مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (2) العدد (2) 2018
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (2) No. (2) 2018

دراسة إمكانية تصنيع الجبنة الرغوية من الحليب المحلي

* د.أحمد سمور الإبراهيم
**د.رمضان عطرة
***رنا رزق دربولي

(تاريخ الإيداع ٢٥ / ٤ / ٢٠١٨ . قُبل للنشر ٢٦ / ٨ / ٢٠١٨)

الملخص

إن التطور في الصناعات الغذائية يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالقدرة على تنفيذ تكنولوجيا جديدة حيث اكتشف مصنعو الأغذية إمكانية استخدام الطور الغازي كمكوِّن عديم التكلفة من أجل تصنيع منتجات خفيفة البنية (مثل الأجبان الرغوية). إن هدف هذا البحث هو تصنيع الجبنة الطازجة الرغوية من الحليب المحلي، وتقييم أداء عملية التصنيع من خلال تقدير نسبة الهواء المحتجز ضمن عينة الجبنة المصنعة A%، و تقييم الثبات (أو الاستقرار) للطور الغازي (الهواء) في الجبنة الناتجة مع الزمن R_S، حيث تم تحضير العينات باستخدام نوعين من الخلاطات (عمودي وأفقي) ، وأعطى الخلاط العمودي النتائج الأفضل من حيث نسبة الهواء المحتجز ضمن عينة الجبنة A =11% وعامل الاستقرار R_S = ٠,٧٥، وأجريت عملية دمج الهواء ضمن عينات الجبنة المصنعة باستخدام الخلاط العمودي عند درجة حرارة $25\ C^{\circ}$ وبسرعة دوران 1500 rpm، تراوحت نسبة الهواء المحتجز ضمن عينة الجبنة من A =17.1% عند إضافة أملاح الصهر، إلى A=50% عند إضافة القشدة الطازجة، وA=45% عند إضافة الزيت النباتي، كما وصلت قيمة عامل الاستقرار R_S لهذه العينات إلى (٠,٤٢ ، ٠,٩٤ ، ٠,٦٧) على الترتيب.

الكلمات المفتاحية: الحليب المحلي، الاستقرار (الثباتية)، الأجبان الرغوية.

* أستاذ مساعد – قسم الهندسة الغذائية – كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – جامعة البعث – حمص – سوريا.
** أستاذ مساعد – قسم الهندسة الغذائية – كلية الهندسة الكيميائية والبترولية –جامعة البعث – حمص – سوريا.
*** طالبة دكتوراة – عضو هيئة فنية – قسم الهندسة الغذائية – كلية الهندسة الكيميائية والبترولية –جامعة البعث – حمص – سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (2) العدد (2) 2018
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (2) No. (2) 2018

Studying the possibility of making foam cheese from local milk

*Dr.Ahmad Sammour Ibrahim
**Dr.Ramadan Atra
***Rana Darboolei

(Received 25 / 4 / 2018 . Accepted 26 / 8 / 2018)

ABSTRACT

Innovation in food industries is strongly linked to the ability to implement new technologies. Food manufacturers have discovered the ability to use gas phase as a zero-cost ingredient in order to manufacture light-textured products (such as foamed cheese).

The aim of this research is manufacturing of fresh foamed cheese from local milk, and to evaluate the performance of manufacturing process by estimating the proportion of air trapped within the processed cheese sample A% , and evaluation of the stability of gas phase (the air) in the resulting cheese over time R_S , where the samples were prepared using two types of mixers (vertical and horizontal) , and the vertical mixer gave the best results in terms of the proportion of air trapped within the cheese sample

A = 11% and stability factor $R_S = 0.75$, and the air conditioning was carried out within the samples of the processed cheese using the vertical mixer at temperature of 25 C° and rotation speed of 1500 rpm , the percentage of air held within the sample of cheese ranged from 17.1 % when adding salts to 50 % when adding fresh cream and 45 % when adding vegetables oil , and the stability factor for these samples was (0.42 , 0.94 , 0.67) respectively.

Key Words:
Local milk, Stability, Foam cheese.

* Assistant Professor-Food Engineering Department-Petrochemical Engineering College- AL-Baath University- Syrian-Homs.
**Assistant Professor-Food Engineering Department-Petrochemical Engineering College- AL-Baath University- Syrian-Homs.
***Doctorate student- Food Engineering Department-Petrochemical Engineering College- AL-Baath University- Syrian-Homs.

مقدمة:

تعد الأجبان أحد مصادر الغذاء الرئيسة كونها تحتوي على المكونات الأساسية التي يحتاجها الجسم وقد تطورت صناعة الألبان بشكل عام والأجبان بشكل خاص خلال العقود الأخيرة، حيث ما يزال قسم كبير من صناعة الجبن يتم بطرائق تقليدية [٥].

يعد قطاع الألبان في سوريا من القطاعات المهمة لتأمين المواد الغذائية للسكان كونه يوفر٥١,٦% من إجمالي نصيب الفرد من البروتين الحيواني المقدر بحوالي ٢٢,٨g في اليوم، ويسهم في توفير فرص عمل لأكثر من٢٨% من القوى العاملة في القطر. وقد ارتفع إنتاج الجبن في سوريا من ٩٦ ألف طن في عام ٢٠٠٢ إلى حوالي ١٢٤ ألف طن في عام ٢٠١١، على الرغم من هذه الزيادة إلا أنه غير كافٍ لسد الاحتياجات اليومية للسكان، حيث أدت زيادة الطلب وزيادة معدل نمو السكان إلى انخفاض معدل الاكتفاء الذاتي من عام ٢٠٠٣ وحتى عام ٢٠٠٩ نحو٦% [٦].

