المركز العربي للتغذية
ARAB CENTER FOR NUTRITION
ACNU أسنو

المجلة العربية للغذاء والتغذية

مجلة فصلية محكمة يصدرها المركز العربي للتغذية

السنة الحادية و العشرون - العدد التاسع و الأربعون - ٢٠٢١م

المجلة العربية للغذاء والتغذية
Arab Journal of Food & Nutrition

مجلة فصلية محكمة

تصدر عن المركز العربي للتغذية-مملكة البحرين

تعني بشؤون الغذاء والتغذية والأمن الغذائي في الوطن العربي

السنة الحادية و العشرون، العدد التاسع و الأربعون، ٢٠٢١م

رئيس التحرير

أ.د.عبدالرحمن عبيد مصيقر

المركز العربي للتغذية-مملكة البحرين

هيئة التحرير

أ. د.حامد رباح تكروري	الجامعة الأردنية- الأردن
أ. د.حمزة أبو طربوش	جامعة الملك سعود - السعودية
أ. د.أشرف عبد العزيز	جامعة حلوان - مصر
أ. د.نجاة مختار	جامعة بن طفيل - المغرب

سكرتارية المجلة

د. معتصم القاضي

الطباعة والصف

عبدالجليل عبدالله

المراسلات

رئيس التحرير، المجلة العربية للغذاء والتغذية

المركز العربي للتغذية

ص.ب:٢٦٩٢٣ المنامة-مملكة البحرين

هاتف: ٠٠٩٧٣١٧٣٤٣٤٦٠- فاكس: ٠٠٩٧٣١٧٣٤٦٣٣٩

البريد الالكتروني:amusaiger@gmail.com

التسجيل في وزارة الإعلام-البحرين SSRM 255

الرقم الدولي الموحد للمجلة: ISSN 1608-8352

الآراء الواردة في المقالات المنشورة بالمجلة تعبر عن وجهة نظر أصحابها، ولاتعبر بالضرورة عن رأي المركز العربي للتغذية

المجلة العربية للغذاء والتغذية

المجلة العربية للغذاء والتغذية مجلة فصلية محكمة، تصدر عن المركز العربي للتغذية في مملكة البحرين، تهتم بالدراسات والبحوث المتعلقة بالغذاء والتغذية في الدول العربية، أو تلك التي لها علاقة بالعالمين العربي والإسلامي، وبرغم تركيز المجلة على شئون البلاد العربية والإسلامية، إلا أنها تستقبل الدراسات الرصينة عن مجتمعات العالم كافة، ويمكن تقسيم أهم المحاور التي تهتم بها المجلة كالتالي:

١ - التغذية في المجتمع والتغذية التطبيقية .
٢ - التغذية العلاجية والطبية.
٣ - تحليل الأغذية وتركيبها.
٤ - صحة الغذاء وسلامته.
٥ - تصنيع الأغذية وتأثيره في القيمة الغذائية.
٦ - العوامل الاجتماعية والاقتصادية والنفسية المؤثرة في السلوك الغذائي.
٧ - اقتصاديات الغذاء.
٨ - الأمراض المرتبطة بالتغذية.

كما تقوم المجلة بنشر المقالات المرجعية (Review paper) التي تهتم بمواضيع تمس صحة الإنسان وتغذيته، بالإضافة إلى ذلك تقوم المجلة بنشر التقارير العلمية عن المؤتمرات والندوات والحلقات العلمية، ومراجعات الكتب والدراسات التي تصدر في مجال علوم الغذاء والتغذية في الدول العربية والإسلامية، والتعليقات على البحوث العلمية التي سبق نشرها في المجلة، كما يتم إصدار ملحق أو عدد خاص بموضوع يتعلق بالغذاء أو التغذية عند الحاجة إلى ذلك.

ومنذ عام ٢٠٠٩ أصبحت المجلة الكترونية وتتواجد على الموقع الالكتروني للمركز العربي للتغذية .WWW acnut.com

سياسة النشر

١ - تخضع جميع البحوث المنشورة للتحكيم من قبل متخصصين من ذوي الخبرة البحثية والمكانة العلمية المتميزة.
٢ - لاتقل درجة المحكم العلمية عن درجة مؤلف البحث.
٣ - تستعين المجلة بمحكمين اثنين على الأقل لكل بحث، ويجوز لرئيس التحرير اختيار محكم ثالث في حالة رفض البحث من قبل أحد المحكمين، ويعتذر للمؤلف عن عدم نشر البحث في حالة رفضه من قبل المحكمين.
٤ - لرئيس التحرير حق الفصل الأولي للبحث وتقرير أهليته للتحكيم أو رفضه.
٥ - يعد رأي المحكمين استشاريا لرئيس التحرير وهيئته، ولهم وحدهم السلطة التقديرية في قبول رأي المحكمين أو رفضه .
٦ - حرص رئيس التحرير على إفادة مؤلف البحث غير المجاز للنشر برأي المحكمين أو خلاصته دون ذكر أسمائهم، ودون أي التزام بالرد على دفوعه.
٧ - يحرص رئيس التحرير على إفادة مؤلف البحث بصلاحية البحث أو عدم صلاحيته للنشر خلال فترة لاتزيد على ثلاثة أشهر من تاريخ استلام البحث.

قواعد النشر

١ - أن يكون البحث مكتوبا باللغة العربية.
٢ - ألا يكون البحث قد سبق نشره.
٣ - ألا يزيد عدد صفحات البحث على ٣٠ صفحة شاملة الجداول والمراجع، ويجوز في بعض الحالات التغاضي عن هذا الشرط في بعض البحوث الخاصة.
٤ - لايجوز نشر البحوث في مجلات علمية أخرى بعد إقرار نشرها في المجلة إلا بعد الحصول على إذن كتابي بذلك من رئيس التحرير.
٥ - تقدم البحوث مطبوعة بالحاسب الآلي، وينبغي مراعاة التصحيح الدقيق في جميع النسخ.
٦ - أصول البحث التي تصل إلى المجلة لاترد سواء نشرت أم لم تنشر.
٧ - أن يرفق الملف نبذة تعريفية عنه
٨ - أن يرفق بالبحث ملخص عنه باللغة العربية في حدود صفحة واحدة، بالإضافة إلى ملخص باللغة الانجليزية.

