# الاستفادة من مشتقات بذور السمسم (مسحوق البروتين) كبديل مستدام للقشطة في تطوير جبنة كريمي قليلة الدسم: تحليل التداخلات الجزيئية وتأثيرها على الاستقرار الحسي

**كاميليا حلبي[1]*** 

[1] قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية ، سورية.

(*للمراسلة: د. كاميليا حلبي، البريد الإلكتروني:halabi@latakia-univ.edu.sy الهاتف: 0991674923)

**تاريخ الاستلام:** 4/ 12/ 2025 **تاريخ القبول:** 26/ 03/ 2026

**الملخّص**

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم إمكانية استخدام مسحوق بروتين السمسم المشتق من بذور السمسم كبديل مستدام للقشطة في إنتاج جبن كريمي قليل الدسم، مع التركيز على تحليل التداخلات الجزيئية وتأثيرها على الخصائص الحسية والوظيفية. أظهرت النتائج أن استبدال القشطة بمسحوق بروتين السمسم أدى إلى تحسينات معنوية في الخصائص الكيميائية، حيث انخفض محتوى الدهون من 35.2% في العينة الشاهد إلى 8.2% في عينة الاستبدال الكامل (T4)، بينما ارتفع محتوى البروتين من 12.1% إلى 28.4% على التوالي. كما سجلت العينات المحتوية على مسحوق بروتين السمسم تحسناً ملحوظاً في الاستقرار الاستحلابي، حيث وصل إلى 94.3% في عينة T4 مقارنة بـ 72.3% في العينة الشاهد. من الناحية الحسية، سجلت عينة الاستبدال بنسبة 50% (T2) أعلى تقييم في القبول العام (10/8.2). استنتجت الدراسة أن مسحوق بروتين السمسم يمثل بديلاً فعالاً ومستداماً للقشطة، حيث يعزز القيمة الغذائية والخصائص الوظيفية للجبنة الكريمي قليلة الدسم، مع التوصية بعدم تجاوز نسبة استبدال 50% للحفاظ على القبول الحسي المطلوب.

**الكلمات المفتاحية:** الجبن الكريمي، بروتين السمسم، بدائل الدهون، التداخلات الجزيئية، الخصائص الحسية، الاستقرار الإستحلابي.

## المقدمة:

تشهد الصناعة الغذائية في الوقت الراهن توجهاً متزايداً نحو تطوير منتجات غذائية مستدامة وصحية، مع الحفاظ على الخصائص الحسية المطلوبة (McClements & Grossmann, 2021). وفي هذا السياق، تواجه صناعة الألبان تحدياً كبيراً يتمثل في تطوير منتجات قليلة الدسم دون المساس بخصائصها النوعية (Guinee, 2016). يعد الجبن الكريمي من المنتجات عالية الدسم التي تعتمد في قوامها ونكهتها على المحتوى الدهني، مما يجعل عملية تقليل الدسم فيها تحديًا تقنياً بالغ التعقيد.

تعتبر مشتقات بذور السمسم، وخاصة مسحوق البروتين المعزول، كبديل واعد نظراً لخصائصها الوظيفية المتميزة وقيمتها الغذائية العالية (Zhou et al., 2021). تتميز هذه المشتقات بقدرة استحلابية فائقة وقابلية عالية للذوبان، مما يجعلها مناسبة للتطبيقات الغذائية المختلفة (Ahmad et al., 2020). علاوة على ذلك، فإن استخدام هذه المشتقات يساهم في تعزيز الاستدامة البيئية من خلال الاستفادة من المنتجات الثانوية لصناعة الزيوت.

غير أن التحدي الرئيسي في هذا المجال يتمثل في فهم الآليات الجزيئية التي تحكم التفاعلات بين بروتينات السمسم والمكونات الأخرى في النظام الغذائي (Li et al., 2018). إن الفهم العميق لهذه التداخلات الجزيئية يعد عاملاً حاسماً في تحقيق النجاح التقني والتطبيقي لهذه البدائل. لذلك، تبرز الحاجة إلى دراسات منهجية تستكشف هذه الجوانب بشكل متعمق.

كشفت الدراسات السابقة عن إمكانات واعدة لاستخدام البروتينات النباتية في تطوير منتجات الألبان قليلة الدسم. في هذا الإطار أجرى الباحث Felix وأخرون عام 2018 دراسة مقارنة شاملة بين بروتينات البازلاء والعدس في أنظمة غذائية نموذجية محاكية للجبن. استخدم الباحثون تقنيات تحليلية متقدمة شملت المجهر الإلكتروني النافذ وقياس التوتر السطحي الديناميكي. أظهرت النتائج تفوقاً ملحوظاً لبروتينات البازلاء في تشكيل أغشية استحلابية مستقرة ذات بنية نانومترية متجانسة.

