

О.О. Губеня

O. Gubenyа

В.І. Теличкун, канд. техн. наук

V. Telichkun

О.О. Чепелюк, канд. техн. наук

O. Chepeluk

Ю.С. Теличкун

U. Telichkun

**ЗМІНА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХЛІБА ПРИ  
ВИТРИМУВАННІ  
CHANGE STRUCTURE-MECHANICAL PROPERTIES OF BREAD IN THE  
TIME OF KEEPING**

*Створено експериментальну установку і визначено зміну структурно-механічних властивостей м'якуша і скоринки хліба при витримуванні, результати отримано у вигляді залежностей „деформація-напруження”, встановлено вплив структурно-механічних властивостей хліба на процес його різання.*

**Ключові слова:** хліб, структурно-механічні властивості, напруження, деформація, різання.

*There are make experimental mounting and research change structure-mechanical properties of bread in the time of keeping. Influencing of structure-mechanical properties of bread at cut process was researched.*

**Key words:** bread, structure-mechanical properties, strain, deforming, cutting.

Дані про структурно-механічні властивості хліба необхідні для контролю його якісних показників, визначення режимів нарізання на хліборізальному обладнанні, умов пакування та укладання готових виробів; крім того, по ним можна оцінити хлібопекарські властивості борошна, консистенцію виробничих напівфабрикатів (опари, тіста).

Нами досліджено процес різання хліба. На процес різання значний вплив мають структурно-механічні властивості продукту, тому їх визначенню приділено особливу увагу.

Для визначення властивостей м'якуша визначаються показники стискуваності, пружності та пластичності [1]. Ці параметри визначаються в одиницях шкали пенетрометрів і є відносними, їх неможливо застосувати для розрахунку технологічного обладнання. Тому нами при дослідженні властивостей хліба та інших харчових продуктів визначено залежності напруження в продукті від прикладеної до нього відносної деформації. Це дозволяє використати для опису конкретні фізичні величини. Для проведення досліджень створено експериментальну установку (рис. 1).

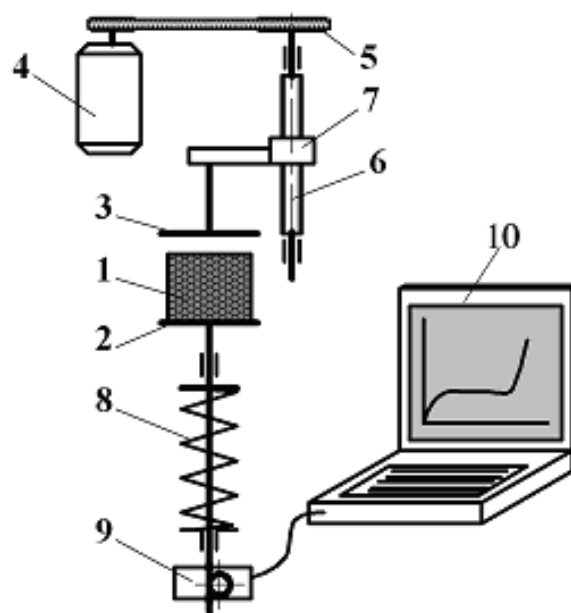


Рис. 1. Установка для визначення структурно-механічних властивостей хліба.

Зразок продукту 1 знаходиться на столику 2 і притискається пластиною 3. Пластина рухається з постійною швидкістю, отримуючи рух від приводу. В приводі рух передається від двигуна 4 пасовою передачею 5 гвинту 6. Гвинт, обертаючись, приводить в рух гайку 7, до якої приєднана пластина. Столик при деформуванні зразка теж переміщується, але його переміщенню чинить опір пружина 8 вагового пристрою. Фіксуючий пристрій 9 реєструє переміщення пружини та надсилає інформацію до комп'ютера 10.

Деформація продукту визначається як різниця між переміщенням пластини та деформацією пружини.

Напруження, які виникають в продукті, визначаються як добуток переміщення пружини на її коефіцієнт пружності. Для кожного продукту підбираємо пружину з необхідною пружністю, і градуємо установку, навантажуючи її навантаженнями відомої маси.

При проведенні досліджень комп'ютер через певні інтервали часу реєструє дані з фіксуючого пристрою, для цього розроблене відповідне програмне забезпечення. По отриманим даним визначаються відносна деформація і напруження в продукті. Результати дослідження зберігаються в файл формату \*.xls, який далі редагується за допомогою програми Microsoft Excel з метою побудови залежності „деформація - напруження”.

Досліджено, як впливає час витримування хліба на його структурно-механічні властивості.

На рис. 2 показано залежності для м'якуша батону „нарізний” в.г, на рис. 3 – для скоринки.

Між точками перегину діаграм для м'якуша виділено 3 зони деформацій – пружну, коли продукт відновлює попередні розміри після зняття навантажень; в'язкопружну, і пластичну, при якій продукт руйнується [2]. Скоринка руйнується без пластичних деформацій (рис. 3), що видно по миттєвому зникненню напружень в продукті. В реології такий випадок називається хрупкістю. Час витримування значно впливає

на властивості м'якуша; для скоринки зміна часу витримування помітна мало.

