

УДК 664.65.016:664.685.4

**КРИВОРУЧКО Мирослав,**

*к. т. н., старший викладач кафедри інженерно-технічних дисциплін  
Київського національного торговельно-економічного університету*

## **ПРУЖНО-В'ЯЗКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТІСТОВИХ КОМПОЗИЦІЙ З КОКОСОВОЮ КЛІТКОВИНОЮ**

*Визначено реологічні показники тістових композицій з додаванням кокосової клітковини в концентрації 3, 5 і 7 % від маси борошна. Виявлено, що добавка впливає на структуру кондитерського й хлібного тіста залежно від співвідношення борошна та рідкої основи.*

*Ключові слова:* кокосова клітковина, амілограма, клейстеризація, альвеограма, пружність, розтяжність, еластичність, робота деформації.

*Криворучко М. Упруго-вязкостные характеристики тестовых композиций с кокосовой клетчаткой. Определены реологические показатели тестовых композиций с добавлением кокосовой клетчатки в концентрации 3, 5 и 7 % от массы муки.*

Виявлено, що добавка впливає на структуру кондитерського і хлібного теста в залежності від соотношення муки і жидкої основи.

*Ключевые слова:* кокосовая клетчатка, амилограмма, клейстеризация, альвеограмма, упругость, растяжимость, эластичность, работа деформации.

**Постановка проблеми.** Розроблення новітніх технологій борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів (БКВ і ХБВ) посідає вагоме місце в структурі харчової науки, оскільки широкий асортимент цих виробів є продуктами масового споживання, здатними достатньою мірою покривати добові енерговитрати.

Тісто є полідисперсною колоїдною системою, що являє собою пружно-пластичне тіло [1, с. 58]. Така особливість уможливує досліджувати його за багатьма показниками, але саме структурно-механічні властивості піддаються математичному опису. Це дає змогу з високою точністю прогнозувати кінцеву якість готової продукції й за потреби корегувати її рецептуру.

Привабливий зовнішній вигляд є одним з визначальних чинників при виборі споживачем БКВ і ХБВ й великою мірою залежить від оптимальної текстури. Остання на рівні сенсорної оцінки характеризує структуру харчової продукції, яку можна описати одиничними реологічними показниками [2, с. 11].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вплив біологічно активної та нетрадиційної харчової сировини на зміни клейковинних білків і крохмалю як основних структуроутворювачів тіста висвітлено в численних публікаціях вітчизняних науковців – А. Б. Семенової [1, с. 59–61], О. М. Шаніної [3, с. 226–227], З. І. Кучерук [4, с. 52–53], Т. О. Лісовської [5, с. 137–139]. Румунськими вченими виявлено, що додавання лецитину до пшеничного борошна підвищує об'ємний вихід і пористість виготовлених з нього хлібобулочних виробів [6, с. 61–62]. У дослідженнях фахівців з Університету штату Канзас (США) обґрунтовано використання антиоксидантів (ацетату  $\alpha$ -токоферолу, дибутилгідрокситолуолу, соєвого лецитину, яблучної кислоти) для поліпшення формостійкості пшеничного тіста [7, с. 383–388].

Низка наукових праць висвітлює результати досліджень впливу шротів олійних культур на якість БКВ і ХБВ [8, с. 38–40; 9–11]. Водночас недостатньо дослідженими залишаються властивості шротів, отриманих із тропічної сировини. До них належить і кокосова клітковина. Хімічний склад цієї добавки та її вплив на процеси утворення й дезагрегації пшеничного тіста частково описано в роботі [12]. Проте доцільним є проведення розширеного реологічного аналізу тістових зразків з додаванням кокосової клітковини. За нашим припущенням, це уможливить спостерігати, яку роль вона відіграє в структуроутворенні тіста та узагальнити можливість використання в технологіях БКВ і ХБВ.

*Мета роботи* – визначення пружно-в'язкісних характеристик тістових композицій з кокосовою клітковиною.