ترسل البحوث إلى العنوان التالي :

رئيس التحرير المجلة العربية للغذاء والتغذية
المركز العربي للتغذية ص.ب ٢٦٩٢٣
المنامة- مملكة البحرين
هاتف: ٠٠٩٧٣١٧٣٤٣٤٦٠
فاكس: ٠٠٩٧٣١٧٣٤٦٣٣٩
البريد الالكتروني: amusaiger@gmail.com

قواعد كتابة البحث

أولا: تعليمات عامة

١ - تقدم ثلاث نسخ محررة باللغة العربية مكتوبة على مسافة واحدة وذلك على ورق مقاس ٢١×٢٩,٧ (A4) على جهة واحدة ويجب ترقيم الصفحات والجداول والأشكال ترقيما مسلسلا.

٢ - يجب أن يتصدر البحث موجز لا يتجاوز ٢٠٠ كلمة يوضح الهدف والنتائج المهمة والخلاصة، كما يذيل بملخص شامل باللغة الانجليزية وفي حدود ٢٠٠ كلمة.

٣ - تنسيق الكتابة تحت عناوين رئيسية مثل المقدمة- طريقة ومواد البحث –النتائج ومناقشتها-المراجع.

٤ - ترسل النسخ الثلاث من البحث الى رئيس التحرير ويخطر الباحث باستلام البحث ، كما يبلغ بقبول البحث للنشر أو رفضه في غضون ثلاثة أشهر من استلام البحث.

ثانيا: المراجع

يشار إليها في المتن باسم المؤلف والسنة على أن تجمع في نهاية المتن في قائمة مرتبة أبجديا طبقا لاسم المؤلف، وسنويا طبقا للمؤلف الواحد وبحيث يشمل اسم المؤلف (أو المؤلفين) وسنة النشر وعنوان البحث ثم اسم الدورية ورقم المجلد وأرقام الصفحات المنشور تحتها البحث.

وفي حالة الكتب يذكر اسم المؤلف (أو المحرر) وسنة النشر وعنوان الكتاب واسم الناشر ومدينة النشر، أما الرسائل فيذكر عنوانها بعد اسم المؤلف مع الإشارة إلى الناشر وتاريخ النشر.

مثال: المبروك، أ.ع (١٩٨٠).. مجلة كلية الزراعة،٣،٦ .

ثالثاً: الوحدات

يجب إتباع الوحدات العالمية في ذلك (SI).

رابعا: الاختصارات

تختصر عناوين المجلات والدوريات طبقا للقائمة العالمية للدوريات العلمية.

خامساً: الجداول

توضع عناوين إشارة في المتن توضح موقع كل جدول حسب رقمه (جدول رقم (١) هنا).

سادسا: الأشكال والصور

ترسم الأشكال بالحبر الصيني على ورق أبيض كلك وتكون الخطوط بالسمك الناسب للظهور بوضوح- ويجب أن تكون الصور واضحة التفاصيل، ويكتب خلف كل شكل أو صورة بالقلم الرصاص عنوان البحث (مختصراً) ورقم الشكل أو المسلسل.

سابعاً: تعليمات الطباعة طبقا للبرنامج (IBM-MS Word Version 6 or the Latest)

نوع الخط **Traditional Arabic** على أن يكون حجم خط العنوان الرئيسي ١٦ وأسود **(Bold)** في طرف الصفحة، وحجم الخط ١٤ عادي وحجم الخط للحواشي ١٢ عادي، وتكون المسافة بين الخطوط مفردة (مسافة واحدة)، ويتم إرسال النسخة النهائية للبحث مع اسطوانة تتضمن جميع التصليحات.

إنزيم transglutaminase وتطبيقاته في صناعة الألبان

نجلاء حسين صبر الجاروري ، وسن كاظم عبدالرزاق التميمي

قسم علوم الأغذية ، كلية الزراعة ، جامعة البصرة، العراق

الخلاصة

نظراً للتوجهات الجديدة بشان تطوير منتجات الألبان وحماية المستهلك، والطلب المتزايد على شراء المزيد من منتجات الألبان المغذية ذات الخصائص الحسية المحسنة. بذل منتجوا الألبان الجهود الحثيثة على مر السنين لتطوير استراتيجيات مختلفة تهدف إلى تحسين الإنتاج من خلال استعمال تقنيات بديلة منها ، المعالجة غير الحرارية والتعديلات الإنزيمية وتطبيقات الأغشية لمكونات الحليب وغيرها ومن بين الأساليب والتقنيات الجديدة ، هي التعديلات التي تتم بوساطة إنزيم Transglutaminase (Tg) لبروتينات الحليب إذ توافر العديد من المزايا لصناعة الألبان. إن إنزيم TG لديه إمكانات كبيرة في تحسين الصلابة واللزوجة والمرونة وتقييد الماء للمنتجات الغذائية ، فضلاً عن تحسين الخواص الغذائية والوظيفية وتقليل من تكاليف الإنتاج عن طريق تقليل كمية الدهن والمثبتات في منتجات الألبان. تم إجراء عدد كبير من الأبحاث على تطبيقات Tg في الحليب ومنتجات الألبان على وجه الخصوص ، فقد استعملت الأغشية القابلة للأكل Edible Film المصنعة من بروتينات الحليب والمواد الهلامية المعالجة بإنزيم Tg مجالاً واسعاً في التطبيقات الصناعية . يستعرض هذه المقالة خصائص Tg ذات الأصل الميكروبي بالإضافة إلى طريقة عمله والتطورات الأخيرة في تطبيقات Tg في تكنولوجيا الألبان.

المقدمة

خلال العقدين الماضيين كثفت الجهود المبذولة لتحسين الإنتاجية وفترة الصلاحية وخصائص الجودة للأطعمة من خلال التعديلات الإنزيمية لمكونات الغذاء وأدت هذه الجهود إلى إدخال عدد كبير من الإنزيمات التجارية في صناعة الأغذية ومن بين هذه الإنزيمات دراسة إنزيم (TGase; protein-glutamine γ-glutamyltransferase, EC 2.3.2.13) , transglutaminase على نطاق واسع من قبل الباحثين وحققت أشكاله التجارية نجاحًا كبيرًا في السوق (Porta *et al*,2011; Kuraishi *et al*., 2001) .

