بسم الله الرحمن الرحيم

كيمياء وتقنية بروتينات الحليب

تأليف

أ.د. فوزي سيد إبراهيم عثمان و **أ.د. علي أحمد محمد متولي**

أستاذ بكلية الزراعة- جامعة المنيا

أستاذ بكلية الزراعة – جامعة المنيا

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر ، ١٤٤٢هـ (٢٠٢٠م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

إبراهيم ، فوزي سيد.

كيمياء وتقنية بروتينات الحليب./ فوزي سيد إبراهيم؛ علي أحمد متولي - الرياض، ١٤٤٢هـ

٢٧٩ ص، ١٧×٢٤سم

ردمك: ٦-٩١٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- الحليب أ- متولي، علي أحمد (مؤلف مشارك) ب. العنوان

ديوي ١, ٦٣٧ ١٤٤٢/٢٥٥٣

رقم الإيداع: ١٤٤٢/٢٥٥٣

ردمك: ٦-٩١٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي ، وقد وافق المجلس على نشره في اجتماعه الثالث عشر للعام الدراسي ١٤٤١هـ ، المعقود بتاريخ ٣٠/ ٦/ ١٤٤١هـ، الموافق ٢٤/ ٢/ ٢٠٢٠م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

المقدمة

يمثل الحليب أحد أهم الأغذية للكثير من سكان العالم؛ لاحتوائه على العناصر الأساسية اللازمة لتغذية الإنسان في المراحل المختلفة من حياته، ويُعـد النهوض بالحالة الغذائية للمجتمعات من الواجبات الهامة، فالتغذية لها أثر كبير على صحة الأفراد، والمجتمع وبالتالي بدأ الاهتمام بالحليب كمصدر للغذاء من عدة قرون، ويُعـد الحليب مصدرًا جيدًا للبروتينات ذات المصدر الحيواني؛ لما يحتويه من أحماض أمينية أساسية، ولازمة لجسم الإنسان، وكان الكازين وبروتينات الشرش من البروتينات التي تمت دراستها وتسميتها وعلي سبيل المثال فمنذ عام ١٨٧٣م، وحتى الآن تم تعريف الكازين: بأنه البروتين الرئيس في الحليب، ومازالت الدراسات تجري حتى الآن على بروتينات الحليب لدراسة التركيب الكيمائي، والبنائي، والصفات، والخواص، وأهم التفاعلات التي يمكن أن تحدث نتيجة لتأثير بعض المعاملات التصنيعية، مثل: المعاملات الحرارية، والتركيز، والتجفيف، والترشيح الفائق وخلافه.

وفي السنوات الأخيرة ومع تزايد المعرفة، فإن المشتغلين في مجال الصناعة اهتموا بالبحث عن مصادر رخيصة وبديلة؛ لتحضير بروتينات الحليب على نطاق تجاري، ولقد أمكن الحصول على العديد من منتجات بروتينات الحليب وفقًا لاختلاف هذه البروتينات في الخواص الطبيعية، والكيمائية، فعلى سبيل المثال: أمكن الحصول على الكازين، والكازينات المختلفة، وبروتينات الحليب الكلي، واللاكتالبيومين، كما أمكن الحصول على معزولات بروتينات الشرش، ومركزات بروتينات الشرش، ولقد أمكن الحصول على الشقوق المختلفة لبروتينات الحليب .

ولم تتوقف تطبيقات واستخدامات بروتينات الحليب على ذلك، بل تم تحضير الببتيدات النشطة الحيوية من هذه البروتينات، وتجري المزيد من الدراسات؛ لمعرفة أهميتها الغذائية والصحية، واستخدامها في مجال الصيدلة .

