

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА ЗІ ШРОТОМ НАСІННЯ ЛЬОНУ

В.І. Дробот, д-р техн. наук, професор,
О.П. Іжевська, аспірант, Ю.В. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

У технології функціональних харчових продуктів все більше уваги приділяється насінню льону та продуктам його переробки, серед яких заслуговує на увагу шрот насіння льону (ШНЛ), що є вторинним продуктом виробництва льняної олії методом «холодного» пресування [1].

Основними складовими шроту насіння льону є водорозчинні білки, які не утворюють клейковину, та харчові волокна здатні утворювати в'язкі гелі. Поряд з цим, шрот містить ліпіди з переважаючою кількістю ненасичених жирних кислот, спроможних утворювати комплекси з біополімерами пшеничного тіста. Зважаючи на відмінності хімічного складу шроту насіння льону та пшеничного борошна, можна передбачати його деструктивний вплив на структурно-механічні властивості тіста та якість хліба.

Метою наших досліджень було визначення впливу шроту насіння льону на структурно-механічні властивості тіста як основного фактора, що забезпечує об'єм хліба, його формостійкість, пористість та стан м'якушки.

Матеріали та методи

У роботі використовували шрот насіння льону виробництва НВ ТОВ «Житомирбіопродукт», одержаний методом «холодного пресування» (ТУ У 15.8-32062796-003-2008), що містив білків 28 ± 2 %, харчових волокон - 29 ± 3 %, ліпідів – $10 \pm 0,5$ %. Водопоглинальна здатність шроту – 5,2 г/г.

Під час проведення досліджень тісто готували з борошна пшеничного першого сорту з середніми хлібопекарськими властивостями. ШНЛ додавали в кількості 2,5; 5,0 та 7,5 % до маси борошна.

Перед внесенням в тісто шрот подрібнювали на лабораторному млині. Контрольними були зразки без шроту. Визначали кількість та якість

клейковини, що відмивається з тіста, показники структурно-механічних властивостей (СМВ) тіста, а саме пружно-еластичні та в'язко-пластичні властивості.

Пружно-еластичні властивості оцінювали за допомогою фаринографа фірми «Брабендер» та альвеографа фірми «Шопен», в'язко-пластичні за допомогою віскозиметра «Реотест-2». Визначали також газотримувальну здатність тіста за зміною його об'єму в процесі бродіння.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами досліджень встановлено (табл. 1), що у зразках зі ШНЛ зменшується кількість сирої та сухої клейковини і в тим більшій мірі, чим більше його внесено, підвищуються пружні властивості клейковини, знижується її розтяжність та гідратаційна здатність. Так, порівняно з контролем, при додаванні ШНЛ 5,0 % до маси борошна кількість сирої клейковини зменшується на 3,7, а при доданні 7,5 % - на 7,1 % абсолютних. Пружність її (за показником ИДК) збільшується на 12,3 і 17,8%, а гідратаційна здатність знижується на 11,6 та 21,7% відповідно, зменшується розтяжність, погіршується еластичність.

Таблиця 1 – Вплив ШНЛ на кількість та якість клейковини

Показники	Контроль	Внесено ШНЛ, % до маси борошна		
		2,5	5,0	7,5
Кількість сирої клейковини, %	28,7	27	25	21,6
Кількість сухої клейковини, %	8,8	8,5	8,3	7,7
Гідратаційна здатність, %	198	192	175	155
Показник ИДК, од. приладу	73	68	64	60
Розтяжність, см	16	15	13	10
Еластичність	хороша	хороша	задовільна	задовільна

Причиною зменшення кількості клейковини і зниження її гідратаційної здатності може бути висока водопоглинальна здатність некрохмальних

полісахаридів ШНЛ, внаслідок цього клейковинні білки борошна недостатньо набухають. Поряд з цим, білки шроту насіння льону не утворюють клейковину. Внаслідок їх взаємодії з білками борошна, і в першу чергу, з більш реакційно здатною фракцією – гліадином, утворюються комплекси, які втрачаються під час відмивання клейковини, змінюється співвідношення в клейковині фракцій гліадин-глютенін на користь глютеніну і клейковина укріплюється. Певну роль в укріпленні клейковини відіграють ненасичені жирні кислоти ШНЛ і продукти їх окислення, які окислюють сульфгідрильні групи білків з утворенням дисульфідних зв'язків, що призводить до ущільнення білкової молекули.