**Матеріали та методи.** Основна сировина – борошно пшеничне першого гатунку (далі – борошно) і кокосова клітковина в концентраціях 3, 5 і 7% від маси борошна [12, с. 179]. Підготовку зразків з подальшою обробкою здійснено в амілографі *Brabender* і альвеографі *Chopin* за загальноприйнятими методиками [13; 14]. Початок і завершення клейстеризації, реологічні показники тістових композицій визначено за розшифруванням побудованих приладами кривих – амілограм і альвеограм.

Тривалість клейстеризації ( $\tau_{кл}$ ) розраховано за формулою:

$$\tau_{кл} = \frac{t_{кін} - t_{поч}}{1.5},$$

де  $t_{кін}$  – кінцева температура клейстеризації, °C;

$t_{поч}$  – початкова температура клейстеризації, °C;

1.5 – швидкість нагрівання водно-борошняної суспензії, °C/хв.

Досліджувані зразки зашифровані позначеннями: при випробуваннях на амілографі – *Am-3*, *Am-5* і *Am-7*, альвеографі – *Alv-3*, *Alv-5* та *Alv-7* відповідно до вмісту кокосової клітковини, %. За еталон прийнято тістові композиції без добавок.

**Результати дослідження.** Перший етап випробувань передбачав дослідження водно-борошняних суспензій на амілографі, за допомогою якого ідентифіковано початок, завершення, тривалість клейстеризації та клейстеризаційний максимум (рис. 1).

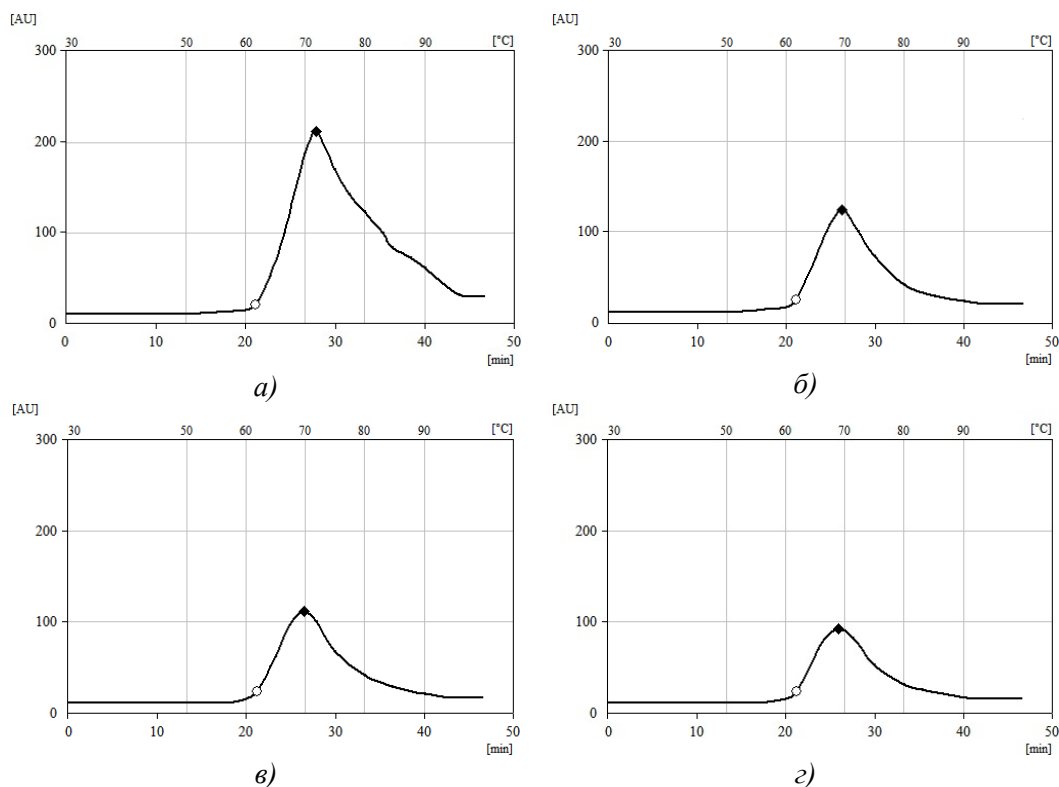


Рис. 1. Амілограми зразків тістових композицій:  
а) контроль; б) *Am-3*; в) *Am-5*; з) *Am-7*

*Початок клейстеризації* – температура, при якій відбувається значне збільшення об'єму крохмальних зерен і поступова втрата ними нативної кристалічної структури [15, с. 214]. Для зразків *Am-3*, *Am-5* і *Am-7* це відповідно 61.8, 61.9 і 62.0 °С, тобто значення, близьке до контролю (61.8 °С). Отже, внесення кокосової клітковини в тісто майже не впливає на первинні зміни агрегативної стійкості крохмальних полісахаридів – амілози та амілопектину.