استخدم إنزيم transglutaminase حاليًا لتشكيل هياكل ومصفوفات غذائية جديدة ذات ثبات فيزيائي وكيميائي عالي. إن دمج هذا الإنزيم المتعدد الوظائف في التركيب الهيكلي للمنتجات القائمة على بروتين الحليب ، مثل الجبن المثلجات اللبنية والاغشية القابلة للاكل، يعد استراتيجية ناجحة لتحسين خصائصها التغذوية والتكنولوجية من خلال زيادة التشابك والربط المتبادل الجزيئي ، فضلاً عن تقليل تكلفة الإنتاج من خلال تقليل محتويات الدهون والمثبتات (Taghi Gharibzahedi *et al*., 2018) . أشارت الدراسات البحثية الحديثة إلى وجود نتائج واعدة لتطبيق TG في مجال الأغذية لاسيما الألبان من خلال تحسين الخصائص الوظيفية للمنتوجات وبجودة عالية. أدت إضافة إنزيم TG للجبن إلى تحسينات كبيرة في الرطوبة والحاصل والملمس والصفات الريولوجيا والحسية ، دون إحداث تغييرات في التركيب الكيميائي. فقد أشارت إحدى الدراسات إلى عدم تأثر الرقم الهيدروجيني للآيس كريم المعالج بإنزيم TG مقارنة مع الآيس كريم غير المعالج . كما لوحظ إن استخدام TG يعزز بشكل كبير زعزعة استقرار الدهون وانخفاض كبير في الصلابة والذوبانية فضلاً عن تحسن كبير في التقييم الحسي العينات. إن إضافة TG إلى الجبن والآيس كريم تعزز مصفوفة البروتين ، إذ يمكن عدها مادة مضافة جديدة لتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للمنتجات النهائية (Duarte *et al*., 2020) .

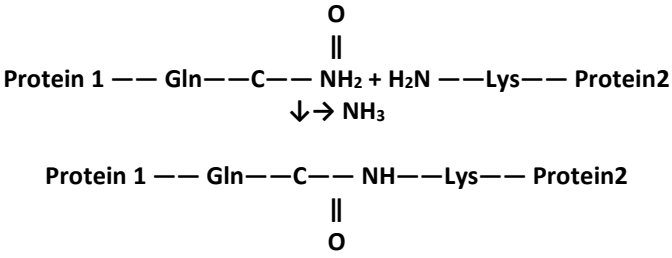
أعاقت التكلفة الباهظة للغاية لإنزيم transglutaminase من أصل حيواني تطبيقه على نطاق أوسع وبدأت جهودًا للعثور على إنزيم من أصل ميكروبي . منذ أوائل التسعينيات عزلت العديد من السلالات المنتجة لأنزيم TG وقد أدى ذلك إلى زيادة سريعة في عدد تطبيقات TG في قطاع الأغذية (Mirzaei, 2011). فضلاً عن ذلك درست تطبيقات TG الميكروبي في قطاعات أخرى لكن بدرجة أقل بكثير.

هدفت هذه المقالة إلى أهم الدراسات البحثية والجهود المبذولة في مجالات تطبيق هذا الإنزيم في الأنظمة الغذائية بغية تحسين الخواص الوظيفية للبروتينات من خلال تعديل شبكة البوليمر وزيادة التشابك .

وصف إنزيم Transglutaminase (TG)

إنزيم ترانسكلوتاميناز Transglutaminase (Tg) ويعرف (Tgse, protein- ,Ý-glutamyl transferase glutamine). وهو نوع transferases ويحفز هذا الإنزيم تفاعل acyltransfer وتشكيل رابطة isopeptide bond بين مجموعة الكاربوكسيل λ-carboxy groups للحامض الأميني كلوتامين glutamine الذي

يعد مانح للاستيل acyl donor ومجموعة الأمايد ε-amino groups للحامض الأميني اللايسين lysine وهو المستقبل للاستيل acyl acceptor مما ينتج المركب ε-λ-glutaminyl lysine وهو ناتج تشابك الجزيئات الداخلية و يكون من نوعين أما خطي أو متفرع (Buettner *et al*., 2012;Abdo-Rabo *et al*.,2010). كما موضح بالشكل.



يحفز الإنزيم بالإضافة إلى ذلك تفاعل نزع الأمينdeamination وفي حالة عدم وجود مجاميع أمين حرة , يعمل الماء كمستقبل للاسيل, هذا التفاعل يحصل إنزيمياً مؤدياً إلى تغيرات كبيرة في الخصائص الفيزيائية والكيمياوية للبروتينات مثل الزوجة والمرونة والاستقرار الحراري (Kuraishi *et al*.,2001).

يوجد الإنزيم TG على نطاق واسع في الأنسجة الحيوانية والنباتية وسوائل الجسم واللافقاريات والبرمائيات والأسماك والطيور ويعد كبد الخنزير الغيني أهم مصادره . وفي الوقت الحالي يعد كعامل علاجي therapeutic agent إذ لديه القدرة لتعديل الخصائص الحيوية للببتيدات والبروتينات من ناحية التشكيل والاستقرار واللزوجة والقدره على الاحتفاظ بالماء والذوبان وتحسين مرونة وملمس وقوام البروتينات وجلتنة المحاليل المركزة لبروتينات الحليب والأسماك والدجاج واللحم وفول الصويا . إلا أن تكاليف إنتاجه باهظة لاسيما عند استخداماته التكنولوجيا الحديثة، لذا توجهت الجهود في إنتاج الإنزيم من تخمر الأحياء المجهرية مثل *Streptoverticillium sp.* والتي تنتج إنزيماً يسمى mTG ذو وزن جزيئي ٣٨-٤٠ كيلو دالتن وهو أقل من الوزن الجزيئي للإنزيم المعزول من الثديات إذ يبلغ ٨٠-١٠٠ كيلو دالتن (Porta *et al*.,2011a,Yu *et al*., 2008).

يتصف إنزيم mTG بأنه بروتين أحادي وبسيط ذا وزن جزيئي ٣٨٠٠ يتكون من ٣٣١ حامض أميني والرقم الهيدروجيني الأمثل لنشاطه بين ٥و٨ ونقطة التعادل الكهربائي للإنزيم Ip = 8.9 ودرجة الحرارة المثلى للنشاط ٥٥ مْ و يتحطم الإنزيم في حرارة ٧٠مْ ولمدة ١٠ دقائق وله نشاط قليل عند درجات الحرارة قريبة لتجميد (Jaros and Partschefeld *et al*., 2006;.Yokoyama *et al*.,2004 Abdo-Rabo *et al*.,2010;) .

النشاط الإنزيمي TG الحيواني يتأثر بالعديد من العوامل لاسيما أيونات Ca الذي يسبب وجوده تغيرات في التركيب الجزيئ للإنزيم ويعزز نشاطه مقارنة بالإنزيم المايكروبي الذي لايحتاج أيونات Ca في حدوث

التفاعلات المختلفة مع البروتينات الغذائية وبذلك يعمل على تعديل وظائف البروتينات في المنتجات الغذائية (Shimbaa *et al*., 2002; Yokoyama *et al*.,2004).