ولقد حاولنا بقدر المستطاع أن يكون هذا الكتاب سهلًا غزيرَ المعلومات المنتقاة من أحدث المراجع العلمية، ولما لوحظ أن هناك نقص في إيجاد مرجع باللغة العربية عن موضوع الكتاب، فقمنا بإعداد هذا المرجع ليكون مرجعًا علميًا أساسيًا، وكتابًا منهجيًا؛ حتى ينتفع به قطاع عريض من القراء للاستفادة منه، وهو بذلك يكون موجهًا للطلاب في المراحل المختلفة (مرحلة البكالوريوس والدراسات العليا) وللمهتمين بصناعة الحليب ،وبرامج التغذية الحديثة في المجتمعات المتحدثة باللغة العربية.

يحتوي الكتاب على ثمانية أبواب بالإضافة إلى ٩١ شكلاً توضيحياً، و ٣١ جدولاً

يتضمن الكتاب العديد من الرموز، والتفاعلات الكيمائية التي تزيد من قيمته العلمية

وفي الختام نتقدم بوافر الشكر والتقدير لكل من ساهم في إعداد، وإخراج هذا الكتاب في صورته النهائية.

أ. د. فوزي سيد إبراهيم
أ. د. علي أحمد متولي

البروتينات
Proteins

مقدمة

البروتينات: هي عبارة عن مواد عضوية تتألف من الكربون، والأكسجين، والهيدروجين والنيتروجين، والبعض منها يحتوي على: الفوسفور، والكبريت، أو الكربوهيدرات، أو الدهون، وكلمة بروتين اسم مشتق من الكلمة اللاتينية protors ،وهي تعني: الأول أو المادة الأولى The first element ،وتعتبر البروتينات من أهم المواد الحيوية حيث تكون حوالي ٦٦٪ من المادة الجافة لجميع الخلايا. البروتين هو المسؤول عن بناء الخلايا نفسها، وكذلك تقوم البروتينات بتسهيل إنتاج الطاقة وتسهم في تنظيم جميع العمليات الحيوية، والفسيولوجية التي تبقي الخلية حية، وإن اشتقاق اللفظ اليوناني protors هذا يدل على أهميتها للكائن الحي.

ويمكن تلخيص أهمية البروتينات فيما يلي:

١- ضروري للنمو، وصيانة الأغشية.

٢- البروتينات الليفية fibrous protein ، مثل: الكولاجين Collagen وهو: البروتين الهيكلي للعظام، والأوتار، والأربطة، والجلد، وبروتين الألستين Elastin، هو أكثر مرونة من الكولاجين، وتسمح هذه المرونة للعديد من الأنسجة في الجسم بالتمدد أو التقلص، مثل: الرحم والرئتين والشرايين، وبروتين الكراتين Keratin وهو: بروتين يبني البشرة، والشعر والأظافر.

٣- تتكون الإنزيمات كليًا أو جزئيًا من بروتينات كروية (الجلوبيولينية) أي حُبيبية Globular protein (وكما هو معروف بأن الإنزيمات: هي عوامل مساعدة حيوية تساعد على التفاعلات الكيموحيوية ،والتي تجعلها ممكنة تحت الظروف العادية (عدم نشاط الأنظمة الإنزيمية يعبر عن الموت في لغة الكيمياء الحيوية) .

٤- بعض البروتينات المعدنية Metalo proteins مهمة في تفاعلات الأكسدة والاختزال، مثل: (السيتوكروم cytochrome) وكذلك أن الهيموجلوبين والميجلوبين Myglobin في الخلايا الحيوانية.

٥- تتكون الهرمونات من مشتقات الأحماض الأمينية، أو البيتيدات peptides أو البروتينات (الهرمونات هي المسؤولة عن تنظيم وربط التفاعلات الكيموحيويةن والفسيولوجية في الجسم) .

٦- تتكون الأجسام المناعية Immunoglobulins Antibodies من البروتينات (الأجسام المضادة مهمة في عمليات التطعيم، والتي تحمي الجسم ضد هجوم البكتريا، والفيروسات الغريبة) .