*Завершення клейстеризації* – температура, яка відповідає максимальній в'язкості системи, повній деформації крохмальних зерен і їх агрегації між собою. Водночас тривимірна сітка, утворена частково деполімеризованою амілозою і амілопектином у рідкій фазі клейстеру, утримує воду численними водневими зв'язками [16, с. 32; 17]. При додаванні кокосової клітковини в концентрації 3, 5 і 7 % від маси борошна клейстеризаційний максимум досліджуваних композицій відповідно зафіксовано при 69.4, 69.9 та 69.0 °С, що також наближено до контролю (71.8 °С). Можна припустити, що добавка не чинить суттєвого впливу на інтенсивність теплообміну між компонентами пшеничного клейстеру в момент його найвищої в'язкості.

*Тривалість клейстеризації* – період від початку клейстеризації до глибинного гідролізу крохмальних полісахаридів, який обумовлює поступове падіння в'язкості клейстеру. Відмічено тенденцію зниження тривалості клейстеризації всіх досліджуваних зразків: для *Am-3* вона становить 5.1 хв, *Am-5* – 5.3 хв, *Am-7* – 4.7 хв, що на 24, 21 і 30 % менше відносно контролю (6.7 хв). Цей факт частково пояснюється здатністю кокосової клітковини до інтенсивної гідратації внаслідок значної водопоглинальної властивості [12, с. 180]. Решта води з дисперсійного середовища осмотично зв'язується крохмальними полісахаридами, на що витрачається менше часу.

*Клейстеризаційний максимум* – найвища в'язкість клейстеру, виражена в амілограм-одинацях (АО). За такого стану його дисперсійне середовище є насиченим колоїдним розчином деполімеризованого амілопектину й амілози, а деформовані крохмальні зерна максимально асоційовані один з одним. Визначено, що значення показника тістових композицій з кокосовою клітковиною суттєво нижчі: в 1.7 раза – для *Am-3* (124 АО), 1.9 раза – *Am-5* (112 АО), 2.3 раза – *Am-7* (93 АО) порівняно з традиційним тістом (212 АО). За нашим припущенням, висока здатність добавки до водопоглинання сповільнює гідратацію макромолекул крохмальних полісахаридів і, як наслідок, їх деспіралізацію з набуттям максимальних лінійних розмірів. Утворений за такої умови просторовий каркас клейстеру має знижену міцність завдяки суттєво меншій кількості водневих зв'язків з диполями води [18].

За результатами першого етапу досліджень отримано уявлення про зміни крохмалю при нагріванні за присутності кокосової клітковини. Очевидно, остання чинить помітний вплив на якість готових виробів: відмічено значне зменшення в'язкості дослідних композицій

як важливої кількісної характеристики структури тіста. Рецептурою окремих груп БКВ і ХБВ передбачено різне співвідношення борошна й рідкої основи. Не використані в дослідженнях інгредієнти (цукор, меланж, мед, дріжджі, масло тощо) також обумовлюють перебіг процесів при механічній і тепловій обробці тістових напівфабрикатів. Саме тому отримані експериментальні дані виявляють лише тенденцію зміни окремих показників, яка не завжди є справедливою для реальних харчових систем. Це вимагає поглибленого вивчення впливу кокосової клітковини на клейковину як інший структуроутворюючий компонент борошна.

На другому етапі експериментального аналізу здійснено випробування прісних напівфабрикатів на альвеографі. Визначено пружність, розтяжність, індекс еластичності та питому роботу деформації тіста (рис. 2).