تزداد فعالية الإنزيم بوجود أيونات مثل Co,Ba,K ويثبط بوجود أيونات Zn,Cu,Hg,Pb لأن هذه المعادن الثقيلة تربط مجموعة thiol للحامض الأميني cysteine وهو الطرف النشط والفعال من الإنزيم Macedo *et al*., (2010; Ozrenk 2006). ترتبط فعالية الإنزيم بمواقع توزيع الحامض الأميني الكلوتامين لسلسلة الإنزيم ، إذ تتأثر الفعالية حسب نوع البروتينات والتركيب الثانوي والثالثي لها كالكازين وفول الصويا والمايوسين وغيرها (Jaros andPartschefeld *et al*., 2006).

أشار Mirzaei (2011) أن إنزيم mTG يحتوي على موقع أحادي للسستينSingl Cysteine Residue وموقعين للكلايكوسيل Tow Potential Glycosylation Sit كذلك يعمل الإنزيم على تحوير البروتينات عن طريق دمج مجموعة الأمين بواسطة التشابك ونزع الأمين deamination.

استعمل إنزيم Tg في بلمرة الكازين وبروتينات الشرش وفول الصويا والجلاتين وغيرها ، إذ أظهرت اختلافاً في قوة وخواص الهلام التي تعتمد على ظروف التفاعل ومصدر البروتين إذ أن زيادة قوة الهلام يعتمد على البلمرة وزيادة التشابك cross linking الذي ينتجه الإنزيم (Babin and Dickinson,2001).

تطبيقات إنزيم transglutaminase في صناعة الألبان

يستخدم إنزيم Tg في تحسين الخواص الغذائية والوظيفية وتقليل من تكاليف الإنتاج عن طريق تقليل كمية الدهن والمثبتات في منتجات الألبان(Taghi Gharibzahedi *et al*., 2018). كما يعمل هذا الإنزيم على تكوين الروابط التساهمية بين الجزيئات ، إذ يقوم بربط الأحماض الأمينية في بروتينات الحليب من خلال الأواصر التساهمية مسبباً في زيادة التشابك التي تؤدي إلى زيادة قوة الهلام واللزوجة وتحسين استقرار التخزين (Domagata *et al*,.2016) . إن بلمرة بروتينات الحليب بوجود إنزيم Tg يؤدي إلى تكوين غشاء بروتيني يحسن الخواص الوظيفية لمنتجات الألبان (Rossa *et al*.2011). وفي صناعة الألبان تم إدخال إنزيم Tg في العديد من المنتجات منها الجبن واليوكرت والمثلجات اللبنية والأغشية القابلة للأكل (Lorenzen *et al*.2002) .

صناعة الجبن

يمتلك الشرش الناتج من صناعة الأجبان العديد من العناصر الغذائية المهمة ، إذ يعد عدم قابلية إحتفاظ الخثرة ببروتينات الشرش عاملاً مهماً يسهم في خفض الكفاءة الإنتاجية للجبن وإنخفاض نسبة التصافي . لذا اتجه الباحثون إلى إجراء دراسات لإزالة البروتينات من الشرش وربطها في خثرة الجبن دون إحداث تأثيرات سلبية في نوعية الأجبان وصفاتها النوعية ، فقد استعمل التركيز وتجفيف لبروتينات الشرش ثم إعادة ربطها مع الجبن أو بمعاملة الحليب بالحرارة أو الضغط أو تركيز الحليب بالترشيح الفائق أو التنافذ العكسي Revers Osmosis أو التبخير ولكن معظم هذه الطرائق كانت غير كفوءة ، أما بسبب فقدان كمية كبيرة من بروتينات الشرش خلال مرحلة الكبس أو أنها مناسبة لصناعة نوع محدد من الجبن (Mahmood and

(Sebo,2009. في السنوات الأخيرة استخدم إنزيم TGase لهذا الغرض. أشارت إحدى الدراسات أن إضافة mTg أثناء تحضير الجبن قد يزيد محتوى الرطوبة ويغير الطعم ويزيد الحاصل ويحسن القوام والتجانس والنعومة عند استخدامه في عملية الإنتاج (Wen-qiong *et al*., 2017). أشار Kuraish *etal.*(2001) و Cozzolino *etal.*(2003) إلى وجود عدة طرائق لإضافة الإنزيم خلال عملية تصنيع الجبن ، إذ يمكن إضافته إلى الحليب ثم إجراء البسترة يليها إضافة المنفحة، أو يتم إضافة المنفحة للحليب ثم الإنزيم ، أما الطريقة الثالثة يتم اضافة كل من المنفحة والإنزيم في آن واحد ، إذ لاحظا أن إضافة إنزيم Tg أدى إلى زيادة حاصل الجبن .

استخدم الإنزيم Tg المعزول انزيم من بكتيريا *Streptoverticillium mobaraence* في تحسين ريع وصفات الجبن الطري المصنع من حليب الأبقار من خلال زيادة التشابك والترابط بين بروتينات الحليب ، إذ بينت النتائج تأخير في عملية التجبن وانخفاض صلابة الخثرة والجبن الناتج عند إضافة الإنزيم مع المنفحة ، وقد تبين أن أفضل طريقة في زيادة التشابك بين بروتينات الشرش والخثرة هي إضافة الإنزيم بعد عملية التجبن وتقطيع الخثرة (Mahmood and Sebo,2009) .

درس Karzan *et al*. (2016) تأثير إنزيم Tg على الخواص الحسية والفيزيائية للجبن المصنع من مصل حليب الماعز ، إذ يصنع هذا النوع من الأجبان من خلال عملية تجمع البروتينات بالمعاملة الحرارية لمصل الحليب. أظهرت النتائج زيادة في حاصل الجبن بلغت إلى ٠,٧-١,٠١٪ بإضافة ٤ و ٨ $u.gm^{-1}$ إنزيم على التوالي، فضلاً عن زيادة بالصلابة وعدم تأثير على نكهة الجبن .

بيّن(٢٠٢٠)Abou-Soliman تأثير إضافة إنزيم Tg بتركيز ٨٠ و١٠٠و١٢٠ وحدة.لتر$^{-1}$ بعد ٢٠ و ٣٠ دقيقة من إضافة المنفحة على خصائص الجبن الطري المصنع من حليب الإبل ، إذ لوحظ أن الأجبان المضاف لها إنزيم Tg بتركيز ٨٠ وحدة/لتر ووقت إضافة ٢٠ دقيقة هي الأعلى في تركيز المواد الصلبة ومحتوى البروتين مع زيادة معنوية للصلابة وحاصل الجبن الناتج وعزز ملمس الجبن وقبوله العام .