تصنف الأجبان بين أهم المنتجات الغذائية التي لا غنى عنها، فهي تتمتع بالمذاق والطعم المفضل لدى معظم الناس وقبل كل ذلك تعد مصدراً مهماً للعديد من المواد والعناصر المغذية التي يحتاجها الجسم في حياته اليومية [٧]. وحسب المنظمتين الأغذية والزراعة والصحة العالميتين يعرف الجبن بأنه المادة الطازجة أو المنضَّجة التي نحصل عليها بعد التخثر وفصل المصل من الحليب أو القشدة أو الحليب مخفف الدسم أو حليب الخض أو خليط منهما [٣]. كما يمكن تعريف الجبن بانه الخثرة الناتجة عن تخثر حليب بعض الثدييات بواسطة المنفحة أو الأنزيمات المماثلة بوجود حمض اللبن المنتج بوساطة بكتيريا حمض اللبن ويفصل جزء من الرطوبة بالتقطيع والضغط ضمن قوالب ثم الإنضاج بالتخزين لمدة من الزمن على درجات حرارة ورطوبة مناسبة [١].

إن تصنيع الجبن هو صورة من صور تحويل مادة غذائية سريعة الفساد ذات محتوى مرتفع من الرطوبة (الحليب) إلى مادة غذائية متماسكة ذات محتوى منخفض من الرطوبة (الجبن)، يمكن حفظها لمدة زمنية طويلة. نتيجة الدراسات والأبحاث تطورت الوسائل المستعملة لصناعة الجبن تدريجياً [١،٧] .

إن إحداث تطوير جديد في الصناعات الغذائية يتطلب ابتكار طرق جديدة، أو تطوير الطرق الموجودة بما يخدم تصنيع المنتج الغذائي الجديد، ومنذ نهاية الثمانينات اكتشف علماء الأغذية إمكانية استخدام الطور الغازي كعنصر لتصنيع منتجات خفيفة الكتلة (رغوية)، وهذا ما يفسر أن التهوية أصبحت واحدة من أكثر عمليات الصناعة نمواً في التسعينيات [١٠].

تمتلك المنتجات الرغوية دوراً مهماً جداً في مجال الصناعات الغذائية مثل الكريما المخفوقة، والبوظة، والأجبان الطازجة الرغوية، فهي بالنسبة للمصنع: منتج جديد أرخص ثمناً وأكثر ربحاً، وبالنسبة للمستهلك: فهو منتج حمية لانخفاض سعراته الحرارية، ذو قوام خفيف، مظهر متجانس وتوزع منتظم للطعم داخل الفم [١١].

أكد العالمان (Kruif and Tuinier)(2001) أن الأنظمة الغذائية تتألف في الواقع من مزيج معقد من عدة مكونات: بروتينات، وماء، وسكريات، ومادة دسمة، ومركبات أخرى منخفضة الوزن الجزيئي حيث تلعب

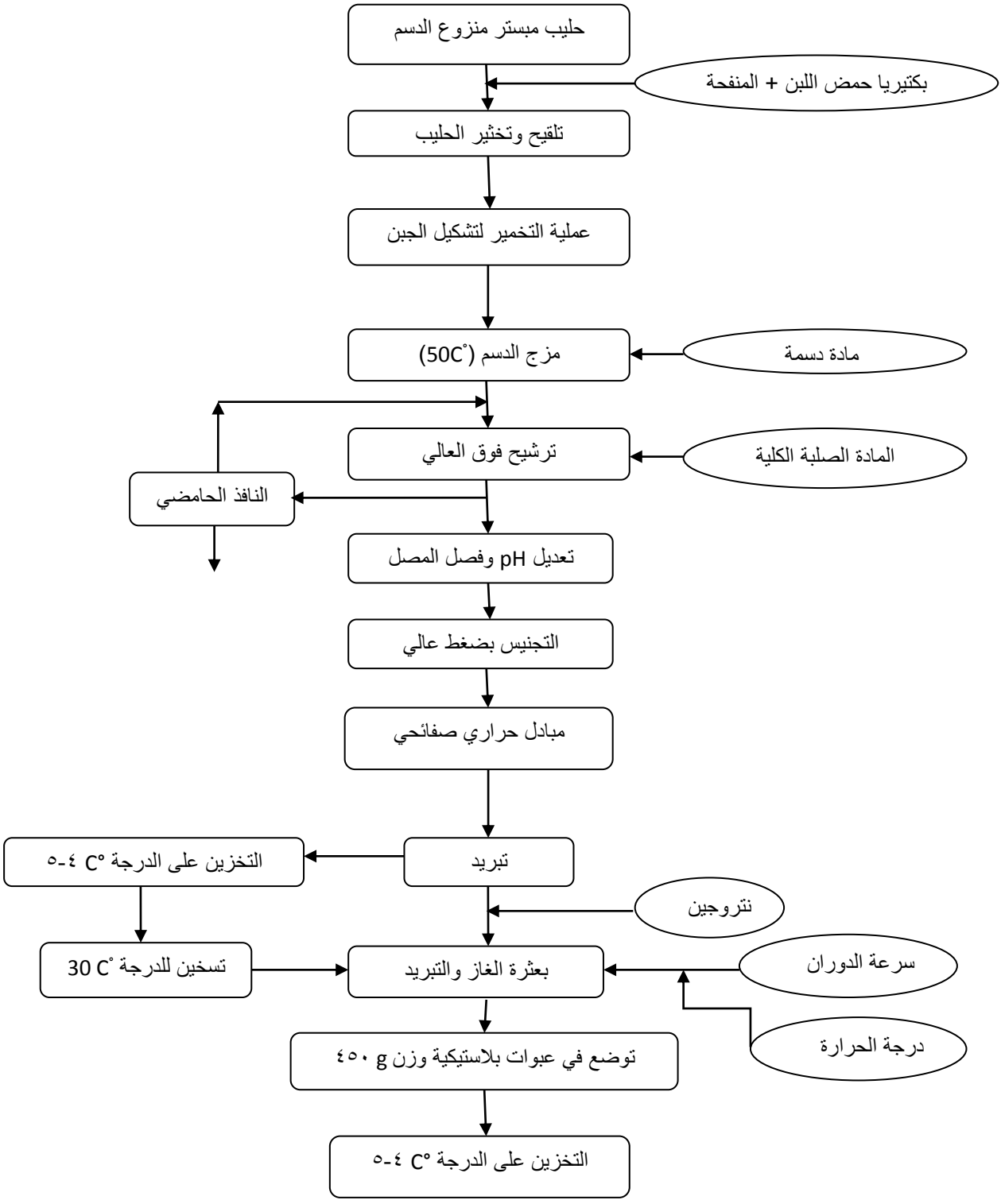
البروتينات والسكريات الدور الأكثر أهمية في بنية وثباتية المستحلبات والرغوات الغذائية، حيث تعمل البروتينات على تسهيل تَشكُل المستحلب أو الرغوة، والسكريات المتعددة تُحَسن ثباتيتها من خلال زيادة لزوجة الطور المستمر [١٥].