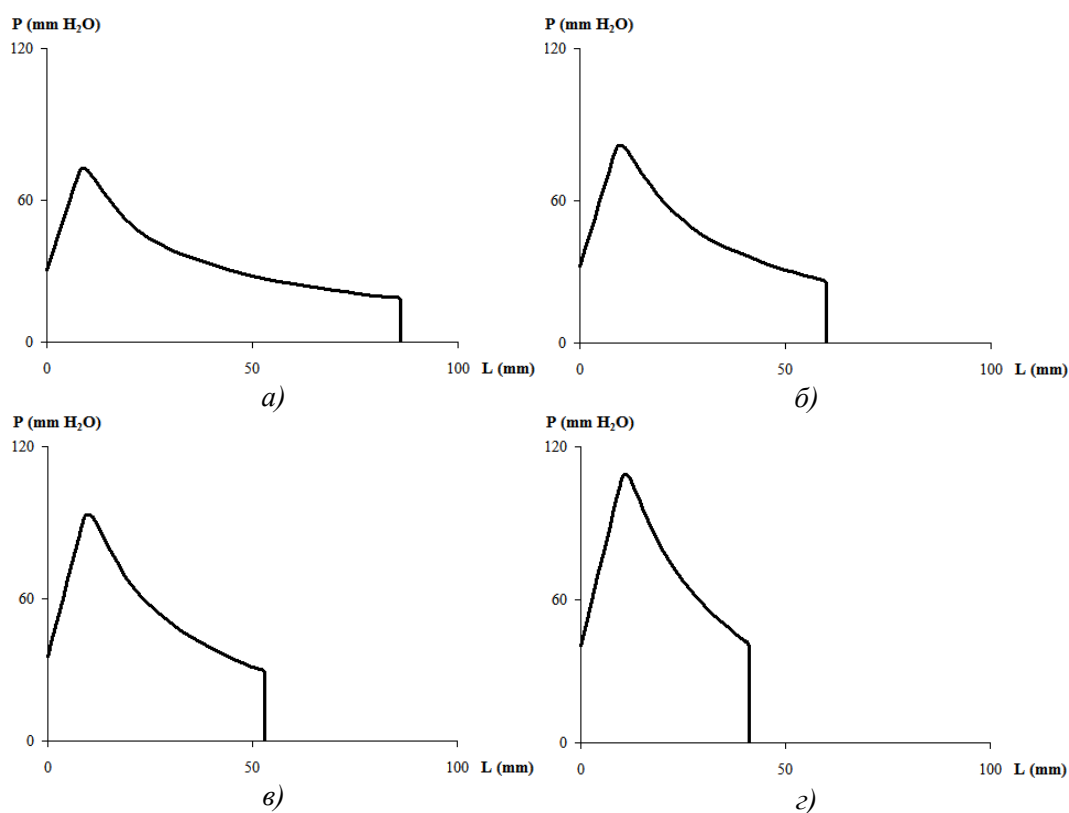


Рис. 2. Альвеограми зразків тістових композицій:  
 а) контроль; б) *Alv-3*; в) *Alv-5*; з) *Alv-7*

Пружність ( $P$ ) – максимальний тиск, що створюється всередині тістового напівфабрикату в момент його механічного руйнування при роздуванні у вигляді бульбашки. Величина кількісно характеризує опір, який клейковина дріжджового тіста чинить деформації під час бродіння і підйому [19]. Встановлено, що додавання кокосової клітковини приводить до суттєвого зростання пружності: для зразків *Alv-3*, *Alv-5* та *Alv-7* показник становить 83, 95 і 112  $\text{mm H}_2\text{O}$ , що відповідно на 13.7, 30.1 та 53.4 % вище порівняно з контролем (73  $\text{mm H}_2\text{O}$ ). Целюлоза як основний біополімер кокосової клітковини складається з прямих нерозгалужених

ланцюгів, що спаковуються в мікрофібрили, розміщені паралельно одна одній. Можна припустити, що така конформація обумовлює збільшення площі контакту з макромолекулами клейковинних білків і посилення міжмолекулярної взаємодії за рахунок численних водневих зв'язків.