ومن البروتينات الأساسية في الحليب الكازين وهي مادة أساس جيدة يعمل عليها الإنزيم Tg و يرجع ذلك أساساً لطبيعته المرنة وعدم احتواءه على التركيب الثانوي secondry structure . على عكس البروتينات الكروية ومرونتها إذ أن الالتفاف العشوائي وغياب روابط ثنائية الكبريت في الألفا والبتا كازين تجعل المجاميع الفعالة سهلة التفاعل مع الإنزيم Tg (Jaros *et al*., 2006; Ozrenk ,2006) .

بيّن (Lorenzen(2002 إن الكازين أسهل تفاعلاً مع Tg من بروتينات الشرش ، إذ وجد أنه يؤدي إلى زيادة تفاعل كل من كازينات الصوديوم ومسحوق الحليب منزوع الدسم فائق الترشيح ومسحوق الحليب الخالي الدسم وWPI معزول بروتينات الشرش على التوالي . كما وجد Tang *et al*.(2005) إن تفاعل الكابا كازين و الألفاكازين و بيتا كازين مع إنزيم Tg يغير الخواص الريولوجية للكازين دون الإضرار بخواصه الوظيفية عند تطبيقه في منتجات الألبان، من خلال زيادة قوة الهلام ولزوجة السطح والقدرة على الاحتفاظ بالماء والاستقرار ، إذ أشارت الدراسة إلى أن صلابة ولزوجة الهلام تعتمد على نسبة الإنزيم المضاف. وجد)Dickinason

(1997 أن الهلام ينتج من محتوى بروتيني أقل من خلال تكون الأواصر التساهمية نتيجة عمل إنزيم Tg مقارنة بالمعاملات الحرارية.

تعد بروتينات الشرش من البروتينات قليلة التأثير بإنزيم Tg ولكن إمكانية الوصول إلى كل من بيتا لاكتوكلوبيولين B- lactoglobulin و الألفا لاكتاالبومين α- lactalbumin عن طريق المعاملة الحرارية التي تسبب فتح الروابط ثنائية الكبريت مما يزيد من التعرض لمواقع محتملة للروابط المتقاطعة مع Tg Lee *et al*.2002;O Sullivan *et al*.2001).

صناعة اليوكرت

يحور إنزيم Tg الكازين مما يجعل بالإمكان صناعة الألبان ذات قوام جيد ومتناسق ,تستعمل هذه الطريقة لإنتاج زبادي ذات قوام كريمي متجانس وناعم Romeih Walker, 2017; *al*.2011) (Ozer *et al* 2007;Sanli *et* and). أشار (2006) Jaros *et.al* إلى وجود طريقتين مختلفتين عند استخدام الإنزيم في صناعة اليوكرت ففي الأولى يعامل الحليب بالإنزيم ويلي ذلك تثبيط الإنزيم حرارياً ومن ثم تبدأ عملية التخمر بإضافة البادئ أما في الطريقة الثانية فيضاف الإنزيم إلى الحليب في نفس وقت إضافة البادئ إذ يحصل التفاعل الإنزيمي جنباً إلى جنب مع عملية التخمر .

توصل(2002).Lorenzen *et al* إلى أن التأثيرات الرئيسة لإنزيم Tg عند إستخدامه في صناعة اليوكرت تمثلت بزيادة القوة واللزوجة وقابلية مسك الماء مما أدى إلى تقليل انفصال الشرش. تشير الدراسة التي قام بها(2000) .Lauber *et al* إلى زيادة قوة اليوكرت مع زيادة مدة حضن الحليب الفرز الخام بالإنزيم لمدة ٦٠ دقيقة ، إذ وجد أن نسبة الكازين المتبلمرة ارتفعت من ٩-١٠٪ إلى ٢٥- ٣٨ ٪ ، كما أدى إلى استقرار درجة الربط التقاطعي التي تعد ضرورية لتحسين قوة اللبن وتقليل نضوح الشرش .

يمتلك إنزيم TG استخدامات واعدة في منتجات الألبان المتخمرة مثل زيادة قوة الهلام وتقليل ظاهرة انفصال الشرش مع سطح أملس وجاف وتحسين خواص اللزوجة والدسومة لليوكرت، إذ وجد Kuraishi *et al*.(2001) بأن لزوجة اليوكرت المعامل بالإنزيم ارتفعت بزيادة تركيز الإنزيم المضاف مع منع انفصال الشرش في اليوكرت الناتج .

أشار (2006) .Jaros *et al* إلى انخفاض طفيف في حموضة الحليب المضاف له الإنزيم وقد عزى سبب ذلك إلى أن الروابط cross linking تقلل الببتيدات ذات الوزن الجزيئ المنخفض اللازمة لإنتاج البروتنيز بواسطة بكتيريا ***Lactobacili***. وجد أن زيادة تركيز إنزيم Tg من ٠ — ١٠ $u.mg^{-1}$ المضاف إلى حليب الفرز لإنتاج اليوكرت الخالي من الدسم ، أدى إلى زيادة لزوجة اليوكرت من ٢٤٧ إلى ٤٥٣ وانخفاض في فقدان المصل بنسبة ٥٧٪ إلى ٥٢٪ (Guyot and Kulozik,2011).

صناعة المثلجات اللبنية

تعد المثلجات اللبنية من المنتجات الغذائية ذات القيمة الغذائية العالية وهي نظام غروي معقد يتكون من بلورات ثلجية وفقاعات هوائية وحبيبات الدهنية مجمعة جزئياً وسكريات وبروتين وأملاح وماء kasprzyk *etal.*, (2016).

يميل المستهلكون المهتمون بالصحة بتناول منتجات الألبان بما في ذلك الآيس كريم ، نتيجة لذلك طورت صناعة الألبان مجموعة متنوعة من المثلجات البنية قليلة الدسم ، ومع ذلك فإن جوانب الجودة للعديد من هذه المنتجات لا تلبي توقعات المستهلك فيما يتعلق بنكهة المثلجات وملمسه ومظهره . تتأثر بنية المثلجات اللبنية عند تقليل المحتوى الدهني فيها ، فضلاً عن تأثر الخواص المتعلقة بالجودة مثل اللزوجة وتبلور الجليد والصلابة ومعدل الانصهار والنكهة، إذ أشارت الدراسات إلى أن إضافة مواد جديدة كإنزيم Tg تحسن الخصائص الحسية والريولوجية للمثلجات الحليب القليل الدهن، وبالتالي تزداد جودته (Jooyandeh,2017) .