٧- تكون بعض السموم الهامة من مادة بروتينية، مثل: السم البوتوليني Botulins Toxins.

٨- من الناحية الغذائية فإن البروتينات: هي المصدر الرئيس للنيتروجين، وبعض العناصر الأخرى، مثل: الكبريت، والفوسفور في غذاء الإنسان، وبعض الحيوانات كما أن البروتينات تمد الجسم وبعض الكائنات الأخرى بالأحماض الأمينية الضرورية، والتي لا يستطيع الجسم بناءها بالمرة، أو يكوّنها بكميات قليلة لا تكفي لاحتياجات الجسم.

٩- تلعب دورًا حيويًا في تنظيم الأحماض، والقلويات في الدم وسوائل الجسم المختلفة، مثل: الهيموجلوبين الذي يرتبط مع كمية قليلة من الأحماض تساعد على ثبات قيم الأس الهيدروجيني (pH value) للدم.

١٠- تقوم بروتينات الألبيومين والجلوبيولين بتنظيم توازن السوائل في الجسم.

١١- تقوم بعض أنواع من البروتينات بنقل وتخزين بعض المغذيات، فمثلاً يقوم الهيموجلوبين بنقل الأكسجين من الرئتين إلى الجسم، كذلك تقوم البروتينات الدهنية

Lipoprtoteins (LDL, HDL) بنقل الكوليستيرول من وإلى الكبد، كما يقوم بروتين الفريتين (Ferritin) بتخزين الحديد.

١٢- يمد البروتين الجسم بالطاقة حيث أن كل جرام بروتين يمد الجسم بأربع سعرات حرارية، وهو ملجات الجسم الأخير لإنتاج الطاقة بعد الكربوهيدرات والدهون.

المحتويات

مقدمة.....هـ

الفصل الأول ١

تقسيم البروتينات ١

طبيعة البروتينات..... ٤

التركيب البنائي للبروتينات..... ٨

١ – البناء الأولي : primary structure ٨

٢ – البناء الثانوي : Secondary Structure..... ٨

٣– التركيب الثلاثي : Tertiary structure ١١

٤ – البناء الرباعي : Quaternary Structure:–..... ١٢

تقسيم الأحماض الأمينية..... ١٢

الخواص العامة للأحماض الأمينية..... ١٢

القدرة التنظيمية لبروتينات الحليب ٢٦

معايرة الأحماض الأمينية..... ٢٨

١ _ الأحماض الأمينية المتعادلة، ومثال لها حمض الآلانين والجليسين ٢٨

٢– الأحماض الامينية الكربوكسيلية..... ٣٣

٣– الأحماض الأمينية القاعدية ٣٥

القدرة التنظيمية للحليب وبعض منتجاته ٣٨

الفصل الثاني ٤١
بروتينات الحليب :Milk proteins ٤١
مصدر وتخليق بروتينات الحليب ٤١
أولا : الكازين Casein ٤٥
عدم تجانس الكازين ٤٦
كازينات الحليب Milk caseins ٤٨
α_{S1} Casein ٤٨
αs_{2}- Casein ٤٩
β-Casein –٣ ..... ٥١
K –Casein –٤ ..... ٥٣
ميسلات الكازين Casein micelles ٥٥
نماذج لجسيمات كازين الحليب البقري :Models for structure of bovine casein ٥٧
Sub-micelle model of casein micelle-1 ..... ٥٨
أ) نموذج Schmidt 1982 ..... ٥٩
ب) نموذج Walstra ٥٩
ج) نموذج Rollema ٦٠
د) نموذج Holt 2003 ..... ٦٢
هـ) dual binding modul (نموذج Horn 1998) ٦٢
العوامل التي تؤثر على ثبات معقد الكازين ٦٣
خصائص الكازين ٧١
بعض الصفات العامة الرئيسة لبروتينات الحليب ٧٣
الفصل الثالث ٧٧
طرق تحضير الكازين ٧٧
أولاً: تحضير الكازين الحمضي ٧٧

