HNSJ Humanities & Natural Sciences Journal
ISSN: (e) 2709-0833
www.hnjournal.net

مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية
مجلة علمية محكمة (التصنيف: NSP)
معامل التأثير للعام 2022 = 4.91

عنوان البحث

بيات الخبز: تعريفه، أسبابه وطرق علاجه

حسن ابراهيم التائب[1]، منى عبد السلام لويفة[2]، عيسى محمد منصور[1]، مختار محمود السيد[1]، محمد مختار عبد الصادق[1]

[1]المركز الليبي لبحوث التقنيات الحيوية، ليبيا.
[2] كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطئ، ليبيا.
بريد الكتروني: mukhtaralsayd@gmail.com

HNSJ, 2024, 5(2); https://doi.org/10.53796/hnsj52/12

تاريخ النشر: 2024/02/01م تاريخ القبول: 2024/01/15م

المستخلص

يعد الخبز من الاغذية ذات فترة الصلاحية القصيرة، نتيجة لحدوث عدة تغيرات فيزيائية وكيميائية يفقد من خلالها الخبز نكهته المميزة، وتجلد قصرته وجفاف وتفتت لبابته، وتسمى هذه التغيرات التي تحدث أثناء تخزين الخبز بظاهرة بيات الخبز والتي قسمت الى نوعين رئيسيين هما بيات القصرة وبيات اللبابة، حيث تتسبب هذه الظاهرة بانخفاض تقبل المستهلك للخبز، فدراسة هذه الظاهرة من قبل الباحثين امرا مهما جدا، حيث ارجعت أسباب هذه الظاهرة الى تراجع الاميلوز والأميلوبكتين، وحركة رطوبة الخبز والتفاعلات الحاصلة بين البروتين والنشا، ، ويعتبر بيات الخبز ظاهرة معقدة تعمل باليات متعددة والتي لم تتضح بشكل جلي الى حد الان ، فمن الطرق العملية التي تم استخدامها في تأخير او تقليل حدوث هذه الظاهرة هي المعالجة بالأنزيمات، و إضافة المواد الرابطة للماء مثل الالياف وخاصة الذائبة منها والاصماغ، وأيضا استخدام المواد المستحلبة، ونظرا لان الخبز يعتبر سيد المائدة والغذاء اليومي للمستهلك في ليبيا والعديد من دول العالم، فتسبب ظاهرة البيات خسارة كبيرة في اقتصاديات الدول، عليه تهدف هذه الدراسة لتسليط الضوء على مناقشة الأسباب الرئيسية لحدوثها وتشمل تراجع مكونات النشا، تفاعل النشا مع البروتين، حركة الرطوبة في الخبز, محاولات تأخير هذه الظاهرة.

الكلمات المفتاحية: الخبز، ظاهرة البيات، تراجع النشا، حركة الرطوبة، بيات القصرة، بيات اللبابة

RESEARCH TITLE

Bread Staling: Definition, Causation and prevention

Hassan Ibrihum Eltaib[1], Muna Abdulsalam llowafa[2] , Issa Mohammed Mansoo[1], Mukhtar Mahmoud Alsayid[1] Mohammed Mukhtar Abdusadiq1

[1] **Libyan biotechnology research center, [2]Faculty of food science University of Wadi Alshaty**
E:hassaneltybe993@gmail.com Or E: MUKHTARALSAYD@gmail.com

HNSJ, 2024, 5(2); https://doi.org/10.53796/hnsj52/12

Published at 01/02/2024 **Accepted at 15/01/2024**

Abstract

Bread is a food with a short shelf life, as a result of several physical and chemical changes that cause it to lose its distinctive flavour, hard crust, and dry out and crumbles. These changes that appear during storage are called bread staling. This phenomenon is caused by With the decrease in consumer acceptance of bread, the study of this phenomenon by researchers is considered very important, as its causes are due to the decline of both amylose and amylopectin, the movement of moisture in the bread, and the interactions that occur between protein and starch. Bread staling.is considered a complex process that works with multiple mechanisms that have not been clearly clarified yet. Identifying the main reasons for this makes it easier to treat or delay the occurrence of this phenomenon. One of the practical methods used to delay or reduce the occurrence of staling is treatment with enzymes, as well as the addition of water-binding substances such as fibers, especially soluble ones, and emulsifiers. Bread is considered the master of the table and the daily food for the consumer in Libya and many countries of the world, it causes a huge loss in the economy. This study aims to shed light on the discussion of the main reasons for its occurrence, which include the decline of starch components, the interaction of starch with protein, and the mobility of water in bread.

Key Words: Bread staling ,Starch retrogradation, Moisture movement, Crust staling , Crumb staling

المقدمة

يعد الخبز غذاءً أساسياً هامًا في جميع أنحاء العالم ويلعب دورًا مهمًا في نظامنا الغذائي اليومي (Cauvain et al., 2015)، ونظرا لان الخبز يمثل جزء كبير من الوجبة الغذائية للمستهلك في عدد من دول العالم ومنها ليبيا، كما انه موضوع العديد من الأبحاث سواء كان من الناحية التكنولوجية او التغذوية، حيث تم استغلال الخبز من الناحية التغذوية كناقل للمكونات الوظيفية مثل الألياف، المعادن، الفيتامينات، ومضادات الاكسدة (Arp et al., 2020)، يعد الخبز من اهم الموارد الغذائية الأساسية التي يمكن تصنيعها باتباع وصفات متعددة باستخدام ثلاثة مكونات اساسية متمثلة في الدقيق والماء والخميرة، وعلى الرغم من بساطة المكونات المستخدمة الا ان التفاعلات الكيميائية والفيزيائية التي تتعرض لها المكونات عند خلطها وخبزها ذات تعقيد كبير، وهذا يظهر بشكل واضح لحبيبات النشا المتجلتنة والمترابطة مع الجلوتين والمعروفة باللبابة (Aguirre et al., 2011) ، يعتبر نظام الخبز نظام رغوي مرن يتكون من طورين احدهما مستمر والذي يشمل شبكة مرنة من جزيئات الجلوتين المترابطة مع جزيئات النشا المرتشحة من الحبيبة النشوية اثناء التجلتن، والطور غير المستمر والذي يتكون من حبيبات النشا المتجلتنة محصورة داخل الشبكة الجلوتينية (Gray and Bemiller, 2003). هذا ويعد الخبز من الاغذية المصنعة ذات فترة صلاحية قصيرة أثناء التخزين (Chen et al., 2021b)، حيث تحدث للخبز اثناء التخزين عدة تغيرات فيزيائية وكيميائية يفقد من خلالها الخبز نكهته المميزة، وتجلد قصرته وجفاف وتفتت لبابته، فتسمى كل هذه التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تحدث أثناء تخزين الخبز بظاهرة بيات الخبز ، يؤدي بيات الخبز إلى انخفاض تقبل المستهلك له و يسبب في هدر كميات كبيرة منه والتي تعتبر خسارة اقتصادية للمستهلك والدولة على حد سواء. هذا وينقسم بيات الخبز الي بيات اللبابة وبيات القصرة، فيعرف بيات اللبابة بتصلبها وجفافها وتفتتها، في حين يعرف بيات القصرة بتجلدها وارتفاع نسبة الرطوبة بها لحين فقدانها وانعدام النكهة وعلى الرغم من دراسة ظاهرة بيات الخبز بشكل كبير من قبل علماء الأغذية والحبوب، إلا أن الآلية الواضحة لتلك الظاهرة لا تزال غير مفهومة تمامًا، خاصة على المستوى الجزيئي، ويعتبر كل من تحول النشا وتفاعل النشا مع الجلوتين وحركة الرطوبة وإعادة توزيعها بين مكونات الخبز اهم الأسباب المنطقية الأقرب لتفسير حدوث هذه الظاهرة (Fadda et al., 2014)، بعد اجراء عملية الخبيز والتبريد تخضع جزيئات النشا الى إعادة ترتيب وترابط سلاسلها (ظاهرة تراجع النشا)، حيث يشير هذا المصطلح إلى تجمع لسلاسل النشا في بنية مرتبة جدا تكون بلورية الشكل وثلاثية الابعاد، كما تلعب هجرة الماء من اللبابة إلى القشرة دورا مهما في طول او قصر فترة صلاحية الخبز، وقد يكون سبب هجرتها او حركتها هو اختلاف ضغط البخار بين اللبابة والقصرة والجو المحيط (Chen et al., 2021b, Hug-Iten et al., 2003)، الامر الذي يؤدي الى جفاف اللبابة وتجلد القصرة، علاوة على ذلك، يتحرك الماء فيما بين مكونات اللبابة بمراحل مختلفة، فتفاعلات الروابط الهيدروجينة (O-H) ما بين المركبات الكربوهيدراتية يؤدي إلى زيادة قوة الترابط بين جزيئات النشا وانفصال جزيئات الماء، مما يشجع سرعة تراجع النشا (Gray and Bemiller, 2003).