На формування клейковини дослідних зразків також негативно впливають водорозчинні комплекси, що можуть утворювати з білками борошна слизі ШНЛ, та глюкопротеїди, які формуються в результаті взаємодії водорозчинних та солерозчинних білків шроту з вуглеводами [2].

Зважаючи на зменшення в тісті зі ШНЛ вмісту клейковини, її розтяжності, гідратаційної здатності та збільшення пружності можна передбачити суттєві зміни структурно-механічних властивостей тіста. Для підтвердження цього дослідили пружно-еластичні властивості тіста з внесенням ШНЛ на фаринографі.

Результати досліджень (табл. 2) свідчать, що внесення ШНЛ суттєво підвищує водопоглинальну здатність та тривалість замішування тіста.

Збільшення водопоглинання, очевидно, пов'язано з більш високою гідратаційною здатністю білків ШНЛ, ніж клейковинних білків. Слизоутворюючі полісахариди зв'язують і утримують більше води, ніж полісахариди борошна. Значну кількість води внаслідок особливостей своєї структури адсорбційно зв'язує клітковина ШНЛ.

Тривалість утворення тіста зразків зі ШНЛ пояснюється більшою крупністю частинок шроту, для набухання цих частинок і включення їх у тістову систему необхідно більше часу.

Таблиця 2 – Структурно-механічні властивості тіста за фаринографом
(n=3, p≤0,95)

Показники	Контроль без шроту	Внесено шроту, %		
		2,5	5,0	7,5
Консистенція, од. приладу	500	500	500	500
Водопоглинальна здатність, см ³ /100 г	57,5	59,5	63,1	67,1
Тривалість утворення, хв	2,5	3,5	4,5	5,0
Еластичність, од. приладу	140	135	120	95
Стабільність, хв	5,0	4,5	4,0	3,5
Розрідження під час 15 хв замішування, од. приладу	40	55	70	90

Зі збільшенням в тісті дозування ШНЛ зменшується його стійкість і еластичність, зростає розрідження і тим більше, чим більша тривалість замісу. Це є наслідком того, що водорозчинні харчові волокна та білки шроту зумовлюють збільшення рідкої фази тіста, структура якого під дією механічного навантаження зазнає руйнування, що призводить до його розрідження. Певну роль у цьому також відіграють процеси, що відбуваються під дією гідролітичних ферментів.

Еластичність тіста зменшується при доданні 2,5% ШНЛ не значно на 3,6 %, а при доданні 7,5 % - на 32,2 %. Очевидно, причиною цього є значне зменшення кількості клейковини і підвищення її пружності, а також включення в клейковинний каркас тіста клітковини та геміцелюлози шроту. Це призводить до порушення його цілісності, що негативно впливає на еластичність тіста.

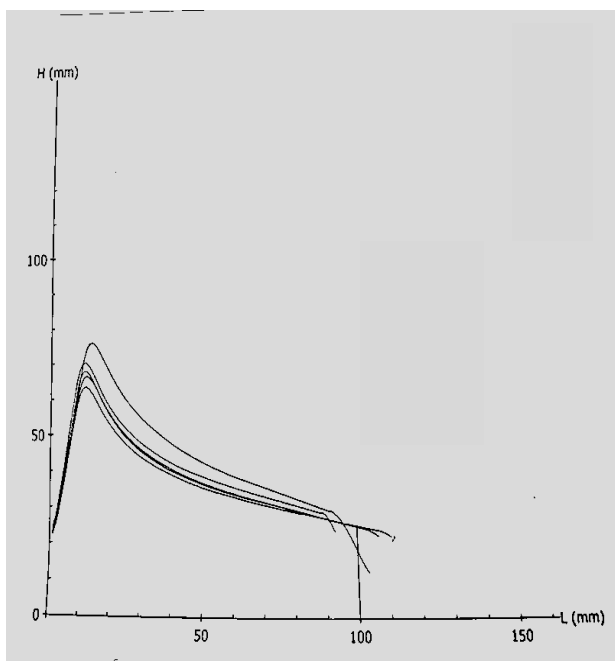
Збільшення пружності тіста зі шротом і зменшення його еластичності підтверджується даними, одержаними за допомогою альвеографа Шопена. Обробка альвеограм (рис. 1) показала, що зразки тіста зі ШНЛ мають на 24 – 73 % більшу пружність і меншу на 10 – 56 % розтяжність порівняно з