(أ) تحضير الكازين الحمضي باستخدام الأحماض المعدنية ٧٧
(ب) الكازين الحمضي باستخدام التخمر اللاكتيكي ٧٧
ميكانيكيه وخصائص الخثرة الحامضية ٧٨
طرق تجبن الحليب ٨٠
ميكانيكية تكوين التجبن الحمضي ٨٠
الميكانيكية الفيزوكيميائية للتجبن ٨٢
خثرة الحليب غير المسخن ٨٥
التركيب الدقيق وخصائص جل الخثرة الحامضية ٨٥
ثانيًا: تحضير الكازين الأنفحي ٨٩
تصافي الكازين ٩٢
إنتاج الكازين واستخداماته ٩٢
الفصل الرابع **٩٥**
استعمالات الكازين الحمضي، والكازين الأنفحي ٩٥
أولاً: استعمالات الكازين الحمضي ٩٥
استعمالات الكازين الأنفحي ٩٧
الاستعمالات الرئيسة، والأساسية للكازين في الغذاء ٩٧
١: الكازين في منتجات اللحوم ٩٨
٢- منتجات الكازين في الخبيز والحبوب ٩٩
٣- الكازين في القشدة المخفوقة ٩٩
٤- الكازين في أغذية مقلدات الإفطار السريعة ١٠٠
٥- الكازين في مشروبات منتجات الحليب المتخمرة وفي الشوربات ١٠٠
٦- الكازين في المساحيق المجففة عالية الدهن، والمفرودات ١٠١
٧- الكازين في أغذية الأطفال ١٠١
٨- الكازين في الأغذية السريعة، ومنتجات الباستا ١٠٢

٩- الكازين في صناعة الحلويات ١٠٢
١٠- استعمالات الكازين في المنتجات الصيدلانية، والدوائية ١٠٣
١١- الكازين في تبيض القهوة ١٠٣
١٢- الحلويات المرطبة، والمجملات، والمفرودات ١٠٤
الطرق الحديثة لإنتاج الكازين ١٠٥
١- الترسيب البارد ١٠٥
٢- الترسيب باستخدام كحول الإيثانول ١٠٦
٣- استخدام الأغشية ١٠٦
٤- استخدام الطرد المركزي عالي السرعات ١٠٦
أهمية تحضير شقوق الكازين على المستوى الصناعي ١٠٧
تحضير شقوق الكازين المختلفة معملياً ١٠٧
تصنيع الكازينات المختلفة ١١٠
أولاً: كازينات صوديوم ١١١
المعدات اللازمة لتصنيع الكازينات ١١٣
(ب) كازينات الصوديوم المجففة بطريقة الأسطوانات ١١٤
ج- كازينات الصوديوم المحببة ١١٥
د- تحضير محاليل كازينات الصوديوم المركزة ١١٥
هـ- كازينات الصوديوم المحضرة بالبثق ١١٥
٢- كازينات الأمونيوم، وكازينات البوتاسيوم ١١٦
٣- كازينات الكالسيوم ١١٦
٤- كازينات أخرى ١١٧
الفصل الخامس ١١٩
الخواص الوظيفية لبروتينات الحليب ١١٩
تأثير بروتينات الحليب على الخصائص الوظيفية لمنتجات الألبان ١٢١