تبدأ عملية التراجع بترابط جزئيين او اكثر بروابط هيدروجينية بشكل حلزوني مزدوج، الامر الذي يستمر ببناء وتكوين المزيد من تجمعات الاشكال الحلزونية مكونة بذلك النظام البلوري، هذا مع الاخذ في الاعتبار تفاعل الجلوتين مع الحبيبات النشوية، حيث تتكون أيضا روابط بين تلك التجمعات النشوية والجلوتين (Chen et al., 2021a)، قد تحدث هذه العملية بسبب التفاعلات القوية بين البروتينات وجزيئات النشا، مؤديا إلى فقدان الطاقة الحركية (Choi et al., 2008)، مع طول فترة التخزين تساهم في زيادة صلابة الخبز بسبب الزيادة في قوة

الترابط بين الجزيئات المذكورة وعليه تحدث ظاهرة البيات، مع انتهاء عملية الخبيز وخروج الخبز من الفرن تحدث عمليات انتقال مراحل مختلفة في اللبابة وتغير في قوام الخبز، خلال الساعات الأولى تؤثر إعادة ترتيب سلاسل الاميلوز (تراجع الأميلوز) بشكل معنوي على تصلب بنية اللبابة، بينما تراجع الأميلوبكتين يأخذ وقت أطول ويصل الى أيام ا Hug-Iten et al., 2003; Le-Bail et al., 2009). من الطرق العملية التي استخدمت في تأخير او تقليل حدوث هذه الظاهرة هو استخدام الانزيمات، حيث انها امنة واقتصادية وذات وظيفة محددة، حتى في وقتنا الحاضر يعتبر استخدام الانزيمات الأكثر نجاحًا في تقليل معدل بيات الخبز وخاصة انزيمات الاميليز (Zeeb et al., 2017)، كما تم أيضا إضافة المواد الرابطة للماء مثل الالياف وخاصة الذائبة منها (البيتا جلوكان) والصموغ كمواد رابطة لحركة الماء (Xu et al., 2021; Sharma and Gujral, 2013)، وأيضا استخدمت المواد المستحلبة (Orthoefer and Kim, 2019)، نظرا لان الخبز يعتبر سيد المائدة والغذاء اليومي للمستهلك في ليبيا والعديد من دول العالم، وتسبب ظاهرة البيات خسارة كبيرة في اقتصاديات الدول، علية تهدف هذه الدراسة لتسليط الضوء على مناقشة الأسباب الرئيسية لهذه الظاهرة و محاولات تأخيرها .

مكونات دقيق القمح

من المفهوم في صناعة الخبز أن ميكانيكية البيات تعتبر مهمة في معرفة وفهم طبيعة مكونات الدقيق، وكذلك فهم العلاقة التي تربط بين هذه المكونات وتأثيرها على ظاهرة البيات (Hoseney and Seib,1978)، يتكون دقيق القمح من الجلوتين والنشا والبنتوزات، وكل هذه المكونات لها مساهمة في العمليات التصنيعية وفي خصائص المنتج النهائية، وإن ليبيدات الدقيق تلعب ايضا دوراً مهماً في صناعة الخبز، خاصة اذا كانت بشكل الدهون المقصرة (Morrison, 1976)، وتمر مكونات الدقيق كالنشا والجلوتين والليبيدات القطبية بعدة مراحل ابتداء من مرحلة الخبيز في العجينة مرورا الى الخبز الطازج ثم الى الخبز البايت كما هو موضح في الجدول (1).

الجدول (1): تأثير المراحل الرئيسية التي يمر بها زمن الخبز على مكونات الدقيق

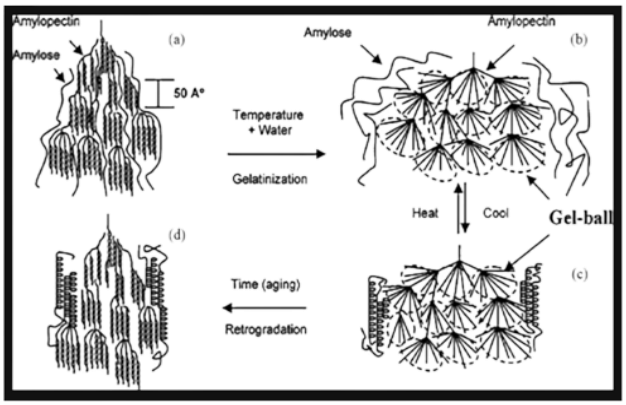
المرحلة	النشا	الجلوتين	الليبيدات القطبية
العجينة	متشرب، الحبيبات متلاصقة،الاميلوبكتين متبلور جزئيا، الاميلوز غير متبلور.	متشرب مكونا شرائط متلاصقة للنشا في الشبكة الجلوتينية.	حرة مع تداخلها مع البروتين.
الخبز الطازج	الحبيبات معظمها متجلتنة وتداخلها مع بعض ،تركيب الاميلوبكتين حلزوني مزدوج متصفي جزئياً وبعض من جزئياته تكون خارجة من الحبيبات،الاميلوزمرتشح جزئيا او كليا من الحبيبات		بعضها يكون معقدات مع الاميلوز من داخل الحبيبات ومن خارجها، ،وقد تتداخل جزئيات الليبيد مع البروتين.
الخبز البايت	تراجع للاميلوبكتين في الحبيبات المتجلتنة بالداخل،وبعض منها تكون خارج حبيبات النشا،الاميلوز يحدث له تراجع وبعض منها يكون معقد مع الليبيدات.	فقد في الماء من الشبكة الجلوتينية وتنتقل الى النشا التي لها القدرة على تبلور الاميلوبكتين.	لا تتغير مع الخبز البايت.

(Atwell etal,1988)

تفقد نكهة الخبز او تتبدد بسرعة بناء على التبريد وفترة التخزين اتناء البيات وهذا يمكن توضيحه علي مستوى المركبات الكربونية في رغيف الخبز الطازج تكون اعلى في القصرة بعشرة اضعاف من محتوى هذه المركبات في اللبابة (Heenan et al., 2009)، ولكن يبدو ان هناك انتشارا جزئيا للالدهيدات من القصرة الي اللبابة بناء على الفترة الزمنية التي يبقى فيها الخبز بعد عملية الخبيز، بينما تفقد المركبات الكربونية عن طريق التطاير أو بواسطة التفاعلات الكيمائية كالأكسدة (Heenan et al., 2009)، هذا وقد تسترجع نكهة الخبز المفقودة عند تسخين رغيف الخبز لإعادة طزاجته. تحدث فقدان النكهة وتغييراتها عندما تتضاءل بعض مكونات النكهة بشكل أسرع من غيرها، عادة ما يكون طعم الخبز الطازج مزيجًا من الحلو والمالح والحامض قليلاً، ولكن مع تقدم الوقت يتضاءل الحلو والمالح وتصبح الحموضة المتبقية غير مقبولة، عادة ما تكون رائحة الخبز الطازج خميرية وقمحية، ولكن مع التقدم في فترة الصلاحية تفقد رائحة الكحول المميزة للخميرة، وتقل رائحة القمح، وتصبح روائح العجين أو النشويات المتبقية غير مقبولة (Lallemand, 2018).

ميكانيكية البيات

مفهوم ميكانيكية البيات للخبز مرتبط بجزئيين أساسين في تركيبة الخبز هما بيات القصرة وبيات اللبابة، فبيات القصرة عموماً يكون سببه انتقال الرطوبة من اللبابة الي القصرة (Lin and Lineback, 1990)، ونتيجة لذلك ينتج قوام متجلد، أما في بيات اللبابة يعتبر أكثر تعقيداً وأكثر أهمية واقل فهماً في ميكانيكية البيات (Newbold, 1976)، فالصلابة في أنواع الخبز او داخل الرغيف تظهر في مواضع عدة من الرغيف ولكن أكثرها يكون في مركز اللبابة، ان العديد من الدراسات تركز في هذه الظاهرة على تصلب اللبابة (Morsy,2012)كما هو موضح في الشكل (1) ، فالتغيرات في الجزئيات التي تظهر خلال عمليات تخزين الخبز والتي تكون مسئولة عن صلابة وبيات الخبز هي التي تكون مركب معقد يتضمن حبيبات النشا مع اجزاء عديدة اخرى (Mage, 1975)، معظم المعلومات على دراسة هذه الظاهرة كانت لصلابة اللبابة، ، (Kulp and Ponte 1981; Zobel and Kulp,1996; Knightly.1977)، ارجعت هذه الدراسات معظم النظريات الي تراجع الاميلوبكتين أو الاميلوز وتأثير البروتين والبنتوزات والماء.