*Розтяжність (L)* – діаметр тістової бульбашки при розриванні. Цей показник, як і пружність, обумовлений протидією клейковинного каркасу до просторової переорієнтації при тістоутворенні, проте є оберненою до неї характеристикою. Саме тому наявність кокосової клітковини в досліджуваних композиціях помітно знижує розтяжність: для зразка *Alv-3* значення *L* становить 60 мм, *Alv-5* – 53 мм, *Alv-7* – 41 мм, що в 1.4, 1.6 та 2.1 раза менше відносно традиційного тіста (86 мм).

*Індекс еластичності (Ie)* – відношення тиску всередині тіста при введенні повітря об'ємом 200 см<sup>3</sup> до тиску, який воно витримує перед розриванням. Еластичність характеризує здатність деформованого тіла поступово відновлювати форму, є прямо пропорційною часу релаксації, а отже – і розтяжності [2, с. 10; 20]. Виявлено, що індекс еластичності зразка *Alv-3* становить 44.3 % і перебуває в межах контролю (45.7 %). Значення *Ie* для зразків *Alv-5* і *Alv-7* відповідно на 8.5 та 14.9 % нижче порівняно з тістом без кокосової клітковини (41.8 і 38.9 %).

*Питома робота деформації (W)* – енергія, яка затрачається на розривання тістового напівфабрикату. Вона обумовлює площу альвеограми й характеризує хлібопекарську силу борошна. Для досліджуваних композицій значення *W* несуттєво нижче за контроль, хоча додавання кокосової клітковини приводить до його зростання. Питома робота деформації зразка *Alv-3* становить  $169 \cdot 10^{-4}$  Дж, *Alv-5* –  $175 \cdot 10^{-4}$ , *Alv-7* –  $178 \cdot 10^{-4}$  Дж, що на 8.2, 4.9 і 3.3 % менше порівняно з традиційним тістом ( $184 \cdot 10^{-4}$  Дж).

Результати другого етапу випробувань, з одного боку, засвідчують позитивний вплив кокосової клітковини на здатність борошна утворювати хлібобулочну продукцію високої якості, що виражається зростанням пружності та питомої роботи деформації. Водночас важливою характеристикою хлібопекарської сили борошна є коефіцієнт конфігурації альвеограми *P/L*, що характеризує міру збалансованості між пружністю й розтяжністю. Згідно з отриманими даними, додавання кокосової клітковини в концентрації 3, 5 і 7 % від маси борошна значно підвищує показник *P/L* для досліджуваних зразків порівняно з контролем (0.85) – до значень 1.38, 1.79 та 2.73. Можна припустити, що таке борошно має недостатню газотримувальну здатність і тому утворює тверде та нееластичне тісто, а ХБВ з нього характеризуються низьким об'ємним виходом і пористістю [21].

**Висновки.** Внесення 3–7 % кокосової клітковини до рецептури тістових напівфабрикатів по-різному впливає на їхню якість, залежно від співвідношення борошна й рідкої основи. Відмічено зростання пружності прісного тіста на 13.7–53.4 %. За цих умов значення роботи його деформації незначно менше щодо контролю (на 3.3–8.2 %). Водночас

в'язкість водно-борошняних суспензій суттєво знижується – в 1.7–2.3 раза, що може свідчити про недоцільність використання клітковини у виробництві тіста з високим вмістом рідкої основи – бісквітного, заварного, млинцевого, вафельного.

Потребують подальшого вивчення зміни структурно-механічних властивостей кондитерського й хлібного тіста з урахуванням взаємодії всіх рецептурних компонентів за присутності добавки.