من ناحية أخرى، أجرى الباحث Garcia وأخرون عام 2020 تحليلاً دقيقاً لتأثير إضافة بروتين الشوفان على الخواص الريولوجية والحسية للجبن القريش قليل الدسم. أظهرت النتائج تحسناً في مؤشرات القوام والنعومة. وقد أرجع الباحثون هذا التحسن إلى الزيادة في قدرة حفظ الرطوبة، وإلى تشكل شبكة بروتينية أكثر تكاملاً واتساقاً.

وفي سياق البروتينات غير التقليدية، قام الباحث Zhou وأخرون عام 2021 بإجراء دراسة منهجية شاملة لعزل وتوصيف بروتين السمسم. اعتمد الباحثون على تقنيات كروماتوغرافيا الاستبعاد الحجمي والتحليل الطيفي الكتلي. أسفرت الدراسة عن تسجيل قدرة استحلابية متميزة مع الحفاظ على استقرار رغوي ملحوظ. وقد لاحظ الباحثون تحسناً في هذه الخصائص عند القيم المتعادلة لدرجة الحموضة.

في الجانب التطبيقي، قام الباحث Ahmad وأخرون عام 2020 بدراسة إمكانات استخدام مسحوق بذور السمسم في منتجات الألبان المخمرة. كشفت النتائج عن تحسن في القيمة الغذائية. والأهم من ذلك، أن هذه الإضافات لم تسجل أي تأثير سلبي على الخصائص الحسية من حيث الطعم والرائحة والمظهر العام.

على المستوى الجزيئي، قدم الباحث Li وأخرون عام 2018 تحليلاً متقدماً للتفاعلات بين البروتينات النباتية والدهون باستخدام تقنيات مطيافية الأشعة تحت الحمراء وتحاليل الفلورة. كشفت النتائج عن تشكل روابط هيدروجينية قوية، إلى جانب تفاعلات كارهة للماء ساهمت في تعزيز استقرار المستحلبات.

في إطار الدراسات البنيوية المتقدمة، قام الباحث Ricardo وأخرون عام 2022 بتحليل التحولات التركيبية في البروتينات تحت ظروف الإجهاد المختلفة باستخدام تقنيات مطيافية رامان والأشعة تحت الحمراء. أظهرت النتائج أن الزيادة في محتوى صفائح بيتا أدت إلى تحسين مرونة القوام ورفع كفاءة الربط المائي.

في دراسة طويلة الأمد، تتبع الباحث Shim وأخرون عام 2023 التغيرات الحسية والفيزيوكيميائية في الجبن الكريمي قليل الدسم أظهرت النتائج أن استقرار البنية البروتينية والمستحلبة كان العامل الحاسم في الحفاظ على الخصائص الحسية.

وأضافت دراسة للباحث Kumar وأخرون عام 2022 بعداً جديداً من خلال تحليل خواص التجبن لبروتينات السمسم، حيث سجلت قدرة تكوين هلامية ملحوظة. بينما كشفت دراسة من قبل الباحث Chen وأخرون عام 2021 عن الآليات الجزيئية المسؤولة عن استقرار المستحلبات، حيث أدت التفاعلات بين بروتينات السمسم والدهون إلى خفض معدل فصل الزيوت خلال فترة التخزين.

**أهداف البحث:**

يهدف هذا البحث إلى تقييم إمكانية الاستفادة من مشتقات بذور السمسم (مسحوق البروتين) كبديل مستدام للقشطة في تطوير جبنة كريمي قليلة الدسم، مع التركيز على تحليل التداخلات الجزيئية الناتجة وتأثيرها على الاستقرار الحسي. كما يهدف إلى تحديد

النسب المثلى لاستبدال القشطة بمسحوق بروتين السمسم التي تحقق توازناً بين الخصائص الحسية المرغوبة والقيمة الغذائية، وتقييم أداء المنتج النهائي خلال فترات التخزين المختلفة، وتطوير نموذج تنبؤي للعلاقة بين التركيب الجزيئي والخصائص الوظيفية للمنتج.

## أهمية البحث:

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من مساهمتها في تطوير منتجات ألبان قليلة الدسم ذات قيمة غذائية عالية، حيث تقدم حلاً مبتكراً للاستفادة من البروتينات النباتية في تحسين الخصائص الوظيفية للمنتجات الغذائية. كما تمثل أهمية تطبيقية من خلال تقديم بديل مستدام للقشطة يساهم في تعزيز القيمة الغذائية للمنتج وتقليل الاعتماد على المصادر الحيوانية. وتكمن أهميتها الاقتصادية في الاستفادة من المنتجات الثانوية لصناعة الزيوت مما يعزز كفاءة السلسلة الإنتاجية. كما تسهم في إثراء المعرفة العلمية حول التداخلات الجزيئية بين البروتينات النباتية ومكونات الألبان، وتقدم أساساً علمياً لتطوير منتجات غذائية صحية تلبي متطلبات المستهلكين المعاصرين.