(Morsy,2012)

الشكل (1) يوضح التغيرات التي تظهر علي جزئيات النشا خلال عمليات تخبيز وتخزين الخبز

دور الاميلوبكتين في عملية البيات

تعتبر عملية التراجع للنشا مسئولة عن بيات الخبز، فعند تعريض الخبز الطازج للأشعة السينية وجد تشابه لنشا القمح المتجلتن الطازج، بينما اظهر الخبز غير الطازج التركيب النشوي فيه مشابه للنشا المتراجع الذي يؤول الي تغيرات مبدئية لمكونات النشا من الحالة غير البلورية الي الحالة البلورية والتي تعزى لها عملية البيات (Gray and Bemiller, 2003) ،كما وجد (Dragsdorf and Varriano-marston,1980) ما يؤكد أن درجة التبلور للبابة الخبز يقابلها علاقة طردية مع الصلابة، وخلصوا في دراستهم الى أنّ العمليتين منفصلتين عن بعضهما البعض، كما تم إكتشاف أنه لا توجد زيادة في صلابة الخبز وكذلك إنخفاض في الحركة الجزيئية أثناء تخزين الخبز وذلك بواسطة قياس عينة الخبز بجهاز مطياف الرنين المغناطيسي النووي (NMR) (Vodovotz et al.,2002)، ولحقيقة معروفة مفادها أن التسخين للخبز البايت فوق درجة 50°م بإمكانه إعادة حالة الخبز الي الطزاجة الأصلية (Knightly, 1977)، ان الاميلوبكتن في جزئية النشا هو المسئول عن البيات، ولاظهار هذا الاثبات تم تحضير خبز من دقيق مركب من نشا ذرة شمعي وجلوتين قوي فكان ميله الي البيات بشكل واضح وهذه الفرضية المعتمدة التي رأت أن تجمع جزئيات الاميلوبكتين كمسئول عن صلابة الخبز، وبناء على ذلك تم التشكيك في مساهمة الاميلوز للبيات بصورة قليلة مع التراجع له و عدم الاذابة خلال التبريد (Gray and Bemiller, 2003).كان دور الاميلوبكتين في جزئيات النشا والتي تم تأكيدها بجهاز Calorimetry (Russell,1983)، كما لاحظ Hoseney and Miller, (1998) ان الخبز البايت يجب أن يتم تسخينه الى درجة 100°م قبل أن يتم انضغاطه كخبز طازج وإن تراجع الاميلوبكتين يجب أن يذاب على الدرجة في حدود 60°م ومع مرور الوقت لا يصبح لهذا العامل دور مؤثر على الصلابة (Chinachoti et al., 2000) ، مما يبرهن ان الاميلوبكتين هو الجزء المهم من عمليات البيات ولكن ليس المسئول الوحيد في البيات للخبز (Vodovotz et al., 2002).

دور الأميلوز في عملية البيات

الاميلوز موجود في لبابة الخبز بصورة سلاسل مستقيمة، على عكس الأميلوبكتين الذي يتواجد في الصورة المتفرعة، والاميلوز له تأثير بسيط على بيات الخبز، وذلك بسبب سرعة معدل تراجعه اثناء تبريد الخبز كما وجد أن تجمع الاميلوز والاميلوبكتين لهما علاقة بالتغيرات التي تظهر على لبابة الخبز(Hoseney et al., 1978)، و اوضحّ كلا من (kim and D'APPolonla,1977) أن إذابة الأميلوز في بيات الخبز تتناقص بدرجات ملحوظة خلال اليوم الأول من التخزين بينما إذابة الاميلوبكتين تتناقص خلال اليوم الخامس من التخزين.

وجد أن دور الاميلوز في بيات الخبز هو مجرد تخفيف للأميلوبكتين (Inagaki and Seib,1992)، وأن الخبز المصنع من نشا الشعير الشمعي المتقاطع في الروابط كان أسرع في عملية البيات من عينات خبز القمح على الرغم من أن عينة الخبز كانت أقل صلابة بعد 6 ساعات، إن الدليل في قلة دور الاميلوز في البيات هو ما تم إثباته بإعادة طزاجة الخبز البايت بالحرارة فوجد أن بلورات الاميلوز لم تذب في درجة الحرارة المستخدمة (Knightly,1977)، وجد أن خلال عملية الخبيز ينفصل الاميلوز عن الاميلوبكتين ويصبح الاميلوز متراكم في

وسط حبيبة النشا أو في مركزها، والذي من ممكن إثباته أن الاميلوز ممكن أن يكون مرتشحا خارج حبيبات النشا, وأن فرضية إعادة تنظيم الاميلوز يمكن أن تعزز من الصلابة في حبيبات النشا خلال عملية البيات (Hug-Iten et al.,1999)، جزئ الاميلوبكتين الموجود بالخبز الطازج يتغير ببط مع مرور الوقت، وذلك لإن الاجزاء المتفرعة تترابط مع بعضها وتسبب الصلابة، والنتيجة كانت معتمدة أساساً على قوى مختلفة للترابط بين جزئيات الاميلوز والاميلوبكتين، فلكي يتراجع الأميلوز يحتاج درجة حرارة تصل الي 40-150°م ، أما في حالة الاميلوبكتين فيحتاج الي درجة 40-50°م وهذا الخبز يمكن إعادة طراوته عند تسخينه (kim and D'Appolonin, 1977).

دور البروتين في عملية البيات

يعتبر البروتين مكون آخر بعد النشا في دقيق القمح والمتمثل في الجلوتين، وقد اجريت عليه عدة دراسات لأنه يلعب دوراً في عملية البيات، فقد وجد أن له تأثير مختلف بتخفيضه لمعدل الصلابة في الخبز أثناء البيات (Kim and D;Appolonin,1977)، يعتبر البروتين غير مؤثر في الصلابة بشكل مباشر ولكن فعله المؤثر من الممكن أن يساعد في ذلك بتداخله مع جزئيات النشا، كما توجد علاقة عكسية بين محتوى البروتين وبيات الخبز، فالزيادة في محتوى البروتين تكون النتيجة التناقص في صلابة اللبابة أثناء البيات، فعليه يقل معدل البيات (Kulp and ponte,1981)، تداخل الجلوتين مع النشا يقلل من بيات الخبز وذلك عن طريق الروابط الهيدروجينية بين مجاميع الأمايد في الجلياديين والجلوتينين، لذلك فإن معدل النشا الي البروتين في العجينة يعتبر مهماً عند تقدير معدل البيات في الخبز (Gray and Bemiller, 2003)،

كما أن معدل البيات في الخبز له علاقة عكسية مع محتوى البروتين في الدقيق، ولكن ميكانيكية البيات ليس لها علاقة واضحة بمحتوى البروتين ,كما أن معدل البيات يعتمد أكثر على جودة البروتين (Kim and D'Appolonia,1977)، لوحظ أيضا إن صلابة اللبابة مرتبطة بعلاقة غير معنوية مع نوع ونسبة البروتين في الدقيق (Leon et al., 1997,Gerrard et al., 2001)، إن تراجع النشا كافي لتصلب اللبابة في الخبز وأن التداخل بين النشا مع النشا والنشا مع البروتين قد تفسر ميكانيكية البيات، ولكن نوعية التداخلات بين النشا مع النشا أكثر أهمية لكون النشا يمثل ما نسبته 85% من مكونات الدقيق (Every et al., 1998)، زيادة محتوى البروتين في الدقيق يؤدي الى تناقص الارتباط بين حبيبات النشا والبروتين وبالتالي تعمل على تأخير عملية البيات في الخبز، ووصف الجلوتين بأنه مخزن للرطوبة لتنظيم أي تغيرات تحدث لجزئيات النشا (Kulp and ponte, 1981)، كما أقترح (Martin et al., 1991) أن صلابة الخبز قد تكون نتيجة لوجود الروابط الهيدروجينية بين حبيبات النشا المتجلتنة وبين الشبكة الجلوتينية والتي تجعلها في حالة استمرارية وبدون هذه الاستمرارية تكون حبيبات النشا في حالة تشتت.

دور البنتوزات في عملية البيات

لا توجد اختلافات في معدل البيات للخبز المصنع مع وجود أو عدم وجود للبنتوزات، وتأثيرها على البيات غير واضح وتنقسم هذه المكونات الي بنتوزات ذائبة في الماء وأخرى غير ذائبة في الماء (Biliadeni's and

Izydorczyk 1995)، تكون البنتوزات غير الذائبة في الماء حوالي 9% في جزئية النشا وأي تأثير على معدل صلابة اللبابة يكون بسبب جزئيات النشا وعندما تتناقص الصلابة فمن المحتمل كانت بسبب تشرب البنتوزات للماء وبناء على ذلك فقد وجد أن إضافة البنتوزات غير الذائبة في الماء زادت من حجم الرغيف , وكذلك أخرت من بيات الخبز (Denli and Ercan, 2001)، وعلاوة على ذلك فعند إضافة كميات كبيرة من البنتوزات غير الذائبة أي اعلى من الحد المقبول عملت على خفض جودة الخبز، تأثير البنتوزات يعتمد أيضا على الوزن الجزئي، والنوعية وتركيز البنتوزات في الدقيق (Krishnara and Hoseney, 1994).