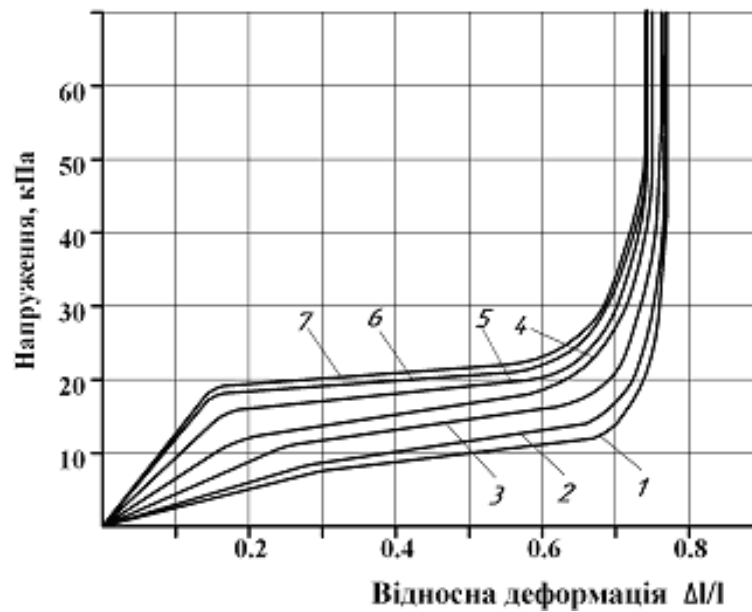


Рис. 2. Залежності „деформація-напруження” для при часі його витримування, год:  
1- 0; 2 - 1; 3 - 3; 4 - 6; 5 - 12; 6 - 24; 6 - 48 год.

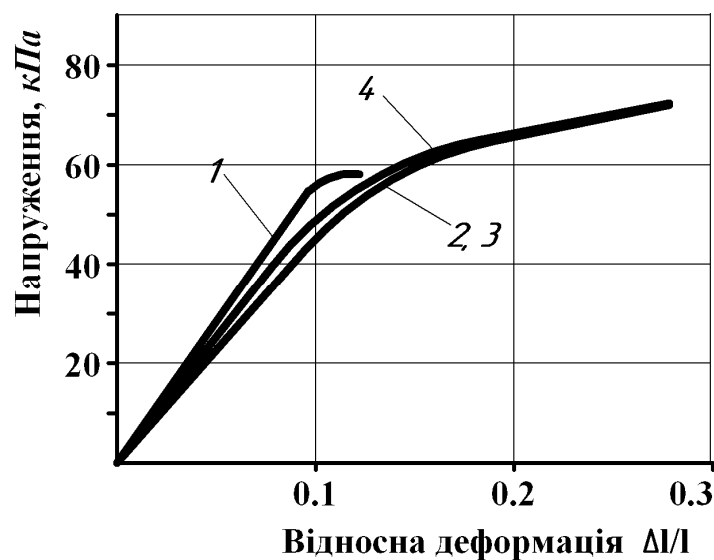


Рис. 3. Залежності „деформація-напруження” для скоринки при часі витримування, год:  
1 - 0; 2 - 6; 3 - 12; 4 - 48.

В зоні пружних деформацій для характеристики жорсткості продукту визначаємо модуль пружності (рис.4) як відношення напруження в продукті до прикладеної відносної деформації.

Зазначимо, що перша ознака, за якою споживач характеризує свіжість хліба, притискуючи, деформуючи його – це його „твердість” або „м’якість”. Це зумовлено тим, що при втраті свіжості певного виду хліба змінюється модуль пружності м’якуша внаслідок комплексу складних фізико-хімічних, колоїдних та біохімічних процесів, і втрати вологи. Деформування хліба споживачем в даному випадку відбувається в межах пружних деформацій, тому що після пластичних деформацій хліб не поверне попередню форму. Чим вищий модуль пружності – тим „твердіший” хліб, тим більший він чинить опір деформуванню (рис.4).

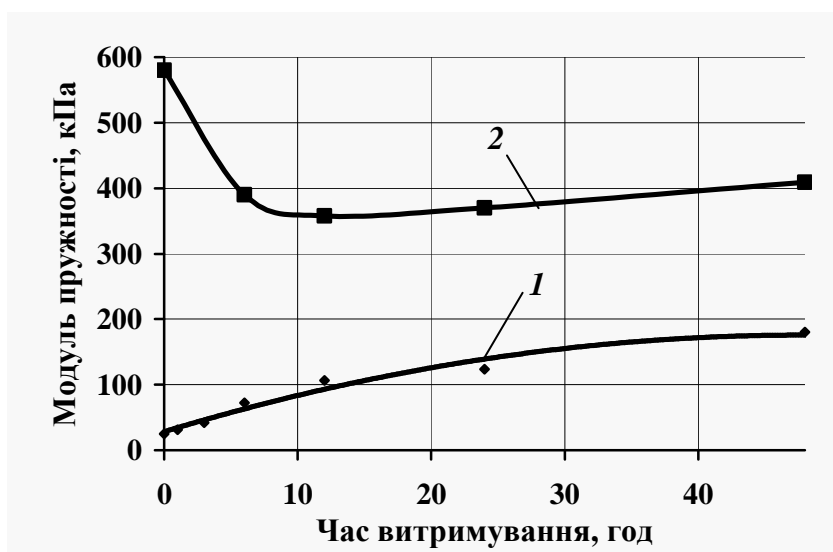


Рис. 4. Зміна модуля пружності при витримуванні:  
1 - м'якуш ; 2- скоринка.