وتصنع المنتجات الرغوية الغذائية بطريقتين:

طرق متقطعة بسيطة: تعتمد على وضع حجم معين من المادة الأولية ثم الخفق لإدخال فقاعات الهواء من الوسط باستخدام الخفاق اليدوي أو الكهربائي العادي.

طرق مستمرة: يتم ضخ المادة الأولية والهواء بشكل مستمر واستخدام ما يسمى أنظمة rotor–stator المستخدمة كثيراً في الصناعة [١٢].

وتحضر الأجبان الطازجة المعدة للتصنيع الرغوي ببسترة الحليب على ال درجة°C٧٢ مدة sec ١٥ ثم يبرد الحليب وتضاف المنفحة والبكتيريا اللبنية المحبة للحرارة المتوسطة عند الدرجة °C٢٢، وبعد تشكل الخثرة يفصل المصل وتخضع الخثرة لعملية تجنيس ثم البسترة على الدرجة °C٧٢ مدة sec١٠، ثم تبرد بعدها الجبنة الطازجة وتحفظ عند درجة °C (٤–٥). ويتم تحضير الجبنة الرغوية من الجبنة الطازجة بالطريقة المستمرة وفق الخطوات المبينة في الشكل رقم (١):



الشكل(١): مخطط تصنيع الجبنة الرغوية بالطريقة المستمرة [١٦]

أهمية البحث وأهدافه:

تمتلك عملية تصنيع المنتجات الغذائية الرغوية أهمية كبيرة جداً في الوقت الحالي، فهي تقدم بالنسبة للمستهلك منتج ذي قوام خفيف ومظهر متجانس وتوزع منتظم للطعم داخل الفم، وبالنسبة للمصنِّع منتج جديد وبسعر أقل حيث أنه يتم تصنيع عدة قطع من المنتج من كتلة محددة نتيجة زيادة الحجم بسبب دخول الهواء ضمن المنتج خلال عملية التصنيع. هدف هذا البحث تصنيع الجبنة الطازجة خفيفة البنية (الرغوية) من الحليب المحلي وذلك بتحقيق انتشار للطور الغازي (الهواء) المستخدم واستقراره على شكل فقاعات صغيرة ضمن المنتج، وذلك باستخدام خلاط كهربائي، وتقييم أداء عملية التصنيع من خلال تقدير نسبة الهواء المحتجز ضمن عينة الجبنة المصنعة، وتقييم الثبات (أو الاستقرار) للطور الغازي (الهواء) في الجبنة الناتجة مع الزمن.

طرائق ومواد البحث:

تم إجراء العمل المخبري للبحث في مخابر قسم الهندسة الغذائية في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – جامعة البعث – حمص (عام ٢٠١٨)، وذلك وفق الخطوات التالية:

أولاً: تحضير عينات الجبنة الطازجة:

تم تحضير عينات الجبنة الطازجة المعدة لتحضير الجبنة الرغوية باستخدام حليب بقري منتج محلياً، وفق الخطوات التالية [٨]:

- يبستر الحليب على الدرجة °C٧٢ مدة sec١٥.
- يبرد الحليب للدرجة °C٤٥ وهي الدرجة المناسبة لعمل البادئ البكتيري.
- يضاف البادئ (بكتيريا حمض اللبن) بنسبة ٢% ويحرك جيداً ويترك لمدة ربع ساعة.
- يضاف كلوريد الكالسيوم بمعدل g١٥ لكل kg١٠٠ حليب ويحرك جيداً.
- تضاف المنفحة بنسبة ٢% على الدرجة °C٣٥ وتحرك جيداً ثم تترك مدة min٣٠، ويحكم على تمام عملية التخثر عند عدم التصاق الخثرة بجدران الوعاء عند تحريكه.
- تقطع الخثرة وتترك لمدة min١٠ مع التحريك من حين لآخر.
- توضع العينة ضمن قطعة قماش نظيف وتصفى للتخلص من المصل.

ثانياً: تحضير البادئ المستخدم:

إن البادئ المستخدم هو بادئ مجفد من إنتاج مخابر Krystian Hanse (Danemark) حيث نسبة بكتيريا *Lactobacillus bulgaricus* إلى بكتيريا *Streptococcus thermophiles* هي (١:١) ورمزه التجاري YC-180 (B) وتم تحضيره في حليب بقري (٢% دسم) كالتالي [١٨]:

١ – يوضع mL٢٠٠ حليب بقري (٢% دسم) في زجاجة تحضير البادئ مع غطاء.

٢- توضع هذه الزجاجة في حمام مائي بحيث يكون مستوى الماء قريباً من مستوى الحليب بالزجاجة وتسخن على درجة حرارة الغليان لمدة ساعة.

٣- يبرد الحليب حتى الدرجة C° ٤٥,

٤- يضاف ٦g من البادئ المجفف المجمد (٣% w/v) وتحرك محتويات المزيج بلطف مع المحافظة على درجة الحرارة أعلى من C°٤١,

٥- يحضن المزيج على الدرجة C° ٤١ لمدة خمس ساعات.

٦- يخزن البادئ النشط في البراد ويجب أن يتم استخدامه خلال يومين.

ثالثاً: تصنيع الجبنة الرغوية:

بعد تصنيع الجبنة الطازجة وفق الخطوات السابقة يعدل محتوى الدسم في العينة بحيث يكون بحدود ٢٣-٢٤%، بعد ذلك تأتي خطوة الخفق (بعثرة الهواء) ضمن العينة بسرعة تقدر بـ 1500 rpm ولمدة 90 sec عند درجة حرارة الجو العادية C° 20 وباستخدام الخلاط الكهربائي حتى الحصول على عينة متجانسة (لن تتسكب إذا قلب الوعاء) [١٦]. وقد تم تصنيع الجبنة الرغوية باستخدام خلاط ميكانيكي كهربائي وتم استخدام نوعين من الخلاطات في هذا البحث:

الأول: (خلاط مولينكس) بسرعتين rpm (٩٠٠٠-١١٥٠٠) له أربع شفرات متقابلة متعاكسة بقطر ٣cm متوضعة أسفل كأس الخلط ذو السعة mL ١٠٠٠ .