وعلى العكس فقد أوضحت بعض الدراسات أن البنتوزات الذائبة في الماء قليلة التأثير مقارنة بغير الذائبة، واثبت دراسات اخرى أن لها تأثير معنوي على حجم الرغيف، كما أنها تعمل على تأخير اندماج أو تكدس الاميلوز مع بعض، وأن تأثيرها على تخفيف الصلابة للخبز كان أكثر اثناء التخزين عند تدعيم الخبز بها مع احتمالية وجود أثر مباشر على المحتوى الرطوبي في النظام (Hoseny et al., 1971; Michniewicz et al., 1992)، تأثير البنتوزات على تراجع النشا ثم التحقق منه باستخدام كلا من هلام النشا والخبز، و رأى كلا من Kim and (Dappolonia, 1977) أن البنتوزات الذائبة في الماء كانت ذائبة في النشا أيضا فمنعت التراجع في جزئ الاميلوز، وإن تأثير البنتوزات الذائبة في الماء خفض من التراجع بفعلها على الاميلوبكتين فقط، بينما البنتوزات غير الذائبة كان فعلها على الاميلوز والاميلوبكتين معا في نظام الخبز .

عوامل اخرى مؤثرة على معدل البيات

درجة حرارة التخزين

تعتبر درجة الحرارة صفة جديرة بالاهتمام عند تخزين الخبز ويقاس معدل البيات بدرجة الحرارة المنخفضة إحصائياً، فنجد أن معدل البيات له علاقة بإعادة تبلور حبيبات النشا أثناء التخزين في درجات حرارة من −1 الى 10°م بينما دور تبلور النشا في عملية البيات تتناقص عند درجات حرارة مرتفعة (32 الي 43°م)، يؤخر التجميد ظاهرة تصلب الخبز والتأثير يكون ممتدا على طول فترة التخزين للمنتج المجمد، كما يتعزز تأثير التجميد عند إضافة الجلسيريدات الاحادية (Malkki et al., 1978)، فتنمو بلورات التجميد ضمن التركيبة النشوية وتتم بثلاثة أطوار بلورية اولها تكوين النويات تم تتجمع النويات و تتحول تلك النويات الى بلورات ثلجية (Slade and Levin, 1987; Marsh and Blanshard, 1988)، ويظهر ذلك عند درجة حرارة اعلى من درجة حرارة التحول للبلورات المعاد تكوينها وتكون كبيرة في تركيز النشا المتجمد أكثر من 70% عند 5− م°، وكانت عند درجة انصهار لبلورية الاميلوبكتين عند 60°م ، وان معدل التراجع في نشا العجائن يبقى تحت ظروف مسيطر عليها حراريا، ويكون أفضل عند الدرجات المثلى لتكوين النواة وتجمعها عند 5 °م وبتركيز 50% للعجائن عموما، إن الحقيقة في مؤشر درجة الحرارة هي دورتها المستمرة و التي تؤثر في زيادة سرعة الصلابة للخبز والتي تدعم تكوين بلورية جزئيات النشا وتعتبر درجة حرارة 4 °م (درجة حرارة الثلاجة) هي الدرجة المثالية لذلك، و إن الحقيقة الثابتة في الخبز البايت يمكن أن تعاد طزاجته أو ليونته بالحرارة (Gray and Bemiller, 2003).

هجرة الرطوبة

تمر الرطوبة في الخبز بعدة تغيرات متتالية في نظام الخبز كالجفاف وحالة التوازن للرطوبة بين اللبابة والقشرة، وإعادة توزيعه بين مكونات الخبز الأخرى ، وإن دور الرطوبة في لبابة الخبز تعتبر ذات أهمية في دراسة بيات الخبز، ان نسبة الرطوبة تصل الي38% في الخبز الأبيض وهو معدل كافي لأنواع الخبز الأخرى (Kulp and ponte ,1981)، واشاروا كلا من (Rogers et al., 1988; He and Hoseney, 1990) الى أن العلاقة عكسية بين محتوى الرطوبة ومعدل البيات، كما أن التراجع في هلام نشا القمح يحدث كوظيفة للمحتوى المائي في اللبابة.

قام (Schiraldi and Fessas, 2001) بمراجعة المحتوى المائي للخبز معتمدين في ذلك على حركية الماء بين سلاسل جزيئات النشا والبروتين، والنشاط المائي، وهجرة الماء بين الاطوار المختلفة، وتركيبة اللبابة في الخبز، وخلصُوا الى أن الصورة النهاية للبابة الخبز يمكن أن توصف بأنها تجلتن للنشا غير المترابط بسبب فصل اطواره الداخلية مائياً والتي تتكون معظمها من أوزان جزيئية منخفضة، للماء حركية عالية الى حدما ويمكن أن يسهل من الازاحة المتبادلة غير المتجانسة لمراحل الجل والذي يسلك مسلك الملدنات والتي تعزز هجرة الرطوبة من اللبابة الى القصرة، فالجفاف الذي يحدث للخبز يكون في جدران خلايا النشا وتزداد بذلك الصلابة، بينما تزداد الرطوبة في منطقة القصرة فتقلل من هشاشتها و تصبح متجلدة وتُفقد الرطوبة حتى وإن وُضع الخبز داخل مغلف مانع للرطوبة (Fesses,2001; Piazza and Masi,1995).

بعد عملية الخبيز وخروج الخبز من الفرن تنخفض حرارة الخبز الى درجة حرارة الغرفة وتتركز الرطوبة داخل الرغيف (Piazza and Masi, 1995)، ونتيجة الاختلاف في الضغط البخاري بين القصرة والمنطقة الداخلية للرغيف تحدث هجرة الرطوبة من اللبابة الي القصرة (Stear,1990)، لاحظ كل من (Baik and chinachoti, 2000) أن الخبز المخزن منزوع القصرة مع خبز آخر بالقصرة أن الرطوبة تنتقل الى الخبز منزوع القصرة ومنه الى اللبابة بانخفاض تدريجي و بشكل ثابت، أما في الخبز بالقصرة فإن الرطوبة يتم إعادة توزيعها من اللبابة إلى القصرة مؤدية بذلك الي صلابة أكثر مع استمرارية في إعادة تبلور الاميلوبكتين بشكل اكبر، مما يشير الي حركية الرطوبة، وبالتالي نستنتج أن إعادة توزيع الرطوبة من اللبابة إلى القصرة تلعب دوراً معنوياً في صلابة الخبز وتزيد في معدل البيات للخبز (Gray and Bemiller,2003)، كما رأى (Kim–shin et al. 1991). ان إعادة توزيع الماء تحدث في الطور غير المتبلور، ونظرا الى أن معدل النشا إلى الجلوتين (1:6) في لبابة الخبز فان ذلك يؤكد انتقال الرطوبة من الجلوتين الى النشا ونتيجة ذلك يكون التصلب في الطور المستمر للجلوتين و أن التغيرات في حركية الماء ليس لها علاقة مباشرة في عملية التراجع للنشا (Gray and Bemiller,2003).

اشار كل من (Levine and Slde,1990) الى ان دور الماء في ظاهرة البيات يتمثل في ميكانيكية البيات للبابة الخبز والتي تعتمد على الوقت في إعادة تكوين البلورات للاميلوبكتين من الحالة غير البلورية في الخبز الطازج إلى الحالة البلورية في الخبز البايت، كما تكون هجرة الرطوبة مع زيادة صلابة القوام (Russell., 1987) ان معدل التمدد لبلورات الاميلوبكتين في عجائن جل النشا تعتمد على حركية التفرعات الخارجية للاميلوبكتين،

تعتبر جزئيات الماء جزء من جزئيات بلورات النشا وبناء على ذلك فإن النتيجة تكون جفاف الخبز وهي خصائص القوام المتصلب في حالة الخبز البايت (Slade and Levine.,1991)، من ذلك يتضح ان انتقال الرطوبة يكون بين مكونات الخبز خصُوصاً بين الجلوتين والنشا والتي تظهر عند بيات الخبز.