контролем. Це, очевидно, пов'язано з впливом складових ШНЛ на біополімери тіста і в першу чергу на білки, а також загущенням тістової системи, набуханням харчових волокон шроту. При цьому відношення P/L збільшується зі збільшенням вмісту в тісті ШНЛ. Проте площа альвеограм і питома робота деформації зменшується. Це протиріччя можна пояснити тим, що в процесі замісу тіста в місильній камері альвеографа і його відлежування в термостаті внаслідок набухання частинок ШНЛ тісто ущільнюється, стає більш пружним, але при цьому внаслідок зменшення кількості клейковини, втілення в неї клітковини, клейковинний каркас стає нездатним розтягуватись і кулька, що утворюється у вигляді пухиря при витисненні з пластини тіста повітрям, не здатна достатньо збільшуватись в об'ємі і пухирець лопає. Тому на його утворення витрачається менша робота деформації на 6 – 24 %.

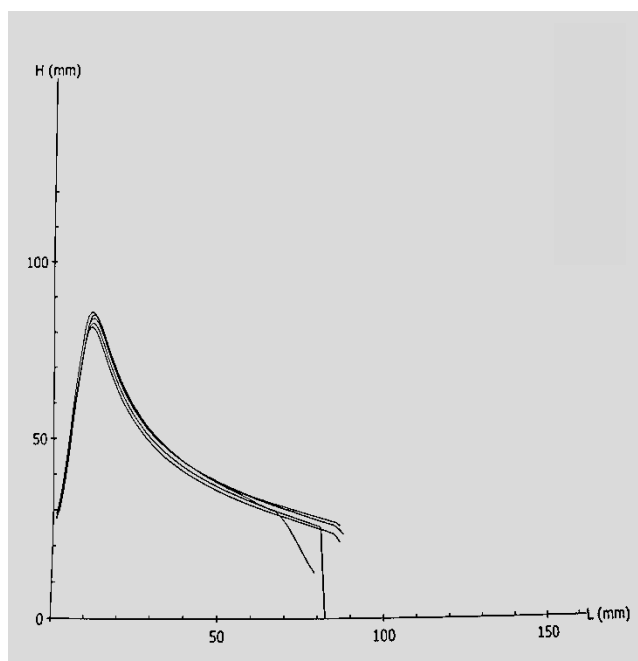
Для тіста з низьким вмістом клейковини і зниженою її розтяжністю характерним є недостатня збалансованість відношення його пружності (P) до розтяжності (L), що при альвеоградуванні виражається підвищеними значеннями P/L [3]. Це було підтверджено нашими результатами аналізу зразків з внесенням в тісто ШНЛ. Під час альвеоградування встановлено збільшення у зразках зі шротом відношення P/L з 0,81 в контролі до 3,17 в зразку з 7,5 % цієї сировини.

Розтяжність тіста пов'язана з його еластичністю від якої залежить газоутримувальна здатність тіста, збільшення його в об'ємі під час дозрівання.