Модуль пружності м'якуша найнижчий одразу після випікання хліба, і складає 30 кПа, при витримуванні до 20 год. – інтенсивно зростає до 130 кПа, при подальшому витримуванні зростання модуля пружності м'якуша менш інтенсивне. Модуль пружності скоринки порівняно з м'якушем більший в 2 – 20 разів. Найвищі значення - до 600 МПа, - для

щойновипеченого хліба, а при витримуванні до 12 год. - знижується до 350 кПа, після чого повільно зростає.

При збільшенні часу витримування хліба зменшується частка пружніх деформацій - руйнування структури м'якуша відбудеться при менших відносних деформаціях, і збільшується частка пластичних (незворотних) деформацій продукту. Це можна пояснити тим, що при витримуванні хліба з'являються повітряні прошарки між зернами крохмалю та білковою масою. Повітряні прошарки є „дефектами структури”, які знижують межу відносної пружньої деформації [3].

При різанні під кромкою ножа виникають граничні напруження, від яких продукт руйнується. Якщо при деформуванні продукту в ньому переважають пружні деформації, то напруження миттєво розповсюджуються по всьому об'єму продукту, що викликає значні його деформації. При цьому збільшується енерговитрати на деформування продукту. Руйнуючі (граничні) напруження і, як наслідок, руйнування продукту можуть виникнути не під кромкою ножа, а в місцях дефектів структури, внаслідок чого втрачаємо якість зрізу і отримуємо велику кількість крихт при різанні.

Якщо в продукті при незначному деформуванні переважають пластичні деформації, то напруження в шарі продукту розподіляються інакше. При пружній деформації напруження розповсюджуються миттєво по всьому об'єму продукту, а при пластичній для їх розповсюдження необхідний деякий час [3]. При високих швидкостях леза руйнування продукту під кромкою леза відбудеться раніше, ніж напруження торкнеться сусідніх його шарів. Тому енерговитрати процесу знижуються, а якість зрізу підвищується.

Отже, підвищення частки пластичної деформації в загальній сприяє локалізації руйнуючих навантажень під кромкою леза, і різання продукту відбувається при менших його деформаціях. Для свіжого хліба частка в'язко-пружної деформації невисока – тому необхідно збільшувати

швидкість леза з метою концентрації напружень під його кромкою і недопущення їх розповсюдження по всьому об'єму продукту.

При подальших дослідженнях вказані припущення були доведені. Встановлено, що при перевищенні швидкостей різання хліба понад 6 – 8 м/с знижуються зусилля різання і підвищується якість процесу [4].

Результати також застосовані при проектуванні хліборізального обладнання, а саме, при визначенні деформації продукту між ножами різальних машин, та зусиль тертя між продуктом і поверхнею ножа внаслідок тиску деформованого продукту на його поверхню [5].

Крім часу витримування, на співвідношення деформацій в хлібі впливає його рецептура, а саме, кількість вологи і жиру. На даному етапі технічно дуже складно встановити розподіл пружної, в'язко-пружної та пластичних деформацій в продукті при високих швидкостях деформування продукту при різанні. Це обґрунтовує необхідність подальших досліджень по даній тематиці.

**Висновки.** Структурно-механічні властивості хліба змінюються в широких межах при його витримуванні. Отримано їх чисельні значення у вигляді залежностей „напруження-деформація” при різному часі витримування хліба, і встановлено їх вплив на процес різання. Результати застосовано при проектуванні хліборізального обладнання.

Використана література.

1. Чижова К.Н, Шкваркина Т.И. и др. Технологический контроль хлебопекарного производства. М.: Пищевая промышленность, - 1975. 480 с.
2. Мачихин Ю. А., Мачихин С. А. Инженерная реология пищевых материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216с
3. Хромеевков В.М. Исследование процесса резания сухарных плит в производстве здобных сухарей. Автореф. канд. дис. – М. МТИПП. 1970. –24с.

4. Губеня О.О. Гуць В.С. Моделювання руху леза в шарі продукту. - Товари і ринки. №2, 2007. с. 45-49
5. Теличкун В.І., Губеня О.О. Вплив структурно-механічних властивостей хліба на процес його різання // IX Міжнар. наук.-техн. конф. „Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи” : Тези доп. – К.: НУХТ. –2005. – с.27 – 28.