ظروف التصنيع

إن عوامل التصنيع والتي تتضمن طرق و أشكال التصنيع للخبز والتي تؤثر على خصائص الخبز وبياته (Kulp and Ponte.,1981)، فالمعاملة الحرلرية لها تأثيرات معنوية على بيات الخبز، فنجد أن عملية الخبيز عند درجات حرارة منخفضة يكون البيات فيها بمعدل أقل لكل من صلابة اللبابة وتراجع النشا، أما عند درجات حرارة مرتفعة اثناء الخبيز فيؤدى إلى زيادة تهدم البروتين وخلل في حبيبات النشا (Giovanell et al.,1997)، من المميز اثناء عملية الخبيز أن درجة الحرارة داخل الرغيف لا يمكن أن تتجاوز درجة الغليان للماء مهما كانت درجة حرارة الفرن،(Gray and Bemiller, 2003)، وجد أن الخبيز تحت تفريغ ابطأ من ذلك في الهواء اثناء تجهيز الخبز حتى عند درجات حرارة اعلى من 100°م والتي يمكن أن تعزز في زيادة صلاحية الخبز(Giovanelli et al.,1997)، ومن تأثيرات التصنيع وجد أن معدل البيات ينخفض مع زيادة الحجم في الخبز ، وعند نفس مكونات العجين, ولكن باختلاف عمليات التصنيع (Gray and Bemiller., 2003).

تراجع النشا

غالبًا ما يُنظر إلى تراجع النشا على أنه ظاهرة سلبية له آثار غير مرغوب فيها بسبب مشاركته الرئيسية في بيات الخبز والمخبوزات الغنية بالنشا، مما قد يؤدي إلى انخفاض فترة الصلاحية وانخفاض قبول المستهلك، الامر الذي يسبب في إهدار كبير للخبز، وبالتالي يشكل تحديات كبيرة لمنتجي المخابز (Alpers etal.,2021) ، هذا وتجدر الإشارة الى ان تراجع النشا أمر مرغوب فيه في بعض التطبيقات الغذائية مثل إنتاج حبوب الإفطار، والأرز المسلوق، والبطاطس المهروسة المجففة بسبب التعديل الحاصل في الخصائص الهيكلية والميكانيكية والحسية للمنتج الغذائي (Karim et al., 2000)، يعد تراجع النشا مرغوبًا أيضًا من حيث الأهمية الغذائية، نظرًا لبطء الهضم الأنزيمي للنشا المتجلتن وانخفاض كمية الجلوكوز في مجرى الدم بعد الهضم والامتصاص (Copeland et al., 2009) .عند تسخين النشا في الماء، تصبح حبيبات النشا رطبة وتمتص الماء وتنتفخ وتتحول إلى جل، حيث ينهار التركيب الحبيبي بسبب انحلال البلورات، وتفكك التركيب الحلزوني لهيكل الاميلوز وتكسر الروابط الهيدروجينية، يشار إلى هذه التغييرات مجتمعة باسم جلتنة النشا ويصاحبها فقدان انكسار الضوء المميز لحبيبات النشا السليمة، بعد عملية التبريد، يحدث إعادة في ترابط سلاسل الأميلوز والأميلوبكتين المشتتة وذلك بشكل تدريجي في بنية منظمة مختلفة عما كانت عليه قبل التسخين في عملية تسمى التراجع، عادة ما يتبع تراجع النشا سلسة من التغيرات الفيزيائية في المنتج مثل زيادة اللزوجة ، وتحرر الماء وزيادة درجة التبلور (Hoover et al., 2010).

قد تؤدي إعادة ترتيب وترابط الفروع الخارجية القصيرة للأميلوبكتين إلى تكوين عدد من الأشكال البلورية (Hoover., 2001)، ان سلاسل الأميلوز المشتتة ترتبط مع بعضها مكونة اشكال حلزونية مزدوجة تتكون من40 إلى 70وحدة جلوكوز بين الروابط الهيدروجينية (Jane and Robyt., 1985) عملية التراجع مسؤولة

أيضًا عن إعادة توزيع الماء بين الجزيئات، حيث أن إعادة بلورة جزيئات النشا تكون مصحوبة بزيادة تكوين الأشكال البلورية من النوع بيتا (Alpers et al., 2021)، وبالتالي تتم إزالة الماء من شبكة الجلوتين، مما يؤدي إلى قوام غير تابت وأقل مرونة (Bosmans et al., 2013) تترافق العمليات طويلة المدى لتراجع النشا وهجرة الماء مع تبخر المركبات المتطايرة ، السبب الذي يؤدي الى انخفاض تقبل المستهلك للخبز حتى خلال الأيام الأولى من البيات (Alpers et al., 2021)، كما لوحظ فيما يتعلق بتغيير المحتوى الحراري، فإن التبلور النسبي والمحتوى من اللولب المزدوج وكذلك نسبة امتصاص الأشعة تحت الحمراء تزداد جميعها مع مرور وقت البيات، مما يدل على زيادة تكون بلورات النشا وترتيبها الجزيئي (Ambigaipalan et al., 2013; Xie et al., 2014).ينتج عن تراجع النشا غير الشمعي جل ثابت يتكون من شبكة ثلاثية الأبعاد، اما النشا الشمعي فيشكل عند التراجع مادة هلامية ناعمة تحتوي على تكتلات ولكنها لا تكون شبكة (Tang and Copeland., 2007) ، حيث ان الشبكة الجلاتينية المتكونة من النشا عالي الاميلوز تتصف بالمرونة والقوة في حين أن الجل الضعيف الذي يحتوي على تجمعات ثلاثية الابعاد يظهر صفة االليونة بشكل اكبر،ان التراجع هو عملية مستمرة والتي تبدأ بإعادة بلورة سريعة لجزيئات الأميلوز متبوعة بإعادة بلورة بطيئة لجزيئات الاميلوبكتين (Tang and Copeland., 2007).

محاولات تأخير ظاهرة البيات

تعتبر إضافة الإنزيمات المحللة للنشا عملية شائعة لتأخير بيات الخبز وذلك عن طريق تغيير بنية النشا وتركيبته القابلة للذوبان، اشارت الدراسات الى ان الانزيمات المقاومة للحرارة اكثر ملائمة لهذا الاستخدام حيث تتميز هذه الانزيمات بنشاطها على درجات حرارة اعلى من درجة حرارة الجلتنة لنشا القمح (65–70 °م) ولكنها تثبط أثناء عملية الخبيز، يؤدي تحلل النشا بواسطة الاميليزات(Amylases)إلى تغييرات في بنية النشا وإنتاج السكريات منخفضة في الوزن الجزيئي، ان التأثير المضاد للبيات بفعل الانزيمات ناتج عن تغيرات في بنية النشا أو تكوين الدكسترينات، كما ذكر أن من التأثيرات الإيجابية للتحلل الانزيمي على بيات الخبز هو الحيلولة دون ترابط المناطق البلورية في بنية الشبكة النشوية وبالتالي اضعافها(Hammer., 1995).

تعمل الإنزيمات المحللة للنشا على خفض قوة النشا التركيبية، وذلك من خلال منع إعادة بلورة الأميلوبكتين أو من خلال تقليل الترابط بين اطوار النشا البلورية، قد تعزز الإنزيمات المحللة للنشا أيضًا تكون شبكة أميلوز متبلورة جزئيًا لتساهم في الاستقرار الحركي لتركيبة النشا (Hug-Iten et al., 2003)، من ناحية أخرى، اقترح أن الدكسترينات الموجودة في الخبز المعامل بالاميليزات يمكن أن يكون لها علاقة بظاهرة البيات، ولكن ليس بالضرورة ان تثبطها بشكل مباشر، ولكن قد يظهر تأثيرها من خلال التغير في التركيبة النشوية ومنع تكون شبكة اميلوز مستمرة ، أظهرت نتائج عدد من الدراسات ان إضافة كمية كبيرة من الدكسترينات اكثر من 26% قد يكون لها تأثير مثبط لظاهرة البيات، الجدير بالذكر ان الدكسترينات الناتجة من الفعل الأنزيمي تكون فعالة اكثر في إعاقة تراجع النشا مقارنة بالدكسترينات المضافة، بالرغم من قلتها (Hug-Iten et al., 2003).

من اكثر الانزيمات المستخدمة في صناعة المخبوزات هي انزيمات التحليل المائي، وتعتبر بدائل نظيفة لأنواع أخرى كثيرة من المحسنات الكيميائية والتي تشتمل على أنواع مختلفة من الأميليزات، السليوليز،الزالينيز، اللاييبز، البروتييز، ، الجلوكوز أوكسيديز واللاييبوكسيجنيز، ، مالتوجينيك – أميليز، فيما يتعلق بجزيء الأميلوبكتين، فإن

منع إعادة بلورة الأميلوبكتين يعيق بشكل فعال بيات الخبز، لم يتضح بعد كيف تؤثر الانزيمات المحللة للنشا على ترابطه مع البروتين في الخبز، هذا ومن الممكن ان يكون لتركيبة النشا المعدلة كيميائيا تأثير في كيفية الترابط بين النشا والبروتين (Martin and Hoseney., 1991).