الثاني: خلاط عمودي (طول القسم الخاص بالخلط ١٥cm) بخمس سرعات rpm (٥٠٠-١٠٠٠-١٢٠٠-١٥٠٠-١٨٠٠) له شفرتان تتوضعان بشكل متعاكس وبقطر ٦cm [١٩].

رابعاً: تحديد التركيب الكيميائي للحليب المستخدم وعينات الجبنة الناتجة:

تم تحديد التركيب الكيميائي للحليب المستخدم وعينات الجبنة الناتجة وفق الطرق التالية:

١- تقدير المواد الصلبة الكلية: بطريقة التجفيف حتى ثبات الوزن [٢].

٢- تقدير البروتين: بطريقة سورنس التي تعتمد على السلوك المذبذب للأحماض الأمينية عند تغير حموضة الوسط الموجودة فيه، نظراً لاحتوائها على مجموعة كربوكسيلية وأخرى أمينية قلوية [٩].

٣- تقدير الدسم: بطريقة جربر وتعد من أهم الطرق وأكثرها انتشاراً في معظم الدول الأوربية والعالم [٤].

٤- تقدير سكر اللاكتوز: بطريقة قرينة الإنكسار باستخدام جهاز قياس قرينة الإنكسار (الريفراكتومتر) [٩].

٥- تقدير حموضة الحليب: بطريقة المعايرة بمحلول قلوي معلوم النظامية بوجود مشعر للدلالة على نقطة التعادل [٩].

٦- قياس pH: باستخدام جهاز pH.Meter [٤] .

خامساً: الاختبارات الفيزيائية المطبقة في البحث:

١- تقدير الكثافة: تم تقدير كثافة عينات الجبنة الطازجة والرغوية المصنعة بأخذ وزن mL ١٠٠ من الجبنة موضوعة في بيشر سعة mL 100، وتقدر (g/mL).

٢- اختبار تقدير نسبة الهواء المحتجز [٨]:

- توضع الجبنة الطازجة المعدة للتصنيع الرغوي في وعاء الخفق بعد تقطيعها إلى قطع صغيرة بشكل جيد.
- يقاس ارتفاع الجبنة في الوعاء قبل عملية الخفق (L1).
- يتم خفق الجبنة ضمن الوعاء بوساطة الخلاط الكهربائي ونستمر بالخفق حتى الحصول على تماسك جيد للعينة (يعني لن تنسكب إذا قُلب الوعاء) وفي هذا البحث تم الخفق لمدة ٩٠sec.
- يقاس ارتفاع الجبنة بعد عملية الخفق (L2)، لمعرفة نسبة الهواء المحتجز والتي تحسب وفق العلاقة التالية:

$$A\ \% = L2-L1\ /\ L1 \times 100 \quad \% \quad \text{.....علاقة رقم (١)}$$

حيث:

A %: النسبة المئوية الحجمية للهواء المحتجز في عينة الجبنة [% حجماً].

L1: ارتفاع العينة في الوعاء قبل الخفق [cm].

L2: ارتفاع العينة في الوعاء بعد الخفق [cm].

٣- تقييم الاستقرارية (الثباتية) للجبنة الرغوية [١٦]: يتم تقييم استقرار الطور الغازي (الهواء) في الجبنة الناتجة باستعمال تطور الكثافة مع الزمن حيث يمكن تقدير الاستقرار بزيادة الكثافة (أي تناقص نسبة الهواء المحجوز) بعد سبعة أيام $\rho\ F_{+7}$ عند التخزين المبرد على الدرجة C° ٤-٥ ، لذا يعرف عامل الاستقرار النسبي R_S على أنه نسبة حجم الغاز المقاس بعد سبعة أيام والذي كثافته ρ_{F+7} إلى قيمته عند القياس المباشر بعد عملية التصنيع ρ_F

$$R_S = \rho_L - \rho_{F+7} \ / \ \rho_L - \rho_F \quad \text{.....علاقة رقم (٢)}$$ حيث:

R_S : عامل الاستقرار النسبي للجبنة الرغوية.

ρ_L: كثافة الجبنة الطازجة [g/mL].

ρ_F: كثافة الجبنة الرغوية بعد عملية التصنيع مباشرة [g/mL].

ρ_{F+7}: كثافة الجبنة الرغوية بعد سبع أيام من التخزين المبرَّد [g/mL].

النتائج والمناقشة:

أولاً: استخدم في التجارب حليب بقري محلي الإنتاج، تم تحديد التركيب الكيميائي له في الجدول رقم (١) والأرقام الموجودة هي متوسط ثلاثة مكررات لكل تجربة.

الجدول رقم (١) التركيب الكيميائي للحليب المستخدم في تحضير عينات الجبن

pH	المكونات g/100g			
	البروتين	اللاكتوز	الدسم	الماء
6.7	٣,٣٥	٤,٩	٣,٦	٨٧,٢

ثانياً: تم تحضير الجبنة الطازجة وفق الخطوات المذكورة وتم تحديد المادة الصلبة الكلية بطريقة التجفيف حتى ثبات الوزن فكانت ٣٢% (متوسط ثلاثة مكررات للعينة المحضرة) وتم تعديل التركيب لهذه الجبنة بإضافة

المواد الدسمة المذكورة في الخطوات اللاحقة. والجدول رقم (٢) يوضح التركيب الكيميائي للجبنة الطازجة المحضرة.

الجدول رقم (٢) التركيب الكيميائي لعينات الجبنة الطازجة المحضرة

pH	المكونات %			
	البروتين	اللاكتوز	الدسم	الماء
٤,٦	١٩	٢	١٨	٦٨

ثالثاً: تم تحضير عينتين من الجبنة الطازجة (مادة صلبة كلية ٣٢%، دسم ١٨%) وزن كل منهما ٢٠٠g، وتم حساب كثافة هذه الجبنة الطازجة فكانت ρ_L = 89.5 g/100mL = 0.895 g/mL [١٠] [١٣] ، تم خلط العينة الأولى باستخدام الخلاط العمودي، والعينة الثانية باستخدام الخلاط الأفقي (خلاط المولينيكس)، وحساب نسبة الهواء المحتجزة وعامل الاستقرار النسبي للعينتين، فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول رقم (٣).