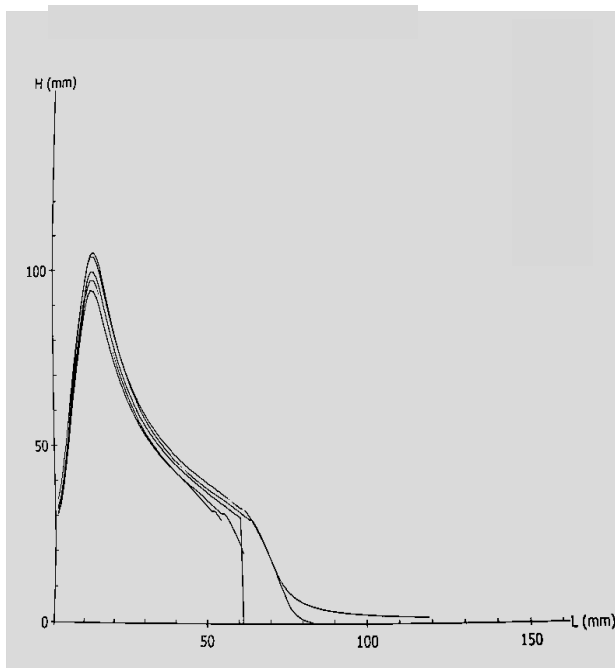
Виходячи з характеристик тіста отриманих за фаринографом і альвеографом, можна передбачити зменшення газоутримувальної здатності тіста у разі внесення в нього ШНЛ.



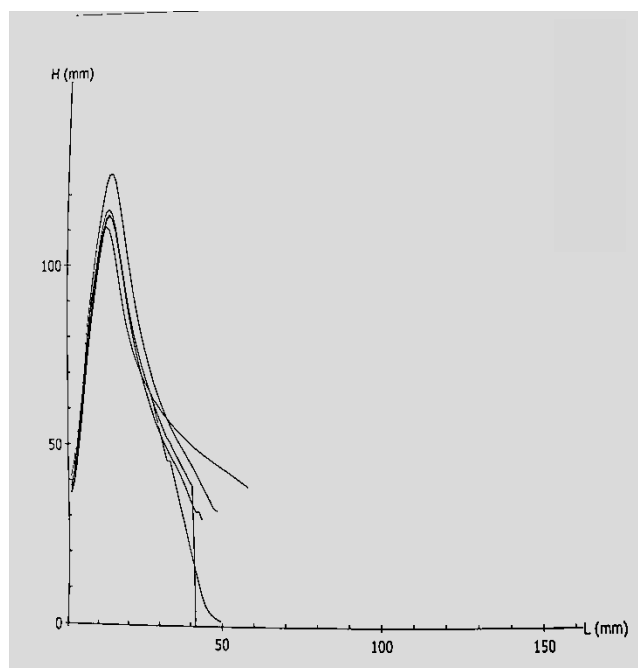
1



2



3



4

Рис. 1 Альвеограми тіста: 1 – контроль; 2 – з доданням 2,5 %; 3 – з доданням 5,0 % ; 4 – з доданням 7,5 % ШНЛ до маси борошна

Для підтвердження цього припущення визначали газотримувальну здатність зразків тіста, що містило 2,5; 5,0 та 7,5 % ШНЛ до маси борошна порівняно зі зразком без шроту.

Газотримувальна здатність тіста залежить від двох факторів, а саме від структурно-механічних властивостей тіста і інтенсивності його бродіння, тобто кількості CO_2 , що при цьому виділяється. Ці фактори формують об'єм тіста.

Під час проведення досліджень газотримувальну здатність тіста характеризували величиною питомого об'єму тіста через 4 години його бродіння.

Встановлено (рис. 2), що внесення в тісто ШНЛ призводить до зниження питомого об'єму всіх зразків зі ШНЛ і тим більше, чим більше внесено його в тісто. Це може бути пов'язано з недостатнім розгалуженням клейковинного каркасу, внаслідок зменшення кількості клейковини, збільшення її пружності, що не забезпечує його цілісність і призводить до нездатності утримувати діоксид вуглецю.