حيث وجد ان Amylaseα- يعمل على تحلل الروابط الداخلية لجزيئات النشا ويقلل من وزنها الجزيئي، كما انه يساعد في عملية التخمير وزيادة حجم الرغيف وتحسين الملمس وتقليل بيات الخبز (Goesaert et al., 2009; Putseys etal., 2019)، في حين يعمل انزيم الزالينيز على تحليل الأرابينوجلوكان وبالتالي يحسن من العجينة، وزيادة في حجم الرغيف، وبنية اللبابة وزيادة في فترة صلاحية الخبز (Butt et al., 2008; Courtin & Delcour, 2002)، هذا ويستخدم انزيم السيليوليز في زيادة حجم الرغيف، وتحسين القوام، وخفض ظاهرة البيات (Gujral et al., 2003).

وجدت دراسة ان عملية الجمع بين إنزيمات الأميليزات والمعاملة بالضغط العالي أدت الى تحسين جودة الخبز بشكل كبير، على سبيل المثال زيادة الحجم النوعي للخبز، وزيادة نسبة السكريات المختزلة، كما انخفضت نسبة النشا المتضرر والألياف الغذائية غير القابلة للذوبان، أيضا تميزت اللبابة ببنية خلوية أفضل وفترة صلاحية أطول للخبز بشكل عام مقارنةً بالخبز القياسي والخبز المعالج بالانزيمات فقط (Matsushita et al., 2020).

اشارت الدراسات الى ان انزيم الزيلانيز يعمل على تحليل البنتوزات الذائبة وغير الذائبة في العجين، الامر الذي يعمل على تحسين مرونة الشبكة الجلوتينية وبنية اللبابة وحجم الخبز، تشير الدراسات الى امكانية استخدامها لجميع أنواع الخبز كبديل للمستحلبات أو الجمع بينهما، وقد يساهم استخدام هذه الإنزيمات أيضًا في التخلص من استخدام المضافات الكيميائية مثل البرومات، هذا وقد وجد ان إضافة انزيم الزيلانيز كمحسن وخاصة المقاوم للحرارة منها وبكمية 120 جزء في المليون عمل على زيادة حجم الخبز بنسبة 60.3%، كما ساعد في تحسين بنية اللبابة وأصبحت اكثر تجانسا ونعومة مما أدى الى زيادة فترة الصلاحية، أيضا قلل من صلابة الخبز الطازج، وجعل اللبابة اكثر ليونة، فقد انخفضت صلابة اللبابة بنسبة 57.9% عند إضافة 100 جزء في المليون من انزيم الزالينيز، كما يمكن استخدامه مع انزيمات أخرى وذلك لتعزيز التحسن في جودة الخبز بصفة عامة. وفي دراسة اخرى أجريت على استخدام مزيج من انزيمات الزالانيز كمحسن في خبز القمح الكامل انه ساعد في تحسين درجة التحلل المائي لنخالة القمح، ، فضلا عن رفع القدرة على الاحتفاظ بالزيت والماء، كما أدى الى تحسن في القابلية على زيادة التمدد والثباتية والمسامية والخصائص الحسية، وجد ايضا أن هذا المزيج رفع الحجم النوعي والتماسك والحيوية وقلل من صلابة اللبابة وبالتالي تأخر حدوث ظاهرة البيات (Butt et al., 2008;Baran and Yurdugül, 2020).

استخدمت الكربوهيدرات على نطاق واسع كمضافات تغذوية لتأخير تراجع النشا ومن أهمها السكريات (الجلوكوز والريبوز والفركتوز السكروز، المالتوز، اللاكتوز) ، كما أن تأثير العديد من الكربوهيدراتية العديدة غير النشوية مثل البكتين، الصمغ العربي، الانيولين، كربوكسي ميثايل سليلوز، وصموغ الياف الذرة، وصمغ الجوار على ظاهرة البيات الحاصلة في الأغذية النشوية، حيث لم يتم التوصل الى نتائج ثابتة في ذلك (Wang et al., 2015)، ان إضافة الغرويات قد تقلل او تزيد في البيات اعتمادا على طريقة التصنيع، درجة حرارة وزمن التخزين، وبشكل عام لوحظ ان الغرويات تشجع من التراجع قصير الأمد، ولكنها تقلل من التراجع طويل الأمد، من خلال التأثير

على التفاعلات بين الاميلوز ومع تجمعات الاميلوبكتن (BeMiller, 2011).

أفادت الدراسات الى ان إضافة الالياف الغذائية الى الخبز تؤدي الى تعزيز قدرة العجينة على الاحتفاظ بالزيت والماء، وتعديل الخصائص التركيبية، واطالة فترة الصلاحية (Kurek et al., 2015)، فالبيتاجلوكان من الالياف الغذائية الذائبة في الماء ومن اهم مصادرها الحبوب (الشعير والشوفان) حيث تلعب دورا بارزا في تأخير ظاهرة البيات(Banchathanakij and Suphantharika, 2009) ، اشارت دراسة أجريت على تأثير إضافة النشا المقاوم على تأخير البيات، حيث لوحظ ان الخبز المحتوي على 15% من النشا المقاوم احتفظت لبابته بالرطوبة، واقل صلابة (Barros et al., 2018).

أفادت دراسة الى ان إضافة الجلوتين الحيوي الى عجينة الخبز بنسبة 2.5% أدت الى خفض صلابة اللبابة ومعدل بياتها وذلك في اليوم السابع من عملية البيات، ولكنها لم تؤثر كثيرا على محتوى التبلور في النشا، أدى المستوى المرتفع من الفاأميليز والمستوى المتوسط من انزيم السيليوليز إلى خفض كمية الحرارة اللازمة لصهر تبلور جزيئات النشا، ولكنه لم يؤثر بشكل كبير على صلابة اللبابة ومعدل بياتها في اليوم السابع من التخزين، وهي يدل علي أن صلابة اللبابة ليس من الضروري ان تكون مرادفًا لتراجع الأميلوبكتين (Tebben et al., 2020).

على الرغم من ان دهون دقيق الحبوب او حتى المضافة لها اثناء التصنيع قليلة من حيث الوزن ولكن لها تأثير معنوي على خصائص الاغذية القائمة على النشا ودقيق الحبوب مثل الخبز، حيث انها قد ترتبط مع الاميلوز مكونة معقدات للأميلوز (Putseys et al., 2010)، فقد وجد ان وجود الدهون الحرة في الأغذية النشوية او اضافتها تؤخر من ظاهرة البيات بعد التصنيع واثناء التخزين (Copeland et al., 2009)، تعتبر الدهون قصيرة السلسلة هي أكثر فاعلية في تأخير البيات ،هذا وقد تم تفسير ذلك التأثير بعدة طرق، فمثلا، قد تؤدي إضافة الدهون اثناء التصنيع إلى إعاقة تغلغل الماء في الحبيبات وبالتالي انخفاض انتفاخها وارتشاح الاميلوز خارجها، نتيجة لذلك تتقيد حركة جزيئات الاميلوز ويسبب ذلك في انخفاض تراجعه (Becker et al., 2001).

يمكن للمستحلبات أن تستخدم كعوامل مضادة للبيات في الخبز ،حيث أدت إضافة sodium dodecyl sulfate, acetyltrimethylammonium bromide والجلسريدات الاحادية إلى تقليل تراجع النشا، والذي تم تفسيره على أنه ناتج عن الترابط المعقد بين الاميلوز وتلك المستحلبات، هذا وقد وجد أن إضافة المستحلبات الى العجين ادت إلى تأخير كبير في بيات الخبز والكيك (Seyhun et al., 2003; Fadda et al., Gujral et al., 2003;) 2014 وقد يفسر تأثير المستحلبات في تأخير ظاهرة البيات مثل الجلسريدات الأحادية من خلال تكوين معقد غير ذائب في الماء، وبالتالي لا يشارك في تكوين الجل الذي يتكون اثناء عملية الخبيز، وبناء على ذلك فان الاميلوز المرتبط مع المستحلب لا يتبلور عند تبريد الخبز، الامر الذي يؤخر او يقلل من ظاهرة البيات (Stampfli and Nersten, 1995)، كما أشار (Collar,2003) إلى أن الإضافة الفردية او الثنائية من الجلسريدات الاحادية ولاكتيلات ستيرويل الصوديوم إلى عجينة الخبز أثرت بشكل إيجابي على خصائص القدرة على الانتفاخ (اللزوجة) التي تم تقييمها بواسطة Rapid Visco Analyzer، والتراجع أثناء التبريد والتي ترتبط كثيرا بتأخير كبير في بيات الخبز.

وجدت دراسة ان إضافة دقيق البطاطس الى دقيق القمح أدى الى انخفاض كبير في تبلور جزيئات النشا وتباطؤ في معدل هجرة الماء من اللبابة إلى القصرة، مما يعطي مؤشر على ان دقيق البطاطا له تأثير مضاد لظاهرة البيات (Ju et al., 2020)،كما أظهرت نتائج قيمة التراجع، وكذلك هجرة الماء أثناء تخزين الخبز أن دقيق البطاطس فعال في تأخير ظاهرة البيات، هذا وقد وجد ان هناك ارتباط كبير بين هذه المؤشرات، حيث ارتبطت رطوبة اللبابة سلبًا بالتبلور والصلابة، بينما ارتبط التبلور ارتباطًا موجبًا بصلابة اللبابة (Ju et al., 2020).