الجدول رقم (٣): نسبة الهواء المحتجزة وعامل الاستقرار النسبي لعينات الجبنة الرغوية المحضرة باستخدام خلاطين مختلفين.

نوع الخلاط المستعمل	L1, cm	L2, cm	A%	ρ_L, g/mL	ρ_F, g/mL	ρ_{F+7}, g/mL	R_S
خلاط عمودي	٣	٣,٣٣	١١	0.895	0.796	0.821	٠,٧٥
خلاط أفقي(مولينكس)	٢,٥	٢,٧	٨	0.895	0.823	0.887	٠,١

يلاحظ من الجدول رقم (٣) أن الخلاط العمودي أعطى نتائج أفضل (نسبة الهواء المحتجزة ١١% وعامل استقرار نسبي ٠,٧٥) من الخلاط (المولينيكس) الأفقي (نسبة الهواء المحجوزة ٨% وعامل استقرار نسبي ٠,١)، وهذا يتوافق مع ما جاء في دراسات سابقة حول مواصفات الخلاط المستخدم في تصنيع الجبنة الطازجة الرغوية، حيث أكد العالمان (Thakur, Vial. 2003a) أنه يتم تصنيع الجبنة الطازجة الرغوية وتحقيق خطوة انتشار الغاز (هنا الهواء، حيث يمكن استخدام غازات أخرى مثل غاز ثاني أكسيد الكربون والنتروجين) بجهاز مخبري يتكون من عمود مغلف من الفولاذ المقاوم للصدأ (بطول 400mm وقطر 35mm)، يتوضع بأسفله دوار ثلاثي المراحل بقطر 33mm يشغل جزءاً بسيطاً فقط من حجم العمود الفارغ (٧%)، حيث أن تصميم الجزء الدوار من النوع "متعاكس الشفرات" [١٩].

رابعاً: تم تصنيع عينات الجبنة الطازجة (المادة الصلبة الكلية ٣٢%، الكثافةρ_L=0.89 g/mL) المعدة للتصنيع الرغوي وفق الخطوات السابقة، وتم تصنيع الجبنة الرغوية من هذه العينات باستخدام الخلاط العمودي الآنف الذكر، و تم تصنيع عينات من الجبنة الرغوية مع إضافات مثل أملاح الصهر (سترات الصوديوم وبولي فوسفات الصوديوم)، والقشدة الطازجة (ماء ٦٢,٩%، دسم ٣٠,٥%، بروتين٢,٥%، لاكتوز ٣,٦%)

وبتراكيز مختلفة لتحديد أثر هذه الإضافات على عملية التصنيع كما هو مبين في الجدول رقم (٤)، والحكم على أداء عملية التصنيع من خلال حساب نسبة الهواء المحتجزة وعامل الاستقرار النسبي لعينات الجبنة الرغوية التي تم الحصول عليها.

الجدول رقم (٤): نسبة الهواء المحتجزة وعامل الاستقرار النسبي لعينات الجبنة الرغوية المحضرة عند إضافة عدة مواد وبتراكيز مختلفة.

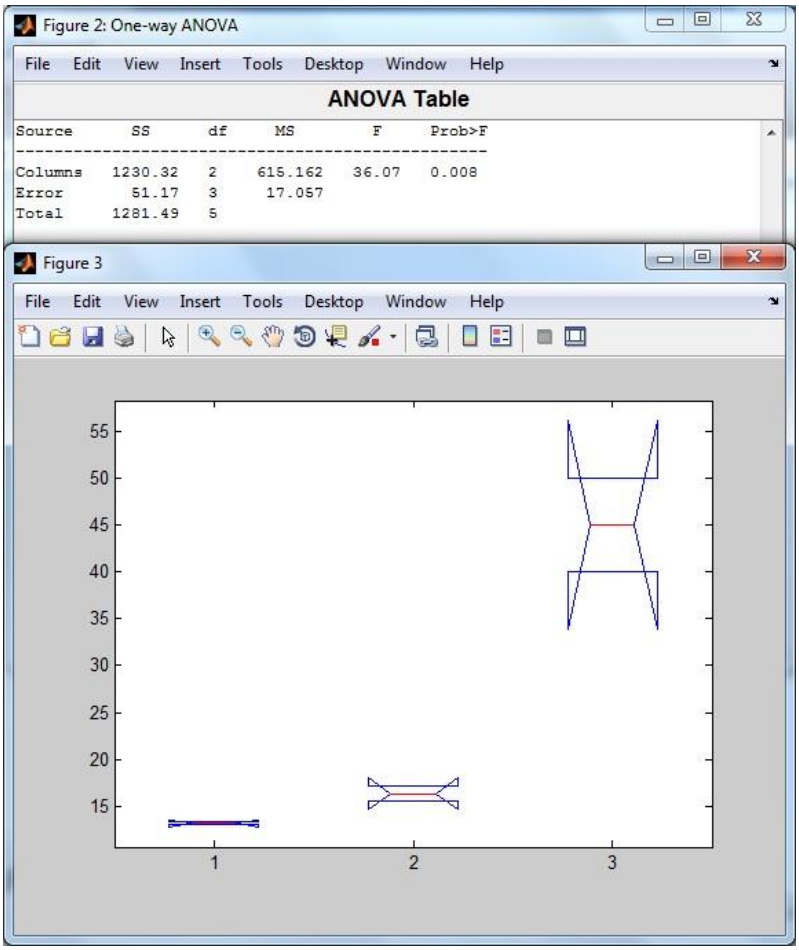
عدد العينات	المواد المضافة ليعنة الجبنة الطازجة وزنها ٢٠٠g		L1, cm	L2, cm	A%	ρ_{L}, g/mL	ρ_{F}, g/mL	ρ_{F+7}, g/mL	R_S
١	عينة جبنة طازجة بدون أية إضافات		٣	٣,٤	١٣,٣	٠,٨٩	0.84	0.88	0.2
٢	إضافة أملاح الصهر	5 g	٣,٢	٣,٧	١٥,٦	٠,٨٩	0.69	0.82	0.35
٣		10 g	٣,٥	٤,١	١٧,١	٠,٨٩	0.77	0.84	0.42
٤	إضافة القشدة الطازجة	10 g	٤	٥,٦	٤٠	٠,٨٩	0.54	٠,٥٩	0.86
٥		20 g	٤,٥	٦,٧٥	٥٠	٠,٨٩	0.40	٠,٤٣	0.94