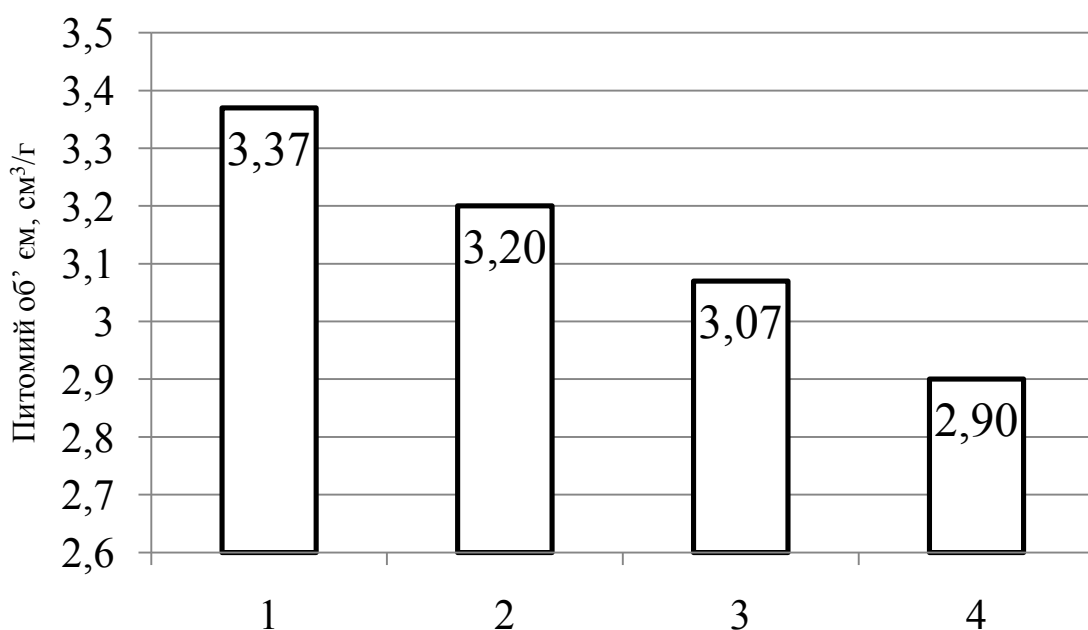


Рис. 2 Питомий об'єм тіста: 1 – контроль; 2 – з доданням 2,5 %; 3 – з доданням 5,0 %; 4 – з доданням 7,5 % ШНЛ до маси борошна

Тобто спостереження зміни питомого об'єму тіста в процесі бродіння показали, що чим більше внесено ШНЛ, тим менше воно збільшується в об'ємі. Так, при дозуванні 2,5 % шроту до маси борошна питомий об'єм тіста через 4 год ферментації був менший, ніж контрольного зразка на 5, 5,0 % до маси борошна – на 9, а 7,5 – на 14 %.

Це має негативно впливати на процес вистоювання тістових заготовок, подовжувати його тривалість та призводити до зменшення об'єму хліба, погіршення стану м'якушки, зменшення її пористості.

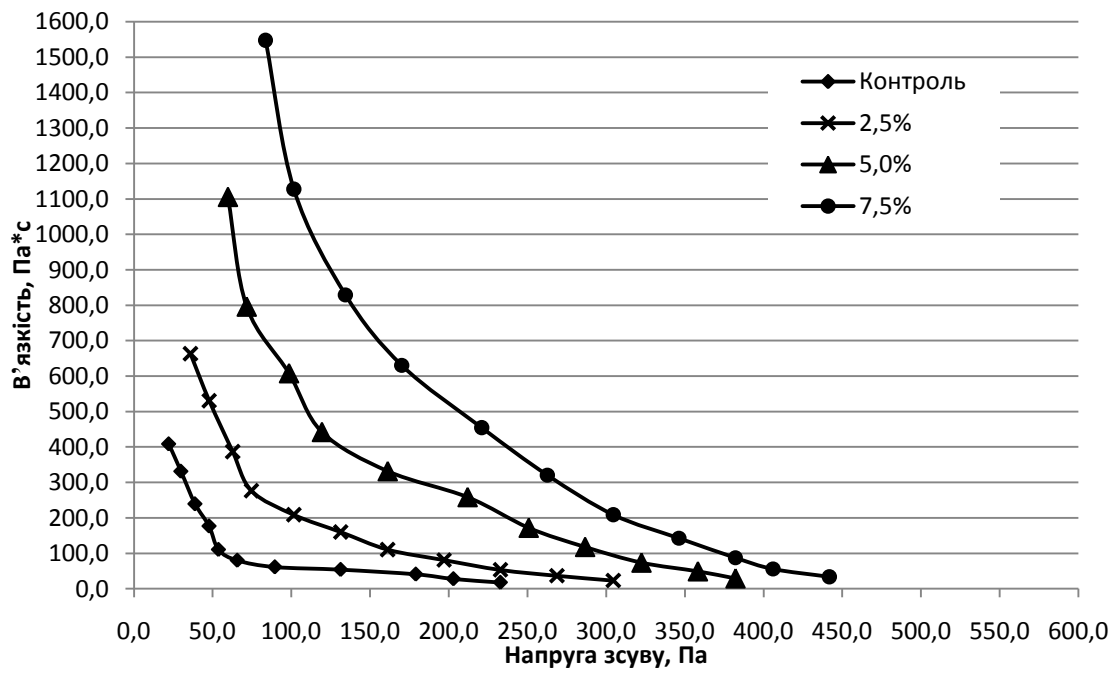
Для колоїдної системи, якою є тісто характерні поряд з пружно-еластичними в'язко-пластичні властивості.