تتعرض المثلجات اللبنية إلى تغيرات في درجات الحرارة مما يؤدي إلى التقليل من جودتها إذ تفقد القابلية على إعادة التبلور، وبالتالي تقلل من خصائصها الحسية ولتفادي هذه المشكلة ولجعل المثلجات اللبنية أكثر مقاومة للتغيرات وأكثر لزوجة أضيف إليها إنزيم Tg الذي يعد من الإنزيمات الآمنة غذائياً ، وقد استعمل في عدد من صناعات الغذائية (Rossa *et al.*, 2012) .

تعد المثلجات اللبنية من منتجات الألبان الغنية بالدهون (حوالي ١٠٪ دهن) فإن الخفض في محتوى الدهون يؤثر عكسيًا في الخصائص الفيزيائية والحسية للمنتج ، كما تعد المثبتات واحدة من المكونات التي تتحكم في البنية الفيزيائية للمثلجات لكنها في بعض الأحيان باهظة الثمن، لذا اتجه الباحثون والمصنعون إلى استخدام إنزيم mTg لتحسين نوعية المثلجات اللبنية والخصائص التركيبية والحسية ومقاومة ذوبانه وثباته للآيس كريم قليل الدسم (Akin *et al.*2019) .

إن إنزيم mTg من الإنزيمات الرابطة للبروتينات مما يجعل المثلجات اللبنية أكثر مقاومة للانصهار وقليلة الانكماش، كما يزيد من لزوجة وريع المنتوج وإضافة إلى ذلك لا تتأثر قيمة الأس الهيدروجيني للآيس كريم بمعالجة mTg بالمقارنة مع الآيس كريم غير المعالج ، فإن استخدام mTg يعزز بشكل كبير زعزعة استقرار الدهون زيادة القبول الحسي ، بينما لوحظ انخفاض كبير في صلابة ومعدل ذوبان العينات Duarte *et al.*, (2020) .

تحوير الأغشية البروتينية القابلة للأكل

يمثل إنتاج الأغشية القابلة للأكل ذات الخصائص الميكانيكية المطلوبة وخصائص حجزية لبخار الماء و الغاز أحد أكثر التحديات تقدمًا في مجال تغليف وطلاء الأغذية، ولا يمكن للأغشية الصالحة للأكل أن توفر الحماية الميكانيكية للغذاء فقط ولكن أيضًا لتقليل فقد رطوبتها ولتقييد امتصاص الأكسجين ولتقليل انتقال الدهون أثناء القلي .

تتميز أغشية بروتينات الحليب بقلة نفاذية بخار الماء وانخفاض قوة الشد مقارنة بالبوليمرات الأخرى المصنعة والمستخدمة بالتغليف، لذا أجريت دراسات عديدة في محاولة لتحسين الخواص الوظيفية لأغشية البروتينات عن طريق تعديل شبكة البوليمر عبر زيادة تشابك السلاسل وقد حظيت الإنزيمات مثل (Tg) Transglutaminase باهتمام واسع في صناعة الألبان (Wang *et al*.,2010 ; Baldwin,2012).

أن أغشية الكازين من البروتينات الأساسية في الحليب هي ركائز جيدة لإنزيم Tg ويرجع ذلك أساسًا إلى طبيعته المرنة مع بنية ثانوية قليلة أو معدومة على عكس البروتينات الكروية ومرونتها وغياب أي روابط ثاني كبريتيد في الكازين ألفا وبيتا. ويمكن أن تكون الكازين من البروتينين الرئيسين في الحليب يمكن ربطها بسهولة بواسطة mTg ، في حين أن بروتينات مصل اللبن الكروية بالكاد تكون عرضة لـ mTg (Jaros Ozrenk,2006; *et al*, 2006) . أجريت التحويرات على البروتينات لهدف زيادة الربط الشبكي للبروتينات ولتحسين الخصائص الميكانيكية والحجزية للأغشية البروتينية ، إذ يؤدي التشبيك إلى زيادة التماسك بين سلاسل البروتين من خلال زيادة التاصر الكيمياوي وتشكيل جسور بين السلاسل المتجاورة (Bourtoom,2009; Baldwin,2012) . بيّن Porta *et al*.(2011) اختلاف في قوة الهلام عند استعمال إنزيم Tg في بلمرة مصادر مختلفة كالكازين وبروتينات الشرش تعتمد على ظروف التفاعل ونوع البروتين وعلى نظام وكثافة التشابك الذي ينتجه الإنزيم.

بيّن Chambi and Grosso (2006)) أن إنزيم Tg كان فعالاً في زيادة تشكيل الروابط التساهمية في أغشية الكازين وتحفيز تكوين بوليمر ذا وزن جزيئي عال كان مسؤولاً عن زيادة ذوبانية الأغشية المعاملة وزيادة قوة شدها وقدرتها على التمدد . إذ وجد Oh *et al*.(2004) زيادة في استطالة الأغشية مع انخفاض في قوة الشد لخليط بروتينات الشرش والكازين مضاف لهما بروتين زين الذرة وإنزيم Tg بسبب أن التشابك الناتج من الإنزيم بين خلط البروتينات يزيد مرونة الغشاء ولا يكون هناك تأثير على النفاذية.

أشار Porta *et al*.(2011b) إلى إمكانية تحسين الخواص الوظيفية لأغشية بروتينات الشرش مضافاً إليها الكايتوسان بواسطة إنزيم Tg لأن بروتين الشرش يعد المانح للاستيل acyl donor والمستقبل acyl acceptor مما سبب الإنزيم تشكيل الروابط التساهمية الداخلية بين اللايسين والكلوتامين في المواقع المختلفة لبروتينات الشرش, هذا النوع من الروابط يمكن أن يقلل من حركة سلسلة الجزيئة في مصفوفة البوليمر ، وبالتالي زيادة قوة الشد والحد من التمدد مع تركيز قليل من البروتين .

صنع Di Pierro *et al*.(2006) أغشية لخليط بروتينات الشرش ٥٪ مع الكايتوسان٢,٥٪ بإضافة إنزيم Tg ذات فعالية ٥,٨ وحدة/مل وحصل على أغشية مرنة وشفافة ومنخفضة الذوبانية في مدى واسع من الرقم الهيدروجيني وذات قابلية جيدة للتحلل الحيوي فضلاً عن ازدياد المقاومة الميكانيكية وزيادة في الشد وزيادة المرونة وتحسين القدرة الحجزية للأوكسجين وتقليل نفاذية بخار الماء.

استعمل Truong *et al*.(2004) إنزيم Tg في تصنيع أغشية الشرش بنسبة ٤-٨٪ بروتين مع (٠,١٢-١٠) وحدة/غم إنزيم عند أس هيدروجيني ٧,٥ إذ لاحظ تحسين في الخواص الوظيفية للبروتينات إذ ازدادت اللزوجة مع زيادة تركيز الإنزيم بسبب زيادة نسبة التشابك وزيادة ترابط lactoglobulin مع lactalbumin كانت واضحة في فحص SDS مما يسبب في زيادة قوة الجلاتين .