Перспективним також є визначення якості готових БКВ і ХБВ методом пробних випічок, що дасть змогу спостерігати, яку роль відіграє кокосова клітковина у формуванні привабливого для споживачів зовнішнього вигляду готових виробів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Семенова А. Б., Писарець О. П., Дробот В. І. Дослідження структурно-механічних властивостей тіста із суцільно змеленого пшеничного та спельтового борошна. *Хранение и переработка зерна*. 2016. № 6–7 (203). С. 58–61.
2. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. та ін. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посіб. Харків : Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі, 2006. 63 с.
3. Шаніна О. М., Гавриш Т. В., Галясний І. В., Дугіна К. В. Реологічні властивості безглютенового бездріжджового тіста. *Young Scientist*. 2017. № 2 (42). С. 225–229.
4. Кучерук З. И., Цуканова Е. С. Влияние ксантановой камеди на свойства "муки безбелковой". *Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky*. 2014. Т. 2. № 5. С. 51–53.
5. Лісовська Т. О., Покотило О. С., Чорна Н. В. Вивчення можливості використання борошна кукурудзяного екструдованого в технології бісквітного напівфабрикату. *Наук. вісн. Львів. нац. ун-ту ім. С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16. № 2 (59). Ч. 3. С. 133–139.
6. Codină G. G., Mironeasa S. The effect of lecithin on alveograph characteristics, baking and sensorial qualities of wheat flour. *Food and Environment Safety*. 2013. Vol. XII (1). P. 59–63.
7. Sroan B. S., Kaur A. Effect of antioxidants on farinograph and amylograph characteristics of wheat flour. *International Journal of Food Properties*. 2004. Vol. 7 (3). P. 379–391.
8. Олійник С. Г., Лисюк Г. М., Кравченко О. І., Самохвалова О. В. Технології хлібобулочних виробів із продуктами переробки зародків пшениці : монографія. Харків : Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі, 2014. 108 с.
9. Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. Дослідження структурно-механічних властивостей тіста зі шротом насіння льону. *Хлібопекарська і кондитерська пром-сть України*. 2015. № 10 (131). С. 29–33.
10. Кравченко М. Ф., Ткаченко Л. В., Михайлик В. С. Технологія пісочного печива зі шротами олійних культур. *Міжнар. наук.-практ журн. "Товари і ринки"*. 2016. № 2 (22). С. 138–147.

11. Бачинська Я. О., Непочатих Т. А., Бородай Д. В. Шляхи підвищення біологічної цінності кондитерських виробів та вдосконалення технології виробництва печива з використанням шротів. *Зернові продукти і комбікорми*. 2013. № 3 (51). С. 27–30.
12. Криворучко М. Ю., Форостяна Н. П. Реологічні властивості пшеничного тіста з кокосовою клітковиною. *Міжнар. наук.-практ журн. "Товари і ринки"*. 2016. № 2 (22). С. 177–184.
13. ДСТУ 4235:2003. Зернові культури і продукти помелу зернових. Визначення в'язкості борошна. Метод з використанням амілографа. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 15 с.
14. ДСТУ 4111.4–2002. Борошно пшеничне. Фізичні характеристики тіста. Ч. 4. Визначення реологічних властивостей альвеографом. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 16 с.
15. Лисюк Г. М., Самохвалова О. В., Кучерук З. І. та ін. Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів : навч. посіб. ; за ред. Г. М. Лисюк. Харків : ХДУХТ, 2007. 412 с.
16. Петрушевский В. В., Бондарь Е. Г., Винокурова Е. В. Производство сахаристых веществ. Киев : Урожай, 1989. 168 с.
17. Что такое крахмал. URL : <http://www.nprb.ru/starch.html>.
18. Изменения крахмала. Набухание и клейстеризация. URL : [https://bstudy.net/619357/estestvoznanie/izmeneniya\\_krahmala](https://bstudy.net/619357/estestvoznanie/izmeneniya_krahmala).
19. Альвеограф – прибор для комплексного исследования качества муки. URL : <http://www.soctrade.in.ua/equipment/shop/the-alveograph-device-for-integrated-research-quality-flour>.
20. Реологічні моделі тіл. URL : <https://konspekta.net/lek-4979.html>.
21. Методы и приборы для определения физических свойств теста. URL : <http://hleboeduk.ru/tehnologiya-hlebopecheniya/1282-metody-i-pribory-dlya-opredeleniya-fizicheskikh-svoystv-testa.html>.

Стаття надійшла до редакції 20.08.2018.

***Kryvoruchko M. Elasto-viscous characteristics of dough compositions with coconut fiber.***

**Background.** Dough is a polydisperse colloidal system that behaves like an elastic-plastic body [1, p. 58]. This feature enables to carry out its many-sided analysis, but particularly structural and mechanical properties are mathematically describable. It allows, to a high precision, to predict the final quality of finished products and, if necessary, adjust their formulation.