الخلاصة

ان الحد الادنى من عملية الجلتنة للنشا داخل الفرن اثناء التخبيز من المتوقع أن يترتب عليها حد أدنى من عملية التراجع للنشا وبالتالي تؤدي الي تاخير في معدل البيات، كما ينتقل الماء من اللبابة الي القصرة عندما تكون القصرة موجودة بينما لاتحدث حركة للماء في غياب القصرة, يحتاج تأثير البروتين في الخبز الي زيادة توضيح في مفهوم عملية البيات لارتياطه بالنشا,وان الاميلو له تأثير بسيط علي بيات الخبز بسبب سرعة تراجعه ينما الاميلوبكتين يتغير ببطء مع مرور الوقت وذلك ناتج من الاجزاء المتفرعة في السلسلة غتسبب الصلابة لقوام الخبزتعتبر الانزيمات من المضافات الاكثر شيوعا في معالجة ظاهرة البيات.

المراجع

Aguirre, J. F., Osella, C. A., Carrara, C. R., S´ anchez, H. D., & Buera, M. D. P. (2011). Effect of storage temperature on starch retrogradation of bread staling. Starch/Staerke, 63 (9), 587–593.

Alpers, T., Kerpes, R., Frioli, M., Nobis, A., Hoi, K. I., Bach, A., & Becker, T. (2021). Impact of storing condition on staling and microbial spoilage behavior of bread and their contribution to prevent food waste. Foods, 10(1), 76.

Ambigaipalan, P., Hoover, R., Donner, E., & Liu, Q. (2013). Retrogradation characteristics of pulse starches. Food Research International, 54(1), 203-212.

Arp, C. G., Correa, M. J., & Ferrero, C. (2020). Kinetic study of staling in breads with high-amylose resistant starch. Food hydrocolloids, 106, 105879.

Banchathanakij, R., & Suphantharika, M. (2009). Effect of different β-glucans on the gelatinisation and retrogradation of rice starch. Food chemistry, 114(1), 5-14.

Baran, B., & Yurdugül, S. (2020). The Role of Thermostable Xylanase Enzymes in Bread Making. International Journal of Innovative Approaches in Science Research., 4(4), 130-140.

Barros, J. H., Telis, V. R., Taboga, S., & Franco, C. M. (2018). Resistant starch: effect on rheology, quality, and staling rate of white wheat bread. Journal of food science and technology, 55, 4578-4588.

Becker, A., Hill, S. E., & Mitchell, J. R. (2001). Relevance of amylose and lipid complexes to the behaviour of thermally processed starches. Starch-Stärke, 53(3-4), 121-130.

Bechtel, D.B., Pomeranz, Y., de Franxisco, A. (1978). Breadmaking studied by light and transmission electron microscopy. Cereal Chemistry, 31:182.

BeMiller JN. 2011. Pasting, paste, and gel properties of starch–hydrocolloid combinations. Carbohyd Polym 86:386–423.

Biliaderis, C.G., Izydorczyk, M.S. (1995). Effect of arabinoxylans on bread-making qual-ity of wheat flours. Food Chemistry, 53:165.

Blanshard, J.M.V. (1988). Elements of cereal product structure. In blanshard JMV Mitchell JR. editors. Food Structure – Its Creation and Evaluation. London : But-terworths. P 313-30.

Bosmans, G.M.; Lagrain, B.; Ooms, N.; Fierens, E.; Delcour, J.A.2013. Biopolymer Interactions,Water Dynamics, and Bread Crumb Firming. J. Agric. Food Chem.

Butt, M. S., Tahir-Nadeem, M., Ahmad, Z., & Sultan, M. T. (2008). Xylanases and their applications in baking industry. Food Technology and Biotechnology, 46(1), 22-31.

Chen, Y., Eder, S., Schubert, S., Gorgerat, S., Boschet, E., Baltensperger, L., & Windhab, E. J. (2021a). Influence of amylase addition on bread quality and bread staling. ACS Food Science & Technology, 1(6), 1143-1150.

Chen, Y.; Gavaliatsis, T.; Kuster, S.; Städeli, C.; Fischer, P.; Windhab, E. J. (2021b). Crust treatments to reduce bread staling. Current Research in Food Science, 4, 182−190.

Chen, P.L., Long, Z., Ruan, R., Labuza. (1997). Nuclear magnetic resonance study of water mobility in bread during storage . Food Science and Technology, 30:18.

Choi, Y. J.; Ahn, S. C.; Choi, H. S.; Hwang, D. K.; Kim, B. Y.; Baik, M. Y.2008. Role of water in bread staling: A review. Food Science and Biotechnology. 17, 1139−1145..

Collar, C. (2003). Significance of viscosity profile of pasted and gelled formulated wheat doughs on bread staling. European Food Research and Technology, 216, 505-513.

Courtin, C. M., & Delcour, J. A. (2002). Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. Journal of cereal science, 35(3), 225-243.

Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., & Tang, M. C. (2009). Form and functionality of starch. Food hydrocolloids, 23(6), 1527-1534.

Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y. (1989). DSC, water activity, and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. Cereal Chemistry, 66:305.

Denli, E., Ercan, R. (2001). Effect of added pentosans isolated from wheat and rye grain on some properties of bread. Eur Food Ras Technol 212L374 { Chem Abstr 135:60448(2001)}.

Dragsdorf, R.D., Varriano –Marston, E. (1980). Bread staling: X-ray diffraction studies on bread supplemented with a-amylases from different sources. Cereal Chemistry, 57:310.

Dreese, P.C., faubion, J.M., Hoseney, R.C. (1988). Dynamic rheological properties of flour, gluten, and gluten-starch doughs. I. Temperature-dependent changes during heating. Cereal Chemistry, 65:348.

Dragsdorf RD., and Variano –Marston,E. 1980 Bread staling : X ray detraction studies on bread supplemented with α amylases from different sources. Cereal Chemistry, 57:310.

Every, D., Gerrard, J.A., Gilpin, M.J., Ross, M., Newberry, M.P. (1998). Stalin in starch bread: the effect of gluten additions on specific loaf volume and firming rate. Starch/ Starke 50:443.

Fadda, C., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Collar, C., & Piga, A. (2014). Bread staling: Updating the view. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13(4), 473-492.

Goesaert, H., Slade, L., Levine, H., & Delcour, J. A. (2009). Amylases and bread firming–an integrated view. Journal of cereal science, 50(3), 345-352.

Gujral, H. S., Haros, M., & Rosell, C. M. (2003). Starch hydrolyzing enzymes for retarding the staling of rice bread. Cereal Chemistry, 80(6), 750-754.

Gujral, H. S., Rosell, C. M., Sharma, S., & Singh, S. (2003). Effect of sodium lauryl sulphate on the texture of sponge cake. Food science and technology international, 9(2), 89-93.

Gray, J. A.; Bemiller, J. N.2003. Bread Staling: Molecular Basis and Control. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2, 1−21.

Hammer, R. J. 1995. Enzymes in the baking industry. Pages 190-222 in: Enzymes in Food Processing. G. A. Tucker and L. F. J. Woods, eds. Blackie Academic & Professional: London.

He, H., Hoseney, R.C. (1990). Change in bread firmness and moisture during long – term storage. Cereal Chemistry, 67:603.

Hibi, Y. (2001). Effect of retrograded wazy corn starch on bread staling.. Hoseney, R.C. (1989). The interactions that produce unique products from wheat flour. In: Pomeranz Y . editor. Wheat Is Unique . St Paul , Minn. American Association of Cereal Chemists. P. 595-606.

Heenan, S. P., Dufour, J. P., Hamid, N., Harvey, W., & Delahunty, C. M. (2009). Characterisation of fresh bread flavour: Relationships between sensory characteristics and volatile composition. Food Chemistry, 116(1), 249-257.Hoseney, R.C., Lineback, D.R,, Seib, P.A. (1978). Role of starch in baked foods, Bakers Dog 52(4):11.

Hoseney, C., Miller, R. (1998). Current understanding of staling of bread. AIB Res Dept Tech. Bull. 20(6):1.

Hoseney, R.C., Seib, P.A. (1978). Bread: from grain to table. Cereal foods World 23:362.

Hug-Iten, S., Handschin, S., Conde-Petit, B., Escher, F. (1999). Changes in starch in micro-structure on baking and staling of wheat bread. Lebensm Wiss Technol 32:255.

Hoover, R., Hughes, T., Chung, H. J.(2010). Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. Food research international, 43(2), 399-413.

Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. Carbohydrate polymers, 45(3), 253-267.

Hug-Iten, S., Escher, F., & Conde-Petit, B. (2003). Staling of bread: Role of amylose and amylopectin and influence of starch-degrading enzymes. Cereal Chemistry, 80(6), 654-661.

Inagaki ,T., Seib, P.A., (1992). Frming of bread crumb with cross-Linked waxy barley starch substituted for wheat starch. Cereal Chemistry, 69:321.

Jane, J. L., Robyt, J. F., & Huang, D. H. (1985). 13C-NMR study of the conformation of helical complexes of amylodextrin and of amylose in solution. Carbohydrate research, 140(1), 21-35.

Ju, Q., Li, Y., Sun, H., Chen, J., Yuan, Y., Hu, Y. (2020). Effect of potato flour on quality and staling properties of wheat–potato flour bread. Food Science & Nutrition, 8(10), 5474-5482.

Kim, S.K., DAppolonia, B.L. (1977). Effect of pentosans on the retrogradation of wheat starch gels. Cereal Chemistry, 54:150.

Kim-Shin, M.S, Mari, F., Rao, P.A., Stengle, T.R., Chinachoti, P. (1991). O Nuclear magent-ic resonance studies of water mobility during bread staling. Journal of Agriculture and Food

Chemistry, 39:1915.

Knightly, W.H. (1977). The staling of bread:A review. Bakers Dig. 51(5):52.

Krishnarau, L., Hpseney, R.C. (1994). Enzymes increase loaf volume of bread supple-mented with starch tailings and insoluble pentosans. Journal of Food Science, 59:1251.

Kulp, K., Ponte, J.G Jr. (1981). Staling of white pan bread: fundamental causes. CRC. Critical Rev Food Sci Nutr 15:1.

Kurek, M., & Wyrwisz, J. (2015). The application of dietary fiber in bread products. Journal of Food Processing and Technology, 6(5), 447-450.

Kulp, K., ponte, J.G .Ir . (1981). Staling of whiat pan bread: fundamental causes: CRC Critical Review in Food Science and Nutrition, 15:1

Le-Bail, A.; Boumali, K.; Jury, V.; Ben-Aissa, F.; Zuniga, R. (2009). Impact of the baking kinetics on staling rate and mechanical properties of bread crumb and degassed bread crumb. Journal of Cereal Science,2009, 50, 235–240.

Leung, H.K., Magnuson, J.A., Bruinsma, B.L. (1983). Water binding of wheat flour doughs and bread as studied by deuteron relaxation. Journal of Food Science, 48:95.

Levine, H., Slade, L. (1990). Influences of the glassy and rubbery states on the ther-mal, mechanical, and structural properties of doughs and baked products. In: Faridi H, Faubion JM, editors. Dough Rheology and Baked Texture. New York: Van Nostrand Reinhold. P 157-330.

Lin, W., Lineback, D.R. (1990). Changes in carbohydrate fractions in enzyme-supple-mented bread and the potential relationship to staling. Starch/Starke 42:385.

Maga, J.A. (1975). Bread staling. CRC Critical Rev. Food Technology, 5:443.

Malkki, Y., Paakkanen, J., Eerola, K. (1978). Effect of freezing and monglycerides on staling of bread. J Food Process Preserv 2:101.

Marsh, R.D.L., Blanshard, J.M.V. (1988). The application of polymer crystal growth theory to the kinetics of formation of the B-amylose polymorph in a 50% wheat starch gel. Carbohydrate Polymer, 9:301.

Micheniewicz, .J, Biliaderis, C.G., Bushuk, W. (1992). Effect of added pentosans on some properties of wheat bread. Food Chemistry. 43:251.

Morrison, W.R. (1976). Lipids in flour, dough, and bread. Bakers Dig 50(4):29.

Morsy, H. M. E. (2012). Characteristics of Corn Starch-Based Composites Reinforced with Flax and Date Palm Fibers (Doctoral dissertation, Faculty of Engineering at Cairo University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER oF SCIENCE in Mechanical Design and Production Engineering Faculty of Engineering, Cairo University Giza).

Martin, M. L., and Hoseney, R. C. 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. Cereal Chemistry, 68:503-507.

Matsushita, K., Tamura, A., Goshima, D., Santiago, D. M., Myoda, T., Takata, K., & Yamauchi, H. (2020). Effect of combining additional bakery enzymes and high pressure treatment on bread making qualities. Journal of food science and technology, 57, 134-142.

New bold, M.W. (1976). Crump softeners and dough conditioners. Bakers Dig 5(4) :37

Orthoefer, F., & Kim, D. (2019). Applications of emulsifiers in baked foods. Food

emulsifiers and their applications, 299-321.

Pizza, L., Massi ,P. (1995). Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties, cereal chemistry, 72:320.

Putseys, J. A., Schooneveld., Bergmans, M. E. (2019). Enzymes used in Baking. Industrial enzyme applications, 95-123.

Putseys JA, Lamberts L, Delcour JA. (2010). Amylose-inclusion complexes: formation, identity and physico-chemical properties. Journal of Cereal Science, 51:238–247.

Rogers, D.E., Zeleznak, K.J., Lai, C.S., Hoseney, R.C. (1988). Effect of native lipids, short-ening, and bread moisture on bread firming. Cereal Chemistry, 65:398.

Russell, P. (1983). Kinetic study of bread staling by differential scanning calorim-etry. The effect of painting loaves with ethanol. Starch/Starke 35:277.

Russell, P.L. (1987). Aging of gels of starches of different amylose/amylopectin con-tent studied by DSC. Journal of Cereal Science, 6:147.

Schiraldi, A., Fessas, D. (2001). Mechanism of staling: An overview. In: Chinachoti P, Vodovotz Y, editors. Bread Staling. Boco Raton, Fla.: CRC Press. P 1-17.

Seyhun N, Sumnu G, Sahin S. (2003). Effects of different emulsifier types, fat contents, and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. Food/Nahrung 47:248–251.

Sharma P, Gujral HS. Anti-staling effects of β-glucan and barley flour in wheat flourchapatti.(2014).FoodChem.15;145:102-8.

doi:10.1016/j.foodchem.2013.08.021.

Sirbu, A. (2014). Bread flavours for a better consumers acceptance. Baking Europe, 13-16.

Slade, L., Levine, H. (1987). Recent advances in starch retrogradation. In: Stivala SS, Crescenzi V, Dea ICM, editors. Industrial Polysaccharides-The Impact of Biotech-nology and Advanced Methodologies. New york: Gordon and Breach. P 387-430.

Slade, L., Levine, H. (1991). Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to assessment of food quality and safety. CRC Critical Rev. Food Sci Nutr 30:115.

Stampfli, L., & Nersten, B. (1995). Emulsifiers in bread making. Food chemistry, 52(4), 353-360.

Stear, A.C. (1990). Chemical changes in yeasted doughs during fermentation. In: Handbook of Breadmaking Technology. Barking, England; Elsevier science. P 479-491.

Tang, M. C., & Copeland, L. (2007). Investigation of starch retrogradation using atomic force microscopy. Carbohydrate Polymers, 70(1), 1-7.

Teo, C. H., Karim, A. A., Cheah, P. B., Norziah, M. H., & Seow, C. C. (2000). On the roles of protein and starch in the aging of non-waxy rice flour. Food Chemistry, 69(3), 229-236.

Tebben, L., Chen, G., Tilley, M., & Li, Y. (2020). Individual effects of enzymes and vital wheat gluten on whole wheat dough and bread properties. Journal of Food Science, 85(12), 4201-4208.

Vodovotz, Y., Vittadini, E., Sachleben, J.R. (2002). Use of h cross-relaxation nuclear magnetic resonance spectroscopy to probe the changes in bread and its compo-Nents during aging. Carbohydrate Research, 337:147.

Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q., & Wang, S. (2015). Starch retrogradation: A

comprehensive review. Comprehensive Reviews in Food Science &Food Safety, 14(5), 568-585.

Wynne-Jones, S., Blanshard, J.M.V. (1986). Hydration studies of wheat starch amylopes- tin, amylose gels and bread by proton magnetic resonance. Carbohydrate Polymer, 6:289.

Xie, Y. Y., Hu, X. P., Jin, Z. Y., Xu, X. M., & Chen, H. Q. (2014). Effect of repeated retrogradation on structural characteristics and in vitro digestibility of waxy potato starch. Food chemistry, 163, 219-225.

Xu, S., Gong, Y., Rafique, H., He, T., & Hu, X. (2021). Effect of oat β-glucan addition on the staling properties of wheat-oat blended flour Chinese steamed bread. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 26, 100285.

Zeeb, B.; McClements, D. J.; Weiss, J.2017. Enzyme-based strategies for structuring foods for improved functionality. Annu. Rev. Food Sci. Technol. 2017, 8, 21−3.