أكد Mariniello *et al*.(2008) أن إضافة الإنزيم يساعد على تشكيل مجاميع الأمايد التي تكون أقل إلفة للماء وهو السبب الرئيس لانخفاض النفاذية لبخار الماء للأغشية وزيادة كبيرة في خصائص الحجزية إلى كل من الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون.

ونستنتج من ذلك ضرورة إجراء أبحاث متعددة التخصصات حول استخدام إنزيم Transglutaminase في التطبيقات الصناعية لإنتاج ولتطوير مواد غذائية ذات مواصفات حسية و قيمة غذائية عالية ومواد صديقة للبيئة جديدة ولتوسيع استخدامها، وبالتالي فإن إمكانية الحصول عليها من خلال استعمال إنزيم Tg في تكوين روابط cross-linking G-L في العديد من البروتينات الغذائية و هذا الارتباط المتشابك يغير سلوك البروتين بشكل جذري ويودي إلى تطوير منتجات الألبان الجديدة و إنتاج الأغشية القابلة للأكل و التحلل الحيوي وهي أحد أكثر التحديات تقدمًا في مجال تغليف وطلاء الأغذية في الوقت الحاضر . إن متطلبات إنزيمات الألبان الميكروبية محدودة للغاية إذ يتم استيراد العديد من المنافح الميكروبية والإنزيمات الأخرى، وبالتالي هناك مجال لإنتاج الإنزيمات مثل المنفحة الجرثومية والترانسكلتامنيز محليًا. في المستقبل القريب لا بد أن تزداد الحاجة إلى هذه الإنزيمات بسرعة فائقة ويرجع ذلك أساسًا إلى رغبة ومتطلبات المستهلك للحصول على منتجات الألبان ذات القيمة الغذائية والاقتصادية في البلاد.

المراجع

Abd-Rabo, F.H.R.; El-Dieb, S.M.; Abd-El-Fattah, A.M. and Sakr, S.S. (2010). Natural state changes of cows' and buffaloes' milk proteins induced by microbial transglutaminase. J. Am. Sci.; 6:612–620.

Abou-Soliman, N.; Awad, S. and El-Sayed, M. (2020). The Impact of Microbial Transglutaminase on the Quality and Antioxidant Activity of Camel-Milk Soft Cheese. Food and Nutrition Sciences, **11**, 153-171. doi: 10.4236/fns.2020.113012

Akin, M. S.; Busra, G.; Mutlu B. and Aki, N.(2019). Designing an industrial protocol to develop a new fat-reduced- ice cream formulation by replacing stabilizers with microbial transglutaminase enzyme Mljekarstvo, 69 (3):162-171

Babin, H. and Dickinson, E. (2001). Influence of transglutaminase treatment on the thermoreversible gelation of gelatin. Food Hydocolloids, 15: 271–276.

Baldwin, E. A. (2012). Surface treatments and edible coatings in food preservation. In Handbook of food preservation, Second edition, CRC press. 477-507.

Bourtoom, T. (2009). Edible protein films: properties enhancement. Review Article.International Food Research Journal, 16: 1-9 .

Buettner, K.; Hertel, T.C. and Pietzsch, M. (2012). Increased thermostability of microbial transglutaminase by combination of several hot spots evolved by random and saturation mutagenesis. Amino Acids 42: 987–996 .

Chambi, H. and Grosso, C. (2006). Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase, Food research international,39:458-466.

Cozzolino, A.; Di-Pierro, P.; Mariniello, L.; Sorrentino, A.; Masi, P. and Porta, R. (2003). Incorporation of whey proteins into cheese curd by using transglutaminase. Biotechnol. Appl. Biochem., 38:289–195.

Di Pierro, P.; Chico, B.; Villalonga, R.; Mariniello, L.; Damiao, A. E.; Masi, P.and Porta R. (2006) .Chitosan-whey protein edible films produced in the absence or presence of Transglutaminase: analysis of their mechanical and barrier properties. Biomacromolecules, 7(3): 744-749.

Dickinson, E. and Yamamoto, Y. (1996). Rheology of milk protein gels and protein-stabilized emulsion gels cross-linked with transglutaminase. J. Agric. Food Chem., 44 (6) : 1371-1377

Duarte, L.; Matte, C. R. ; Bizarro, C. V. ; Marco A. Z. and chia, A. (.2020) Review transglutaminases: part II—industrial applications in food, biotechnology, textiles and leather products.World Journal of Microbiology and Biotechnology, 36:11.

Guyot, C. and Kulozik, u. (2011). Effect of transglutaminase-treated milk powders on the properties of skim milk yoghurt .International Dairy Journal 21(9):628-635 DOI 10.1016/j.idairyj.2010.10.010.

Jaros, D. and Partschefeld, C. et al. (2006). Transglutaminase in dairy products: chemistry, physics,applications, Journal of texture studies, 37: 113-155. .

Jooyandeh, H.; Danesh, E. and Goudarzi, M. (2017). Effect of microbial transglutaminase on physical, rheological textural and sensory properties of light ice cream. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 13: 469-479.

Kasprzyk, I.; Markowska, J. and Polak, E. (2016). Effect of microbial transglutaminase on ice cream heat resistance properties - a short report. Poland Journal of Food and Nutrition Science, 66 (3): 227-231.

Kuraishi, C.; Yamazaki, K. and Susa Y (2001). Transglutaminase: its utilization in the food industry. Food Rev. Int., 17:221–246 .

Lauber, S.; Henle, T. and Klostermeyer, H. (2000). Relationship between the crosslinking of caseins by transglutaminase and the gel strength of yoghurt. Eur. Food Res. Technol., 210:305–309.

Lee, S. Y.; Dangaran, K. L. and Krochta, J. M. (2002). Gloss stability of whey-protein/plasticizer coating formulations on chocolate surface. Journal of Food Science, **67: 1121-1125.**

Lorenzen, P.C.; Neve, H.; Mautner, A. and Schlimme, E. (2002). Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. Int. J. Dairy Technol., 55:152–157

Lorenzen, P.C.; Neve, H.; Mautner, A. and Schlimme, E. (2002). Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. Int. J. Dairy Technol., 55:152–157.

Lorenzen, P.C.; Neve, H.; Mautner, A. and Schlimme, E. (2002). Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. International Dairy Journal, 55 (3): 152-157.