An attractive appearance is one of the decisive factors for a consumer when choosing flour confectionery goods and breads, to a large extent it depends on their optimal texture. The effects of biologically active and non-traditional foods on the changes of gluten proteins and starch as the main dough texturizers have been highlighted in numerous publications.

Meanwhile, the properties of presscakes made from tropical foods remain insufficiently researched. Coconut fiber is among them. It was considered efficient to carry out an extended rheological analysis of test samples with coconut fiber added in 3, 5 and 7 % concentrations of flour weight.

*The aim* of the research is defining elasto-viscous characteristics of dough compositions with coconut fiber.



**Material and methods.** The basic product is first grade wheat flour and coconut fiber added in 3, 5 and 7 % concentrations of flour weight [12, p. 179]. Preparation of the samples followed by their handling was carried out on *Brabender* amylograph and *Chopin* alveograph by methods [13; 14]. Start and finish of gelatinization, rheological indexes of dough compositions were defined by decoding device-based curves – amylograms and alveograms.

Codes have been assigned for experimental samples: those tested with amylograph – *Am-3*, *Am-5* and *Am-7*, alveograph – *Alv-3*, *Alv-5* and *Alv-7*, respectively, according to content of *the fiber*, %. Dough compositions without coconut fiber were the etalons.

**Results.** Gelatinization maximum of dough compositions with *the fiber* was significantly lower – 1.7–2.3 times as compared to traditionally made dough. Addition of *the fiber* (3, 5, 7 %) makes pressure (*P*) index significantly rise, respectively, by 13.7, 30.1 and 53.4 % in comparison with the reference. *The fiber* in researched compositions significantly decreases their extensibility; the elasticity index of *Alv-3* sample is at the limit of the reference, while for *Alv-5* and *Alv-7*, respectively, it is by 8.5 and 14.9 % less as compared to the dough without *the fiber*. For researched compositions, the value of unit stress energy is insignificantly lower in comparison to the reference.

**Conclusion.** Inclusion of 3–7 % of *the coconut fiber* into formulation of dough semi-products variably influences their quality, depending on the ratio of flour and a liquid component. Elasticity of unleavened dough has risen by 13.7–53.4 %, whereas the value of stress energy is slightly less in comparison with the reference. Meantime, the viscosity of water-flour suspensions is significantly reduced – 1.7–2.3 times, which may indicate the inappropriateness of use of *the fiber* in production of dough with a high liquid content, like biscuit, choux, pancake, or waffle dough.

Further study of the changes in structural and mechanical properties of confectionery and bread dough is required, taking into account the interaction of all recipe ingredients in the presence of the supplement.

**Keywords:** coconut fiber, amylogram, gelatinization, alveogram, resilience, extensibility, elasticity, stress energy.

## REFERENCES

1. *Semenova A. B., Pysarec' O. P., Drobot V. I.* Doslidzhennja strukturno-mehanichnyh vlastyvostryj tista iz sucil'no zmlenogo pshenychnogo ta spel'tovogo boroshna. *Hranenye y pererabotka zerna*. 2016. № 6–7 (203). S. 58–61.
2. *Goral'chuk A. B., Pyvovarov P. P., Grynchenko O. O.* ta in. Reologichni metody doslidzhennja syrovyny i harchovyh produktiv ta avtomatyzacija rozrahunkiv reologichnyh harakterystyk : navch. posib. Harkiv : Harkiv. derzh. un-t harchuvannja ta torgivli, 2006. 63 s.
3. *Shanina O. M., Gavrysh T. V., Galjasnyj I. V., Dugina K. V.* Reologichni vlastyvostry bezgljutenovogo bezdrizhdzhovogo tista. *Young Scientist*. 2017. № 2 (42). C. 225–229.
4. *Kucheruk Z. I., Cukanova E. S.* Vlijanie ksantanovoj kamedy na svojstva "muki bezbelkovej". *Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky*. 2014. T. 2. № 5. C. 51–53.
5. *Lisovs'ka T. O., Pokotylo O. S., Chorna N. V.* Vyvchennja mozhlyvosti vykorystannja boroshna kukurudzjanogo ekstrudovanogo v tehnologii' biskvitnogo napivfabrykatu. *Nauk. visn. L'viv. nac. un-tu im. S. Z. G'zhyc'kogo*. 2014. T. 16. № 2 (59). Ch. 3. S. 133–139.

