول الحقيقي (True Solution)

· يحتوي على اللاكتوز (سكر ثنائي: غلوكوز + غالاكتوز).

· يحتوي على بروتينات مصل اللبن: وتمثل نحو ٢٠% من بروتين الحليب، وأهمها β-lactoglobulin و α-lactalbumin، وهي بروتينات ذائبة وحساسة للحرارة.

· يحتوي على الأملاح الذائبة (الصوديوم، البوتاسيوم، الكلوريد، الكالسيوم الذائب).

· يحتوي على الفيتامينات الذوابة في الماء (مجموعة B و C).

الطور ٢: المعلق الغروي (Colloidal Dispersion)

· البروتين الرئيسي الكازين (نحو ٨٠% من بروتين الحليب) موجود على شكل ميسيلات كازين ضخمة (٥٠-٥٠٠ نانومتر).

· الكازين بروتين غير قابل للذوبان في الماء، ويوجد في الحليب على شكل معلق غروي.

· هذا الطور هو أساس صناعة الجبن والروب، وأي خلل في توازن الكالسيوم يؤثر على تماسك الخثرة.

الطور ٣: الطور الدهني (المستحلب)

· كريات الدهن (١–٢٠ ميكرومتر) موزعة في الطور المائي.

· الدهون موجودة على شكل كريات دهنية محاطة بغشاء بروتيني–دهني يمنعها من الالتصاق ببعضها.

· نحو ٩٨% من الدهون هي ثلاثيات الغليسيريد.

· هذا الطور هو المسؤول عن لون الحليب وقوامه، وهو أول ما يتأثر بالخض والتحريك.

الماء هو الطور المستمر الذي تنتشر فيه جميع هذه المكونات.

<u>أشكال الماء في الحليب</u>

أ) الماء الحر (Free Water):

· يمثل ~٩٦% من إجمالي الماء.

· نشاط مائي (Aw) قريب من ١.

· قابل للتجمد عند –٠,٥٥°م، قابل للتبخر.

· الوسط الذي تنمو فيه الميكروبات وتحدث فيه التفاعلات الإنزيمية.

ب) الماء المرتبط (Bound Water):

الماء المرتبط هو الماء الذي يرتبط بالمكونات الصلبة للحليب – خاصة البروتينات والدهون والسكريات – بروابط كيميائية وفيزيائية مختلفة. يمثل حوالي ٤% من إجمالي الماء، لكن أهميته تتجاوز هذه النسبة الضئيلة كثيراً.

لماذا الماء المرتبط مهم في تقانات الألبان؟

· التجفيف: الماء المرتبط هو آخر ما يُزال في عمليات التجفيف لأنه يحتاج لطاقة حرارية أعلى من الماء الحر.

· التجميد: الماء المرتبط لا يتجمد، وهذا مهم في تركيز الحليب بالتجميد.

· الجودة الميكروبية: النشاط المائي المنخفض يعني أنه غير متاح لنمو وتكاثر الميكروبات.

· الخواص الوظيفية: يؤثر على قوام المنتجات مثل صلابة الجبن.

الخصائص الفيزيائية الأساسية للحليب

من الضروري معرفة أن الحليب ليس مجرد تركيبة كيميائية، بل له خصائص فيزيائية تحدد جودته وسلوكه التصنيعي:

· الوزن النوعي (Specific Gravity): يتراوح بين ١,٠٢٩ و١,٠٣٤ غ/مل. أي انخفاض عن هذا المدى قد يدل على غش بالماء.

· درجة التجمد (Freezing Point): تتراوح بين −٠,٥٤ و −٠,٥٩°م. تُعد من أدق المؤشرات لكشف الغش بالماء، لأن إضافة الماء ترفع درجة التجمد.

· درجة الحموضة (pH): الحليب الطازج السليم pH يتراوح بين ٦,٦ و٦,٨. انخفاض pH يدل على نمو بكتيري وتخمر اللاكتوز إلى حمض لاكتيك.

· الحموضة المقدرة: تُقدَّر كحمض لاكتيك وتتراوح بين ٠,١٤% و ٠,١٨% في الحليب الطازج .