Macedo, J.A.; Cavallieri, A.L.F.; da- Cunha, R.L. and Sato, H.H. (2010). The effect of transglutaminase from Streptomyces sp. CBMAI 837 on the gelation of acidified sodium caseinate. Int. Dairy J., 20:673–679

Mahmood, W.A. and Sebo, N.H. (2009). Effect of microbial transglutaminase treatment on soft cheese properties. Mesopotamia J. of Agric.,37(4): 19-27.

Mariniello, L.; Di Pierro, P.; Esposito, C.; Sorrentino, A.; Masi, P. and Porta, R. (2003). Preparation and mechanical properties of edible pectin-soy flour films obtained in the absence or presence of Transglutaminase. Journal of Biotechnology, 102: 191-198.

Mirzaei, M. (2011). Microbial Transglutaminase application in food industry International Conference on Food Engineering and Biotechnology, 9: 271-267.

O'Sullivan, M. M.; Lorenzen, P.C.; O'Connell, J.E.; Kelly, A.L.; Schlimme, E. and Fox, P.F. (2001). Short communication : influence of transglutaminase on the heat stability of milk. J. Dairy Sci., 84 (6) : 1331-1334.

Oh, J. H.; Wang, B.; Field, P. D. and Aglan, H. A. (2004). Characteristics of edible films made from dairy proteins and zein hydrolysates crosslinked with transglutaminase . International Journal of Food Science and Technology, 39:287–294.

Ozrenk, E. (2006) The Use of Transglutaminase in Dairy Products. International Journal of Dairy Technology,59, 1-7.https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2006.00220.x.

Ozrenk, E.(2006). The use of transglutaminase in dairy products, International journal of dairy technology, l59(1):

Porta, R.; Mariniello, L.; Di Pierro, P.; Sorrentino A.; Valeria, C. and Giosafatto,L. (2011). Transglutaminase cross linked pectin and chitosan based edible films: a review. Food Science and Nutrition, 51:223–238.

Porta, R.; Mariniello, L.; Di Pierro, P.; Sorrentino, A. and Giosafatto, C.V. (2011). Transglutaminase crosslinked pectin- and chitosan-based edible films: a review. Crit Rev Food Sci Nutr 51:223–38 .

Romeih, E. and Walker, G. (2017) Recent advances on microbial transglutaminase and dairy application. Trends Food Sci Technol. 62:133–140. https ://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.015 **.**

Romeih,E. and Walker, G. (2017). Recent advance on microbial transglutaminase and dairy application. Trends in food science & technology, 62: 133-140. Doi:10.10.16/j.tifs.2017.02.015 .

Rossa, N.R.; Burin, V.M. and Bordignon-Luiz, M.T. (2012). Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of icecream with different fat contents. LWT - Food Science and Technology 48, 224-230.

Rossa, P.N.; De-Sa, E.M.F.; Burin, V.M. and Bordignon-Lui, M.T. (2011). Optimization of microbial transglutaminase activity in ice cream using response surface methodology. Lwt–Food Sci. Technol., 44:29–34

Şanli, T.; Lezgin, E.; Deveci, O. ; Şenel, E. and Benli M (2011) Effect of using transglutaminase on physical, chemical and sensory properties of set-type yoghurt. Food Hydrocoll., 25:1477–1481 .

Shimba, N.; Yokoyama, Y. and Suzuki, E. (2002). NMR-based screening method for transglutaminases: rapid analysis of their substrate specificities and reaction rates. J. Agric. Food Chem., 50:1330–1334.

Taghi Gharibzahedi, S.M.; Koubaa, M.; Barba, F.J.; Greiner, R.; George, S.and Roohinejad S (2018). Recent advances in the application of microbial transglutaminase crosslinking in cheese and ice cream products: a review. Int J Biol Macromol 107:2364–2374 https ://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2017.10.115

Tang, C.; Yang, Z.Q.; Chen, Z.; Wu, H. and Peng, Z.Y. (2005). Physicochemical and structural characteristics of Sodium caseinate biopolymers induced by microbial transglutaminase. J. Food Biochem., 29 (4) 402-421.

Truong, V. D.; Clare, D. A.; Catignani, G. L. and Swaisgood H. E. (2004). Cross-linking and rheological changes of whey proteins treated with microbial transglutaminase. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52 (5): 1170-1176.

Wang , J.; Shang, J.; Ren, F.; Leng, X. (2010). Study of the physical properties of whey protein: sericin protein-blended edible films. Eur. Food. Res. Technol., 231:109-116.

Wang, F.; Huang, W.; Kim, Y.; Liu R. and Tilley M. (2011). Effects of transglutaminase on the rheological and noodle – making characteristics of oat dough containing vital wheat gluten or egg albumin. J. Cereal Sci. 54, 53–59.

Wen-qiong, W.; Lan-wei, Z.; Xue, H. and Yi, L. (2017). Cheese whey protein recovery by ultrafiltration through transglutaminase (TG) catalysis whey protein cross-linking. Food Chem 215:31–40. https :// doi.org/10.1016/j.foodc hem.2016.07.057

Yokoyama, K.; NIO, N. and Kikuchi, Y. (2004). Properties and applications of microbial transglutaminas, Appl. Microbiol. Biotechnol.,64:447-454.

Yu, Y.J.; Wu, S.C.; Chan, H.H.; Chen, Y.C.; Chen, Z.Y. and Yang, M.T. (2008). Overproduction of soluble recombinant transglutaminase from Streptomyces netropsis in *Escherichia coli* . Appl Microbiol Biotechnol 81:523–532.

:

Arab Journal of
Food & Nutrition

Published (with an annual supplement)
by Arab Center for Nutrition
Focuses on Food, Nutrition, and Food Security in the Arab Countries.
Volume 21, No.49,2021

Chief Editor

Prof. Abdulrahman O.Musaiger
Arab Center for Nutrition, Kingdom of Bahrain

Editorial Board

Prof. Hamed Rabbah Takruri	Jordan University-Jordan
Prof. Hamaza Abu-tarboush	King Saud University- Saudi Arabia
Prof. Ashraf Abdulaziz	Halwan University - Egypt
Prof. Najat Mokhtar	Bin Tofil University - Morocco

Secretary

Dr. Mutasim Algadi

Typing

Abduljalil Abdulla

Correspondence

Chief Editor, Arab Journal of Food and Nutrition
Arab Center for Nutrition
P.O.Box:26923, Manama- Kingdom of Bahrain
Tel: 00973 17343460
Fax: 00973 17346339
Email:amusaiger@gmail.com

SSRM 255
ISSN 1608-8352

Arab Journal of Food & Nutrition

Volume 21, No. 49, 2021