6. *Codină G. G., Mironeasa S.* The effect of lecithin on alveograph characteristics, baking and sensorial qualities of wheat flour. *Food and Environment Safety*. 2013. Vol. XII (1). P. 59–63.
7. *Sroan B. S., Kaur A.* Effect of antioxidants on farinograph and amylograph characteristics of wheat flour. *International Journal of Food Properties*. 2004. Vol. 7 (3). P. 379–391.
8. *Olijnyk S. G., Lysjuk G. M., Kravchenko O. I., Samohvalova O. V.* Tehnologii' hlibobulochnyh vyrobiv iz produktamy pererobky zarodkiv pshenyци : monografija. Harkiv : Harkiv. derzh. un-t harchuvannja ta torgivli, 2014. 108 s.
9. *Drobot V. I., Izhevs'ka O. P., Bondarenko Ju. V.* Doslidzhennja strukturno-mehaničnyh vlastyvoŝtej tista zi shrotom nasinnja l'onu. Hlibopekars'ka i kondyters'ka prom-st' Ukraї'ny. 2015. № 10 (131). S. 29–33.
10. *Kravchenko M. F., Tkachenko L. V., Myhajlyk V. S.* Tehnologija pisočnogo pečyva zi shrotamy olijnyh kul'tur. *Mizhnar. nauk.-prakt zhurn. "Tovary i rynky"*. 2016. № 2 (22). S. 138–147.
11. *Bachyns'ka Ja. O., Nepochatyh T. A., Borodaj D. V.* Shljahy pidvyshhennja biologičnoi' cinnosti kondyters'kyh vyrobiv ta vdoskonalennja tehnologii' vyrobnyctva pečyva z vykorystannjam shrotiv. *Zernovi produkty i kombikormy*. 2013. № 3 (51). S. 27–30.
12. *Kryvoruchko M. Ju., Forostjana N. P.* Reologični vlastyvoŝti pshenyčnogo tista z kokosovoju klitkovynoju. *Mizhnar. nauk.-prakt zhurn. "Tovary i rynky"*. 2016. № 2 (22). S. 177–184.
13. DSTU 4235:2003. Zernovi kul'tury i produkty pomelu zernovyh. Vyznachennja v'jazkosti boroshna. Metod z vykorystannjam amilografa. Kyi'v : Derzhspozhyvstandart Ukraї'ny, 2003. 15 s.
14. DSTU 4111.4–2002. Boroshno pshenyčne. Fyzični harakterystyky tista. Ch. 4. Vyznachennja reologičnyh vlastyvoŝtej al'veografom. Kyi'v : Derzhspozhyvstandart Ukraї'ny, 2002. 16 s.
15. *Lysjuk G. M., Samohvalova O. V., Kucheruk Z. I. ta in.* Tehnologija boroshnjanyh kondyters'kyh i hlibobulochnyh vyrobiv : navch. posib. ; za red. G. M. Lysjuk. Harkiv : HDUHT, 2007. 412 s.
16. *Petrushevskij V. V., Bondar' E. G., Vinokurova E. V.* Proizvodstvo saharistyh veshhestv. Kiev : Urozhaj, 1989. 168 s.
17. *Čto takoe krahmal.* URL : <http://www.nprb.ru/starch.html>.
18. *Izmenenija krahmala. Nabuhanie i klejsterizacija.* URL : [https://bstudy.net/619357/estestvoznanie/izmeneniya\\_krahmala](https://bstudy.net/619357/estestvoznanie/izmeneniya_krahmala).
19. *Al'veograf – pribor dlja kompleksnogo issledovanija kachestva muki.* URL : <http://www.soctrade.in.ua/equipment/shop/the-alveograph-device-for-integrated-research-quality-flour>.
20. *Reologični modeli til.* URL : <https://konspekta.net/lek-4979.html>.
21. *Metody i pribory dlja opredelenija fizičeskih svojstv testa.* URL : <http://hleb-produkt.ru/tehnologiya-hlebopečeniya/1282-metody-i-pribory-dlya-opredeleniya-fizičeskih-svojstv-testa.html>.