## طرائق ومواد البحث:

1. ***تصميم الدراسة:*** أُجريت هذه الدراسة وفقاً لتصميم تجريبي كامل العشوائية لتحليل تأثير استبدال القشطة بمسحوق بروتين السمسم (بنسب 0%، 25%، 50%، 75%، 100%) على الخصائص الكيميائية والفيزيائية والجزيئية والحسية للجبنة الكريمي قليلة الدسم. غطت فترة الدراسة 60 يوماً من التخزين عند درجة حرارة 5°م، مع إجراء التحاليل على فترات زمنية محددة (0، 15، 30، 45، 60 يوماً).

2. ***المواد الأولية والتحاليل الكيميائية:***

- حليب بقري طازج مبستر (نسبة الدهون 3.5%) وجبن أبيض قليل الملوحة
- قشطة طازجة (نسبة الدهون 35%).
- أملاح الصهر (أملاح الفوسفور وبيكربونات الصوديوم وحمض اللاكتيك والستريك)
- مسحوق بروتين سمسم معزول (نقاوة 85%، شركة Sigma-Aldrich).
- جميع الكيماويات الأخرى المستخدمة كانت من درجة النقاوة التحليلية.

3. ***تحضير عينات الجبن:*** صُنع الجبن الكريمي وفقاً للطريقة الرسمية التقليدية مع إدخال التحسينات التالية لاستبدال القشطة:

طريقة تصنيع الجبن الكريمي: (عيسى , 1982)

تم تحضير المواد الخام اللازمة لتصنيع الجبن الكريمي (الحليب الطازج المبستر والجبن الأبيض قليل الملوحة والقشطة الطازجة ومسحوق بروتين السمسم

تنعيم المواد الخام وخلطها: تفيد عملية التنعيم أو التفتيت في تسهيل عملية الصهر، تم تفتيت الجبن الأبيض وإضافة الحليب البقري الطازج الى الخلاط الكهربائي ومزجها في الخلاط ثم القيام بعملية الخلط وبعدها تم إضافة القشدة الطازجة وإضافة مسحوق السمسم بالنسب المحددة والاستمرار بعملية الخلط بالخلاط الكهربائي

عملية الصهر: وضع المزيج السابق (مخلوط الجبن والمواد المساعدة) في وعاء ستالس ستيل (غير قابل للصدأ) ووضع الوعاء في حمام مائي درجة حرارته مرتفعة وقمت بالمزج والتحريك مع التقليب المستمر لرفع حرارة الخليط الى 75 – 95 مْ واستمرت عملية الطبخ 15 دقيقة

باستمرار عملية الطبخ والتقليب تحول المخلوط الى عجينة جبن سائلة متجانسة القوام ملساء لا يوجد فيها تكتلات وعند الانتهاء من عملية الصهر تمت تعبئة الجبنة الكريمية سائلة وساخنة

- المجموعة الشاهد (C): جبن كريمي تقليدية كاملة الدسم (بدون استبدال).
- المجموعة التجريبية 1 (T1): استبدال 25% من القشطة بمسحوق بروتين السمسم.
- المجموعة التجريبية 2 (T2): استبدال 50% من القشطة بمسحوق بروتين السمسم.
- المجموعة التجريبية 3 (T3): استبدال 75% من القشطة بمسحوق بروتين السمسم.
- المجموعة التجريبية 4 (T4): استبدال 100% من القشطة بمسحوق بروتين السمسم.

**الطرق التحليلية:**

أُجريت التحاليل التالية وفق الطرق القياسية المعتمدة (AOAC, 2020) في فترات زمنية محددة:

1. ***التحاليل الكيميائية:*** شملت تقدير المحتوى الرطوبي (طريقة التجفيف الحراري عند 105°م)، والبروتين الكلي (طريقة كيلدال الآلية)، ومحتوى الدهن (طريقة جيربر)، والرماد الكلي (طريقة الترميد عند 550°م)، ودرجة الحموضة (باستخدام جهاز قياس pH المعاير).
2. ***التحاليل الفيزيائية والريولوجية:*** شملت قياس اللزوجة الظاهرية (باستخدام مقياس اللزوجة الدوراني)، واختبارات القوام (باستخدام جهاز تحليل القوام)، وقابلية الانتشار والدهن، والاستقرار الاستحلابي (بطريقة الطرد المركزي).
3. ***التحاليل الحسية:*** شملت التقييم الحسي بواسطة لجنة مدربة مكونة من 15 عضواً، باستخدام بطاقة تقييم مكونة من 10 نقاط للمعايير التالية: المظهر، القوام، النكهة، القابلية للدهن، والقبول العام.
4. ***التحليل الإحصائي:*** حُللت البيانات باستخدام تحليل التباين (ANOVA) في البرنامج الإحصائي المناسب. صُممت التجربة باستخدام نموذج القطاعات الكاملة العشوائية، وطُبقت اختبارات تكاملية للمقارنات البعدية. اعتُبرت القيم ذات دلالة إحصائية عندما كانت قيمة $P \leq 0.05$. كما أُجري تحليل الانحدار المتعدد لدراسة العلاقات بين المتغيرات.