تقسيم الصفات الوظيفية للبروتينات ١٢٣
أولاً: صفات التأدرت ، وهي تشمل ١٢٣
العوامل المؤثرة على ارتباط الماء بجزيئات البروتين ١٢٣
ثانيًا: صفات ارتباط البروتين – بروتين وتشمل ١٢٦
ثالثًا : الصفات السطحية ١٢٩
أولاً: خواص الاستحلاب ١٢٩
ثانيا: صفات تكوين الرغوة ١٣١
منتجات الألبان، والمساهمات الوظيفية للبروتينات ١٣٤
١ – الجبن ١٣٥
٢ – المشروبات المعتمدة على بروتينات الحليب ١٣٧
٣– قشدة القهوة، ومبيض للقهوة ١٣٨
٤ – الحلويات المرطبة، والمجملات، والمفرودات ١٣٩
الفصل السادس ١٤١
بروتينات الشرش ١٤١
تقسيم بروتينات الشرش ١٤١
أولاً: الألبيومين Albumin ،وينقسم إلى ثلاثة أقسام رئيسة وهي: ١٤١
١ – البيتا لاكتوجلوبولين β-lactoglobulins ١٤٢
٢ –الألفالاكتاالبيومين α-Lactalbumin ١٤٤
٣– البيومين سيرم الدم :– Blood serum albumin (BSA) ١٤٦
ثانيًا: الجلوبولينات المناعية Immunoglobulins ١٤٩
التقنية الحديثة لفصل Immunoglobulin و Lactoferrin ١٥٣
ثالثًا: البروتينات المرتبطة بالمعادن Metal – binding proteins ١٥٤
رابعاً: البروتينات المرتبطة بالفيتامينات Vitamin binding proteins ١٥٧
خامساً: البروتينات المرتبطة بغلاف حبيبة الدهن: (Fat globule membrane protein FGMP) .. ١٥٨

سادساً: البروتينات الصغرى ١٥٩
س) الإنزيمات الداخلية الموجودة طبيعيًا في الحليب ١٦٢
ص) البروتيوز ببتون ١٦٣
ع) المركبات النتروجينية غير البروتينية ١٦٥
تصنيع المترسبات المترافقة ١٦٩
منتجات بروتينات الشرش ١٧٧
الإنتاج الكلي للشرش ١٧٨
الموقف في مصر ١٧٩
أنواع ،وتركيب الشرش ١٨٠
تقسيم الشرش ١٨٠
طرق تحضير مركزات بروتينات الشرش..... ١٨٣
تصنيع منتجات بروتينات الشرش ١٨٦
استعمالات بروتينات الشرش ١٩٦
الفصل السابع..... ٢٠٣
تأثير المعاملات الحرارية على بروتينات الحليب..... ٢٠٣
١ - تأثير المعاملات الحرارية على بروتينات الشرش..... ٢٠٤
٢ - تأثير المعاملات الحرارية على الكازين ٢٠٦
٣ - تكوين معقد من الكابا كازين، والبيتا لاكتوجلوبولين..... ٢٠٩
٤ - تفاعلات ميلارد Maillard reaction ٢١٠
٥- تفاعل مجموعة السلفاهيدريل ٢١٩
٦- دنترة بروتينات الشرش..... ٢٢٣
٧- نزع مجموعة الأميد ٢٢٧
٨- تكوين روابط شبيهة بالروابط الببتيدية ٢٢٩
٩- نزع مجموعة الفوسفات ٢٣٠

الفصل الثامن ٢٣٣
البيتدات النشطة حيوياً **٢٣٣**
١ – ببتيدات الأوبويدopioid peptides (ذات التأثير على الجهاز العصبي) ٢٤٠
٢ – التأثير على النظام المعوي ٢٤٤
٣ – ببتيدات لها تأثير على العظام ٢٤٦
٤ – تأثيرات مضادة للسرطان ٢٤٩
٥ – التأثيرات على الجهاز المناعي ٢٤٩
٦ – البيتيدات المضادة لنمو الميكروبات ٢٥٢
٧ – التأثير على أمراض القلب، والشرايين ٢٥٦
٨ –الببتيدات المانعة للأكسدة ٢٦٢
٩ – في الأغذية الوظيفية، والصيدلانيات..... ٢٦٤
المراجع العربية ٢٦٧
المراجع الأجنبية ٢٦٨
كشاف الموضوعات ٢٧٧