يلاحظ من الجدول رقم (٤) أنه لم تبدِ عينة الجبنة الطازجة بدون أية إضافات قابلية جيدة للخفق (نسبة الهواء المحتجز A=13.3%)، ولم تحافظ العينة على قوامها مع مرور الزمن (عامل الاستقرار النسبي منخفض ٠,٢)، ويعود ذلك إلى انخفاض نسبة الدسم فيها، حيث أنه عندما يتم خفق العينة بدمج الهواء عمداً فيها، فهذا ينتج رغوة تحوي فقاعات الهواء الصغيرة حيث تتجمع حبيبات الدسم على جدران هذه الفقاعات الهوائية وتعمل على تثبيتها [٨]. وعند إضافة أملاح الصهر لعينة الجبنة الطازجة المحضرة تحسنت قابليتها لدمج الهواء بشكل قليل (A=15.6%) وازدادت هذه القابلية ولو بشكل طفيف (A= 17.1%) مع زيادة كمية الأملاح المضافة، وبما أن الخفق تم عند درجة حرارة الجو العادية فإن هذا التحسن ناتج عن الفعل الأولي لأملاح الصهر، لأن هذه الأملاح تتطلب تطبيق معاملة حرارية حتى تتحول باراكازئينات الصوديوم من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة [٣]، بالمقابل تحسن عامل الاستقرار النسبي لكن بشكل قليل وهذا يعود لزيادة كثافة العينات المحضرة مع بمرور الزمن ونتيجة تحرر فقاعات الهواء من العينة [١٦]. إلا أنه لوحظ تحسن ملحوظ في قابلية الخفق للجبنة الطازجة المضاف إليها القشدة (A=40%) وازداد بزيادة كمية القشدة المضافة (A=50%)، والسبب هو غنى القشدة بالدسم والبروتين اللذان يشكلان أهم العوامل المساعدة على استقرار وثبات الرغوة [١٣]، حيث تساهم جزيئات المادة الدسمة في تشكيل الغلاف المحيط بالفقاعات الهوائية، وتساعد السلاسل البروتينية في ربطها وتقويتها [١١-١٥].

وباستخدام برنامج Matlab تم استنتاج بعض المعلومات الإحصائية من خلال تحليل التباين (ANOVA) كما يظهر في الشكل رقم (٢)، حيث ندخل مصفوفة نسبة الهواء المحتجز (A) والتي تحتوي على ثلاثة أعمدة تمثل ثلاثة مجموعات للمواد المضافة بحسب الجدول رقم (٤)، أي أن العمود الأول يمثل عينة الجبنة الطازجة من دون أية إضافات والعمود الثاني يمثل إضافة أملاح الصهر، ويمثل العمود الثالث إضافة القشدة الطازجة، وعند تنفيذ التحليل البياني نحصل على جدول التحليل البياني بالإضافة إلى المخطط البياني كما في الشكل رقم (٣).

```
Command Window
>> A = [13 15.6 40; 13.3 17.1 50]

A =

   13.0000   15.6000   40.0000
   13.3000   17.1000   50.0000

>> [p,tbl,stats] = anova1(A,[1 2 3])

p =

    0.0080

stats =

    gnames: {3x1 cell}
         n: [2 2 2]
    source: 'anova1'
     means: [13.1500 16.3500 45]
        df: 3
         s: 4.1300
```

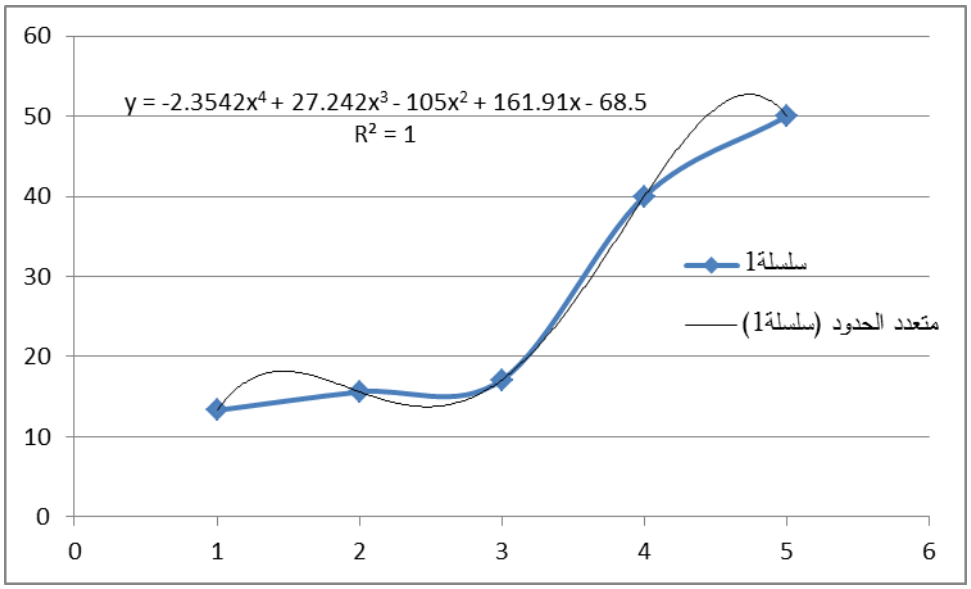
الشكل رقم (٢): كيفية إجراء التحليل البياني باستخدام برنامج Matlab



الشكل رقم (3): جدول ومخطط التحلل البياني الناتج في برنامج Matlab

ومن خلال الشكل رقم (٣) نستدل من قيمة p الصغيرة ($p=0.008<0.05$) على وجود فرق شاسع بين القيم المتوسطة لنسبة الهواء المحتجز بين مجموعات المواد المضافة، وتدل قيمة F الكبيرة ($F=36$) أن متوسط المربعات بين المجموعات أعلى منه داخل المجموعات، ونلاحظ أن التأثير الأكبر على نسبة الهواء المحتجز كان في المجموعة الثالثة أي عند إضافة القشدة الطازجة.