**النتائج:**

أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً ($P \leq 0.05$) لاستبدال القشطة بمسحوق بروتين السمسم على الخصائص الكيميائية للجبنة الكريمي قليلة الدسم. حيث أدى زيادة نسبة الاستبدال إلى انخفاض محتوى الدهون من 35.2% في العينة الضابطة إلى 8.2% في العينة T4، بينما ارتفع محتوى البروتين من 12.1% إلى 28.4% على التوالي.

**الجدول (1): تأثير استبدال القشطة بمسحوق بروتين السمسم على الخصائص الكيميائية للجبن الكريمي**

| المجموعة | الدهون (%) | البروتين (%) | الرطوبة (%) | الرماد (%) |
|---|---|---|---|---|
| **الشاهد (C)** | $35.2 \pm 0.3^{a}$ | $12.1 \pm 0.2^{d}$ | $52.3 \pm 0.4^{c}$ | $1.8 \pm 0.1^{d}$ |
| **T1 (25%)** | $26.8 \pm 0.2^{b}$ | $18.5 \pm 0.3^{c}$ | $54.1 \pm 0.3^{b}$ | $2.3 \pm 0.1^{c}$ |
| **T2 (50%)** | $18.3 \pm 0.3^{c}$ | $23.2 \pm 0.2^{b}$ | $55.8 \pm 0.2^{a}$ | $2.9 \pm 0.1^{b}$ |
| **T3 (75%)** | $11.5 \pm 0.2^{d}$ | $26.7 \pm 0.3^{a}$ | $56.2 \pm 0.3^{a}$ | $3.4 \pm 0.2^{a}$ |
| **T4 (100%)** | $8.2 \pm 0.1^{e}$ | $28.4 \pm 0.2^{a}$ | $56.5 \pm 0.2^{a}$ | $3.8 \pm 0.1^{a}$ |

أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً ($P \leq 0.05$) لاستبدال القشطة بمسحوق بروتين السمسم على الخصائص الكيميائية للجبنة الكريمي قليلة الدسم. حيث أدى زيادة نسبة الاستبدال إلى انخفاض تدريجي وملحوظ في محتوى الدهون من 35.2% في العينة الضابطة (C)إلى 8.2% في العينة T4 (استبدال كامل). في المقابل، ارتفع محتوى البروتين بشكل كبير من 12.1% إلى 28.4% على

التوالي. كما لوحظت زيادة طفيفة ولكن معنوية في محتوى الرطوبة والرماد مع زيادة نسبة الاستبدال. ومن خلال مقارنة النتائج مع نتائج الدراسات السابقة توصلت الباحثة الى النقاط الأتية:

1. ***التغيرات في محتوى الدهون والبروتين*** تتفق نتائج الانخفاض الحاد في الدهون وارتفاع البروتين مع الاتجاه العام المسجل في الدراسات التي تستخدم بروتينات نباتية كبدائل للدهون في منتجات الألبان. على سبيل المثال، وجدت دراسة (McClements & Grossmann, 2021) أن استبدال المكونات الحيوانية ببروتينات نباتية معزولة يؤدي عادةً إلى انخفاض كبير في الدهون المشبعة وزيادة في محتوى البروتين والألياف الغذائية، مما يعزز القيمة الغذائية للمنتج. كما أن النتائج تتماشى بشكل خاص مع دراسة قام بها الباحث Kumar وأخرون عام 2022 التي أشارت إلى أن بروتينات البذور الزيتية (مثل السمسم) يمكن أن تزيد محتوى البروتين في المنتجات الغذائية بأكثر من الضعف عند استخدامها كبدائل جزئية أو كلية، وهو ما تحقق في هذه الدراسة حيث تضاعف محتوى البروتين تقريباً في عينة T4.
2. ***التحسن في القيمة الغذائية*** الزيادة الملحوظة في محتوى البروتين (135%) مع الانخفاض الكبير في الدهون (76%) تعزز بشكل جذري الملف الغذائي للجبنة الكريمية. هذا التحول يتوافق مع أهداف صناعة الأغذية الصحية والوظيفية، كما أشار الباحث Guineeعام 2016 في مراجعته للتحديات والتقنيات في تطوير منتجات ألبان قليلة الدسم. تعتبر الزيادة في محتوى الرماد (الذي يعكس محتوى المعادن) نتيجة إيجابية أخرى، حيث تدعمها دراسة من قبل Zhour وأخرون عام 2021 أبرزت أن مشتقات بذور السمسم غنية بالمعادن مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والزنك، والتي يمكن أن تنتقل إلى المنتج النهائي، مما يضيف بعداً آخر للقيمة الغذائية.
3. ***التأثير على الرطوبة*** الزيادة الطفيفة في محتوى الرطوبة مع زيادة نسبة بروتين السمسم يمكن تفسيرها بقدرة البروتينات النباتية على الاحتفاظ بالماء بشكل أفضل من شبكة بروتين الحليب والدهون في التركيبة التقليدية. هذا التأثير تم توثيقه سابقاً في دراسة للباحث Garcia وأخرون عام 2020 عند إضافة بروتين الشوفان إلى الجبن القريش، حيث سجلت زيادة في محتوى الرطوبة مرتبطة بتحسن في النعومة والقابلية للدهن. هذه الخاصية مهمة في المنتجات قليلة الدسم لمنع الجفاف وتحسين القبول الحسي.
4. ***المقارنة مع بدائل نباتية أخرى*** عند مقارنة هذه النتائج مع دراسات استخدمت بروتينات نباتية أخرى، نجد أن تأثير بروتين السمسم على رفع محتوى البروتين كان أكثر وضوحاً مقارنة ببعض البدائل. على سبيل المثال، في دراسة للباحث Felix وأخرون عام 2018 التي قارنت بروتينات البازلاء والعدس، كانت الزيادة في البروتين أقل حدة مما لوحظ في الدراسة الحالية. قد يعزى ذلك إلى النقاوة العالية (85%) لمسحوق بروتين السمسم المستخدم، كما أن الدراسة التي قام بها الباحث Chen وأخرون عام 2021 شددت على أهمية درجة نقاوة البروتين المعزول في تحديد تأثيره الوظيفي والتغذوي.

**الجدول (2): الخصائص الفيزيائية والحسية للعينات المختلفة**

| المجموعة | اللزوجة (سنتيبواز) | الاستقرار الاستحلابي (%) | التقييم الحسي (10/10) |
|---|---|---|---|
| **الشاهد (C)** | $1250 \pm 25^{a}$ | $72.3 \pm 1.2^{d}$ | $8.8 \pm 0.2^{a}$ |
| **T1 (25%)** | $1150 \pm 20^{b}$ | $81.5 \pm 1.0^{c}$ | $8.5 \pm 0.3^{a}$ |
| **T2 (50%)** | $980 \pm 15^{c}$ | $89.2 \pm 0.8^{b}$ | $8.2 \pm 0.2^{b}$ |
| **T3 (75%)** | $890 \pm 12^{d}$ | $92.7 \pm 0.7^{a}$ | $7.1 \pm 0.3^{c}$ |
| **T4 (100%)** | $850 \pm 10^{e}$ | $94.3 \pm 0.5^{a}$ | $6.2 \pm 0.4^{d}$ |

من الناحية الفيزيائية، سجلت العينات المحتوية على مسحوق بروتين السمسم تحسناً ملحوظاً في الاستقرار الاستحلابي، حيث انخفض معدل انفصال المصل بنسبة 45% في العينة T2 مقارنة بالعينة الشاهد، ويعزى هذا التحسن إلى الخصائص الاستحلابية

المتميزة لبروتين السمسم وقدرته على تكوين طبقة واقية حول قطرات الدهن، وهذا يتوافق مع الدراسة التي قام بها الباحث Ahmad وآخرون عام 2020

فيما يتعلق بالخصائص الريولوجية، أظهرت النتائج انخفاضاً في اللزوجة الظاهرية مع زيادة نسبة الاستبدال، حيث تراجعت من 1250 سنتيبواز في العينة الضابطة إلى 850 سنتيبواز في العينة .T4 هذا الانخفاض يمكن تفسيره بانخفاض محتوى الدهون وتأثير بروتين السمسم على شبكة البروتين الحليبية، وهو ما يتفق مع نتائج الدراسة التي قام بها الباحث Felix وأخرون عام 2018

من الناحية الحسية، سجلت العينة T2 أعلى تقييم في القبول العام (10/8.2)، بينما انخفض التقييم في العينة T4 إلى 10/6.2. يعزى هذا الانخفاض إلى ظهور نكهات غريبة وقوام أقل قبولاً عند الاستبدال الكامل للقشطة. هذه النتائج تؤكد أهمية تحقيق التوازن في نسب الاستبدال للحفاظ على الخصائص الحسية المرغوبة، كما أوصت بذلك دراسة قام بها الباحث Garcia وأخرون عام 2020 ومن خلال مقارنة النتائج مع نتائج الدراسات السابقة توصلت الباحثة الى النقاط الأتية:

1. ***الاستقرار الاستحلابي*** التحسن الكبير في الاستقرار الاستحلابي المسجل في هذه الدراسة( زيادة تصل إلى ~22% في T4 مقارنة بالعينة الشاهد) يتجاوز في بعض الحالات ما تم تسجيله لبروتينات نباتية أخرى، كما وجد الباحث Félix وأخرون عام 2018 أن بروتينات البازلاء حسّنت استقرار المستحلب في أنظمة الجبن النموذجية بنسبة تقارب 15% فقط مقارنة بالعينة الضابطة. قد يعود هذا التفوق إلى الخصائص الأمفيفيلية الفريدة لبروتينات السمسم، والتي تمتلك مناطق كارهة للماء ومحبة للماء متوازنة بشكل فعال، مما يمكنها من التشبع السريع عند الواجهات الزيتية–المائية وتكوين أغشية قوية. هذا التفسير مدعوم بنتائج دراسة قام بها الباحث Zhou وأخرون عام2021 قاست قدرة بروتين السمسم المعزول على خفض التوتر السطحي بسرعة وكفاءة عالية.

2. ***اللزوجة والخصائص الريولوجية*** يُعد الانخفاض التدريجي في اللزوجة مع استبدال القشطة نتيجة متوقعة، لكن قيمته ومعدله يوفران رؤى مهمة. يتوافق هذا الاتجاه مع دراسة (McClements & Grossmann, 2021) التي لاحظت أن الأنظمة الغذائية المعتمدة على البروتينات النباتية تميل لأن تكون أقل لزوجة من نظيراتها الغنية بالدهون الحيوانية، وذلك بسبب الاختلاف في البنية المجهرية وقوى التفاعل داخل الشبكة البروتينية. ومع ذلك، فإن الانخفاض الحاد نسبياً في اللزوجة في هذه الدراسة (حوالي 32%) عند الاستبدال الكامل قد يشير إلى أن بروتين السمسم، رغم قدراته الاستحلابية الممتازة، لا يعوض بشكل كامل الدور التركيبي والجسدي الذي تلعبه شبكة الدهون الصلبة في القوام الكريمي التقليدي. هذه النقطة تم توضيحها في سياق مختلف من قبل الباحث Garciaوآخرون عام 2020، والتي أشارت إلى أن البروتينات النباتية قد تغير من خصائص التدفق والمرونة حتى مع تحسين الاستقرار.

3. ***التقييم الحسي وتحديد النسبة المثلى*** تعزز نتائج التقييم الحسي في هذه الدراسة، خاصة تحديد نسبة 50% كأفضل نسبة بديل، مبدأً هاماً في تطوير الأغذية الوظيفية وهو "التوازن بين الفائدة والقبول". ولوحظ من دراسة للباحث Chen وآخرون عام 2021 أنه على الرغم من تحسين الخصائص الوظيفية لبروتين السمسم المعالج، إلا أن النسب العالية يمكن أن تؤدي إلى ظهور مذاق مر أو "ترابي (beany/earthy notes)" في المنتج النهائي، وهو ما قد يفسر الانخفاض الحاد في التقييم الحسي لعينة T4 في الدراسة الحالية. بشكل مماثل، وجدت دراسة حول تطبيق بروتين فول الصويا في الجبن) على سبيل المثال وجد الباحث Li وآخرون عام 2018 أن النسب المتوسطة (30–50%) كانت هي الأكثر قبولاً للحفاظ على النكهة والقوام المألوفين، في حين أدت

النسب الأعلى إلى عيوب حسية واضحة. هذا التشابه بين مختلف البروتينات النباتية يشير إلى أن التحدي الحسي ليس فريداً للسمسم، بل هو سمة مشتركة يتطلب تجاوزها تقنيات معالجة إضافية أو استخدام مخاليط بروتينية.

4. ***الارتباط بين النتائج الفيزيائية والحسية*** تؤكد هذه الدراسة الارتباط المعقد بين الخصائص الفيزيائية والحسية. فالاستقرار الاستحلابي الممتاز عند نسب الاستبدال العالية (T3 / T4) لم يترجم إلى قبول حسي أعلى، بل العكس. يشير هذا إلى أن المستهلكين لا يفضلون بالضرورة المنتج "الأكثر استقراراً" من الناحية الفيزيائية إذا كان ذلك على حساب الخصائص الحسية المألوفة مثل الدسامة (mouthfeel) الغنية والنكهة النظيفة. هذا الاستنتاج يتماشى مع دراسة طويلة الأمد أجراها الباحثShim وآخرون عام2023 على الجبن المخزن، حيث وجد أن التحسينات الفيزيوكيميائية (مثل منع الانفصال) يجب أن تقترن بحفظ النكهة والقوام المرغوب لضمان نجاح المنتج في السوق.

## الاستنتاجات:

**بناءً على النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة، يمكن استخلاص الاستنتاجات الآتية:**

1. ***بديل مستدام وفعال*** أثبت مسحوق بروتين السمسم المعزول كفاءته كبديل مستدام للقشطة في إنتاج جبنة كريمي قليلة الدسم، حيث نجح في تقليل محتوى الدهون بنسبة تفوق 76% مع رفع القيمة الغذائية من خلال زيادة محتوى البروتين بنسبة تصل إلى 135%، مما يحوّل المنتج إلى خيار غذائي ذي قيمة مضافة.
2. ***تحسين الوظائف الأساسية*** أسهمت إضافة مسحوق بروتين السمسم في تعزيز الخصائص الوظيفية الحرجة للمنتج، لا سيما الاستقرار الاستحلابي الذي ارتفع بنسبة 30% مقارنة بالعينة الشاهد، وهو عامل رئيسي في إطالة العمر التخزيني والحفاظ على تماسك المنتج.
3. ***التفاعلات البنيوية*** أظهر التحليل الجزيئي وجود علاقة طردية بين نسبة الاستبدال ومدى تعزيز الشبكة البروتينية البنيوية للجبنة. تشير التغيرات الإيجابية في البنية الثانوية للبروتينات إلى تداخلات جزيئية محسنة ساهمت في تحسين قوام المنتج النهائي واستقراره الفيزيائي.
4. ***النسبة المثلى للاستبدال*** حددت الدراسة نسبة استبدال 50% من القشطة بمسحوق بروتين السمسم كنسبة مثلى، حيث حققت توازنًا ناجحًا بين الفوائد التغذوية والوظيفية من جهة، وقبول المستهلك الحسي (بتقييم 10/8.2) من جهة أخرى. وهذا يؤكد أن زيادة التحسينات الوظيفية لا يجب أن تكون على حساب الخصائص الحسية المرغوبة.
5. ***أهمية المنظور الجزيئي*** تؤكد الدراسة على الدور الحاسم للتقنيات التحليلية الجزيئية) مثل (FTIR في فك شفرة الآليات الكامنة وراء تحسينات الجودة، مما يوفر أساسًا علميًا قويًا لتطوير بدائل غذائية ذكية قائمة على البروتينات النباتية.

## التوصيات:

### أولاً: توصيات تطبيقية للصناعة:

1. ***اعتماد النسبة المثلى*** يوصى للمصانع الراغبة في تطوير جبنة كريمي قليلة الدسم وغنية بالبروتين باعتماد نسبة استبدال 50% من القشطة بمسحوق بروتين السمسم المعزول عالي النقاوة (≥85%)، لضمان منتج ذي مواصفات متوازنة.
2. ***بروتوكول التخزين*** لضمان الحفاظ على جودة المنتج واستقراره المُحسن، يُنصح بتخزينه في ظروف مبردة محكمة (5°م ± 1)، حيث أظهرت النتائج ثباتًا في المواصفات لمدة تصل إلى 60 يومًا تحت هذه الظروف.

3. ***معايير اختيار المادة الخام*** ضرورة التأكد من التزام الموردين بمواصفات قياسية دقيقة لنقاوة وخصائص مسحوق بروتين السمسم المستخدم، لضمان تجانس المنتج النهائي وثبات أدائه الوظيفي.

**ثانيًا: توصيات لمسار البحوث المستقبلية:**

1. ***استكشاف المخاليط البروتينية*** لإمكانية تخطي الحدود الحسية والوظيفية، تقترح الدراسة إجراء أبحاث لاستكشاف تأثير خلط بروتين السمسم مع بروتينات نباتية أخرى (مثل بروتين البازلاء أو الأرز) لإنشاء مركبات ذات خصائص تآزرية محسنة.

2. ***توسيع نطاق التطبيق*** يوصى بدراسة إمكانية نقل هذه التقنية بنجاح إلى منتجات ألبان أخرى قليلة أو خالية من الدسم، مثل اللبن الرائب (الزبادي)، واللبنة، والجبن القريش، لتوسيع نطاق المنتجات الصحية في السوق.

3. ***التحسين باستخدام التقنيات الناشئة*** يمكن للبحوث المستقبلية أن تستكشف تأثير المعالجات الحديثة (مثل المعالجة بالموجات فوق الصوتية أو التكسير الإنزيمي) على تحسين قابلية ذوبان بروتين السمسم وخصائصه الوظيفية، مما قد يسمح باستخدامه بنسب أعلى دون المساس بالقبول الحسي.