يعرض الشكل رقم (٤) تزايد نسبة الهواء المحتجزة داخل عينات الجبنة الرغوية المصنعة بشكل ملحوظ عند إضافة المادة الدسمة، نظراً لأهميتها في تثبيت فقاعات الهواء المتشكلة ضمن المزيج المدروس [١٢].



الشكل رقم (٤): تغير نسبة الهواء المحتجز لعينات الجبنة المدروسة وفق المواد الدسمة المضافة

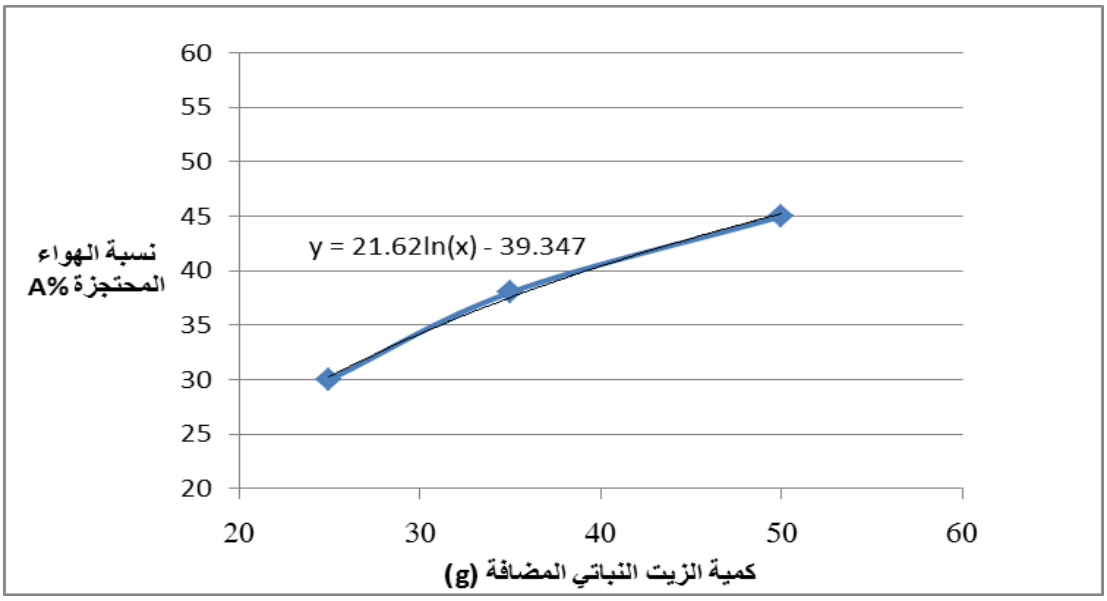
خامساً: تم تحضير ثلاث عينات من الجبنة الطازجة (مادة صلبة كلية ٣٢% ، دسم ١٨%، ρ_L=0.89 g/mL) وزن كل منهما ٢٠٠g، وتم تصنيع الجبنة الرغوية من هذه العينات باستخدام الخلاط العمودي وبإضافة زيت نباتي (زيت دوار الشمس) لهذه العينات وفق الكميات الموضحة في الجدول رقم (٥)، ثم الحكم على أداء عملية التصنيع من خلال حساب نسبة الهواء المحتجزة وعامل الاستقرار النسبي لعينات الجبنة الرغوية التي تم الحصول عليها .

الجدول رقم (٥): نسبة الهواء المحتجزة وعامل الاستقرار النسبي لعينات الجبنة الرغوية المحضرة عند إضافة تراكيز مختلفة من الزيت النباتي.

رقم العينة	كمية الزيت النباتي المضافة (g)	L1, cm	L2, cm	A%	ρ_L, g/mL	ρ_F, g/mL	ρ_{F+7}, g/mL	R_S
١	25	3	4.2	30	0.89	0.62	0.75	0.35
٢	٣٥	٣,١	٤,٢٧	٣٨	٠,٨٩	٠,٥٩	٠,٧٦	٠,٤٣
٣	50	3.2	4.35	45	0.89	0.49	0.62	0.67

نلاحظ من الجدول رقم (٥) تحسن واضح في قابلية الخفق لعينات الجبنة الرغوية المحضرة عند إضافة المادة الدسمة (الزيت النباتي) حيث وصلت نسبة الهواء المحتجز إلى ٣٠% وزادت إلى ٤٥% عند مضاعفة كمية الزيت المستخدم، وترافق ذلك بتحسن ملحوظ لثباتية العينات المحضرة مع الزمن، ولوحظ هذا التحسن من خلال ازدياد قيمة عامل الاستقرار النسبي لعينات الجبنة الرغوية المحضرة بهذه الطريقة حيث وصل إلى ٠,٦٧، ويعود ذلك إلى تأثير المادة الدسمة المضافة ودورها في تثبيت الرغوة [١٢-١٥].

يعرض الشكل رقم (٥) تزايد نسبة الهواء المحتجزة داخل عينات الجبنة الرغوية المصنعة بشكل ملحوظ عند إضافة الزيت النباتي، نظراً لأهمية المادة الدسمة في تثبيت فقاعات الهواء المتشكلة ضمن المزيج المدروس.



الشكل رقم (٥): تغير نسبة الهواء المحتجز لعينات الجبنة المدروسة وفق كمية الزيت النباتي المضافة

بملاحظة النتائج في الجدولين (٤) و (٥) نجد أن إضافة المادة الدسمة من أحد أهم العوامل المؤثرة على تشكيل الجبنة الرغوية (حيث وصلت تقدير النسبة المئوية للهواء المحتجز A=45% عند استخدام الزيت النباتي ، و A=50% عند استخدام القشدة الطازجة) وهذا يتفق مع ما أكده العالمان (Rajeev,K ، Thakur,G) في أن المادة الدسمة تساهم في زيادة الكتلة الصلبة الكلية وبالتالي تزداد اللزوجة المرنة للجبنة وبالتالي تساعد في استقرار الرغوة، بالإضافة إلى أن مادة غشاء الكريات الدسمة قادرة على المساهمة في استقرار فقاعات الهواء وذلك بالانتشار عبر سطوح التماس بين الغاز – السائل خلال عملية التشكيل الرغوي [١٧]، بالإضافة إلى غنى القشدة بالبروتينات والتي لاتقل أهمية عن المادة الدسمة في تشكيل الرغوة واستقراها، حيث أن السلاسل البروتينية هي المكوَّن الأقوى للغشاء المحيط بالفقاعات الغازية (خاصة عند سطوح التماس بين الغاز – السائل) خلال عملية تشكيل الجبنة الرغوية [١٥].

- **الاستنتاجات:**

١) يمكن تصنيع الجبنة الرغوية من الحليب المنتج محلياً، وذلك بتصنيع جبنة طازجة تحتوي على ٣٠-٤٠ % مادة صلبة كلية، وبعملية تخثر أنزيمي (أنزيم المنفحة) وبكتيري (بكتريا حمض اللبن) مشترك، ثم إجراء عملية خلط لهذه العينة (عند درجة حرارة الجو العادية C°٢٠ وبسرعة 1500 rpm ولمدة 90 sec) باستخدام خلاط عمودي بأسفله جزء دوار بقطر 60mm متعاكس الشفرات يشغل جزءاً بسيطاً فقط من حجم العمود الفارغ (٧%) الذي تتوضع فيه عينة الجبنة الطازجة، حتى الحصول على عينة الجبنة الرغوية المتجانسة.

٢) للحصول على عينات جيدة يتم تعديل تركيب الجبنة الطازجة المحضرة وذلك برفع نسبة الدسم إلى ٢٣-٢٤%، كونه يشكل العامل الأهم في استقرار الرغوة وثباتها، ودراسة تأثير نوع الدسم المضاف حيث وصلت تقدير النسبة المئوية للهواء المحتجز A=45% عند استخدام الزيت النباتي، و A=50% عند استخدام القشدة الطازجة، بسبب غنى القشدة بالدسم والبروتين اللذان يشكلان أهم العوامل المساعدة على استقرار وثبات الرغوة.

٣) تم الحكم على عينات الجبنة الرغوية الناتجة من خلال تقدير النسبة المئوية للهواء المحتجز A%، وتقييم الاستقرارية في الجبنة الناتجة من خلال تطور الكثافة مع الزمن.

- **التوصيات:**

يمكن استكمال هذا البحث بدراسة معاملات عملية تصنيع الجبنة الرغوية، والتي يمكن أن تصنف بمحورين رئيسين:

الأول: العوامل المتعلقة بعملية التصنيع مثل: سرعة الخلاط – زمن الخلط – درجة حرارة الخلط.

الثاني: العوامل المتعلقة بتركيب المنتج مثل: المادة الصلبة الكلية – نوع وكمية الدسم المضافة – استخدام مضافات غذائية (وسائط) مثبتة للرغوة.

المراجع:

١- الميدع، الياس ٢٠٠٨- " الألبان "، القسم النظري. مديرية الكتب والمطبوعات – جامعة البعث، حمص، ٣٧٩ صفحة.

٢- الميدع، الياس ٢٠٠٨- " الألبان "، القسم العملي. مديرية الكتب والمطبوعات – جامعة البعث، حمص.

٣- الميدع، الياس ١٩٩٤- " تكنولوجيا الألبان ومنتجاتها "، القسم النظري، منشورات جامعة البعث، حمص٢١٥-٢٦١.

٤- الميدع، الياس ١٩٩٠-" الألبان"، القسم العملي. مديرية الكتب والمطبوعات –جامعة حلب.

٥- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، ١٩٩٩، الكتاب السنوي للإحصائيات الزراعية العربية، المجلد رقم (١٩).

٦- المجموعة الإحصائية السنوية، ٢٠١١- الإصدار الرابع والستون. رئاسة مجلس الوزراء، المكتب المركزي للإحصاء.

٧- عطرة، رمضان ٢٠١٧- " تقانة الألبان -٢- "الجزء النظري، منشورات جامعة البعث. ٢١٣-٢١٤.

٨- عطرة، رمضان ٢٠١٧- " تقانة الألبان -٢- "الجزء العملي، منشورات جامعة البعث.

٩- عطرة، رمضان ٢٠١٥- " تقانة الألبان -١- "الجزء العملي، منشورات جامعة البعث.

10- Campbell, G, & Mougeot, E (1999). Creation and characterization of aerated food products. Trends in food science and technology, 10, 283-296.

11- Campbell, G., Webb, C., Pandiella, S., (1999). Bubbles in Foods. St Paul, Minnesota USA: Eagan Press.

12- Dickinson, E.1992- Introduction to Food Colloids. Oxford, UK: Oxford University Press.

13- Food Chemistry.2017. Influence of storage and heating on protein glycation levels of processed lactose-free and regular bovine milk products. volum221.pages 489-495.

14- John, B, Jon, R.2011. Cream Cheese Products and Methods of Making the Same. Publication number: US20110117242 A1. Franklin Foods, Inc.

15- Kruif, C, G; Tuinier, R.2001.Protein-Polysaccharide Interactions. Elselver, Foodhydrocolloids 15, The Netherlands, 555-563.

16- Rajeev,K; Thakur,G; Djelveh,L. 2006. Continuous Manufacturing of light – textured foamed cheese by dispersion of a gas phase. A.Influence of process parameters. Journal of Food Engineering 77 (1-13), France.

17- Rajeev,K; Thakur,G; Djelveh,L. 2006. Continuous Manufacturing of light – textured foamed cheese by dispersion of a gas phase. B.Influence of formulation. Journal of Food Engineering 77 (1-13), France.

18- Salminen S., Wright A. V. and Ouwehand A. 2004. Lactic Acid Bacteria – Microbiology and Functional Aspects – Third Edition, Culinary and Hospitality Industry Publications Services (CHIPS). 41-425

19- Thakure, R, Vial,C. 2003. Influence of operating conditions and impeller design on the manufacturing of foamed foods. Journal of Food Engineering,20.