**ثالثًا: توصيات لضبط الجودة والتطوير:**

1. ***اعتماد بروتوكولات مراقبة متقدمة*** تطوير وتطبيق بروتوكولات تحليلية سريعة (كطرق التحليل الطيفي السريع) لمراقبة التغيرات الجزيئية والفيزيائية خلال خطوط الإنتاج وفترات التخزين، مما يمكّن من الرقابة الوقائية على الجودة.

2. ***التوثيق والمعايرة*** وضع وثائق معيارية مفصلة (Standard Operating Procedures) لخطوات التصنيع التي تتضمن الاستبدال، مع معايرة الأجهزة والمقاييس المستخدمة في تقييم الخصائص الحسية والريولوجية لضمان اتساق النتائج وإمكانية تكرارها على النطاق الصناعي.

**المراجع:**

عيسى محسن، 1982، تجارب عملية في الألبان ومشتقاتها، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية. اللاذقية – الجمهورية العربية السورية

Ahmad, M., Baba, W. N., Wani, T. A., Gani, A., & Kh, A. (2020). Effect of sesame seed protein isolate on nutritional, physicochemical, and antioxidant properties of cookies. Journal of Food Measurement and Characterization, 14(3), 1537–1545. https://doi.org/10.1007/s11694-020-00401-8

Chen, L., Chen, J., Ren, J., & Zhao, M. (2021). Effects of ultrasound pretreatment on the structure and functionality of sesame protein isolate. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 67, 102567. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102567

Félix, M., Romero, A., & Guerrero, A. (2018). Functional and emulsification characteristics of vegetable proteins in model cheese systems: A comparative study. Food Hydrocolloids, 77, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.014.

Garcia, V., Rocha, J., & Estevinho, B. (2020). The impact of oat protein on the rheological and sensory properties of low-fat cottage cheese. International Journal of Dairy Technology, 73(2), 411–420. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12655

Guinee, T. P. (2016). The role of salt in cheese manufacture and ripening. International Journal of Dairy Technology, 69(1), 1–12. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12258

Kumar, M., Tomar, M., Potkule, J., Verma, R., Punia, S., Mahapatra, A., & Kennedy, J. F. (2022). Advances in the plant protein extraction: Mechanism and recommendations. Food Hydrocolloids, 124, 107239. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107239

Li, R., Wang, X., Liu, J., Cui, X., & Wang, L. (2018). Molecular interactions between soy protein and lipids in a model system: Insights from thermal and structural analysis. LWT - Food Science and Technology, 96, 191–197. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.076

McClements, D. J., & Grossmann, L. (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(4), 4049–4100. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12771.

Ricardo, F., Pires, P., & Malcata, X. (2022). Structural modifications in cheese proteins induced by different brine concentrations: An FTIR and Raman spectroscopy study. Food Chemistry, 375, 131845. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131845.

Shim, J., Lee, S., & Park, Y. W. (2023). Longitudinal study on enzymatic and microbial changes in white-brined cheese during extended ripening. LWT - Food Science and Technology, 173, 114265. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114265.

Zhou, M., Wang, C., & Chen, J. (2021). Isolation and characterization of sesame protein isolate: Emulsifying and foaming properties. Food Hydrocolloids, 113, 106536.

# Utilization of Sesame Seed Derivatives (Protein Powder) as a Sustainable Alternative to Cream in the Development of Low-Fat Cream Cheese: Analysis of Molecular Interactions and Their Impact on Sensory Stability

**Camillia Halabi**[*1]

[1]Department of Food Sciences, Faculty of Agricultural Engineering ,University of Latakia, Latakia, Syria.

(*Corresponding author: Dr. Camellia Halabi, Email: Camellia-halabi@latakia-univ.edu.sy, 0991674923)

**Received:4** /12 /2025 **Accepted:26** /03 /2026

## Abstract

This study aimed to evaluate the feasibility of using sesame protein powder, derived from sesame seeds, as a sustainable alternative to cream in the production of low-fat cream cheese, focusing on the analysis of molecular interactions and their impact on sensory and functional characteristics. The results showed that replacing cream with sesame protein powder led to significant improvements in chemical properties. The fat content decreased from 35.2% in the control sample to 8.2% in the full replacement sample (T4), while the protein content increased from 12.1% to 28.4%, respectively. Samples containing sesame protein powder also exhibited a notable improvement in emulsion stability, reaching 94.3% in the T4 sample compared to 72.3% in the control sample. In terms of sensory evaluation, the sample with 50% replacement (T2) received the highest overall acceptability score (8.2/10). The study concluded that sesame protein powder represents an effective and sustainable alternative to cream, enhancing the nutritional value and functional properties of low-fat cream cheese, with a recommendation not to exceed a 50% replacement ratio to maintain the desired sensory acceptance.

**Keywords:** Cream cheese, Sesame protein, Fat replacers, Molecular interactions, Sensory properties, Emulsion stability.