Вплив ШНЛ на в'язко-пластичні властивості тістової системи досліджували за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест – 2». Визначали залежність швидкості деформації системи від діючої напруги зсуву. Метод ґрунтується на вимірюванні в'язкості напівфабрикату, розміщеного між двома поверхнями.

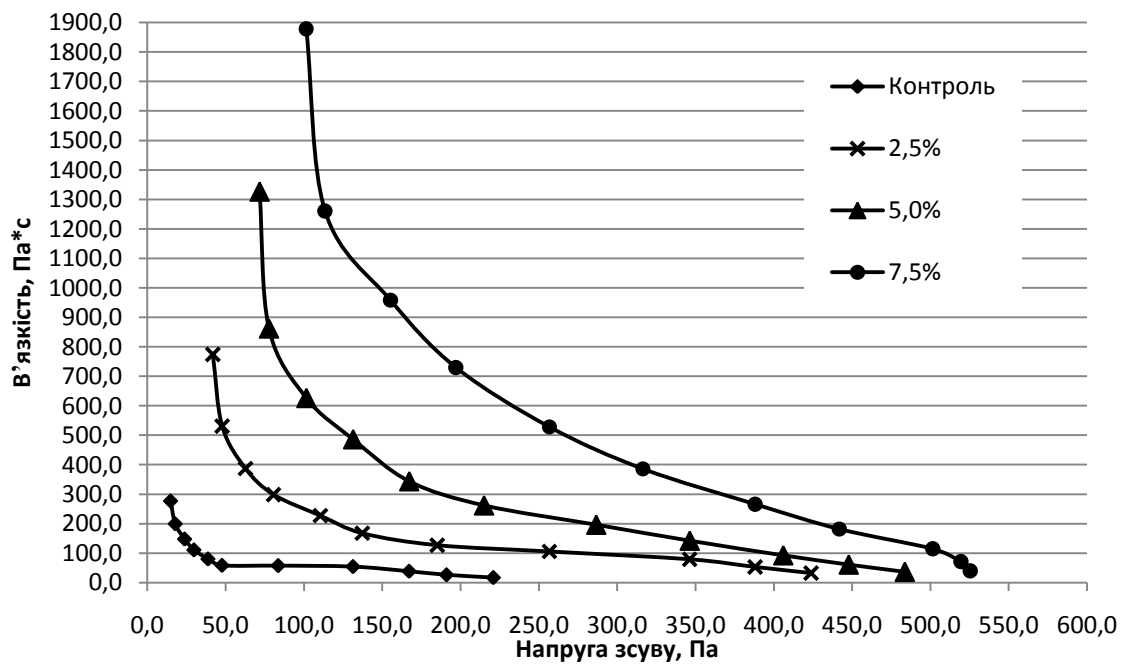
Під час проведення досліджень готували модельні зразки водно-борошняних сумішей вологістю 65 % з доданням 2,5, 5,0 і 7,5 % ШНЛ до маси борошна. Контрольним був зразок без додання шроту.

Визначення проводили через 20 хв після замісу та 180 хв ферментації тістової системи. У роботі використовували циліндри S1, у режимі роботи A1.

За результатами досліджень будували криві зміни в'язкості від величини напруги зсуву (рис. 3) та криві зміни течії (рис.4).

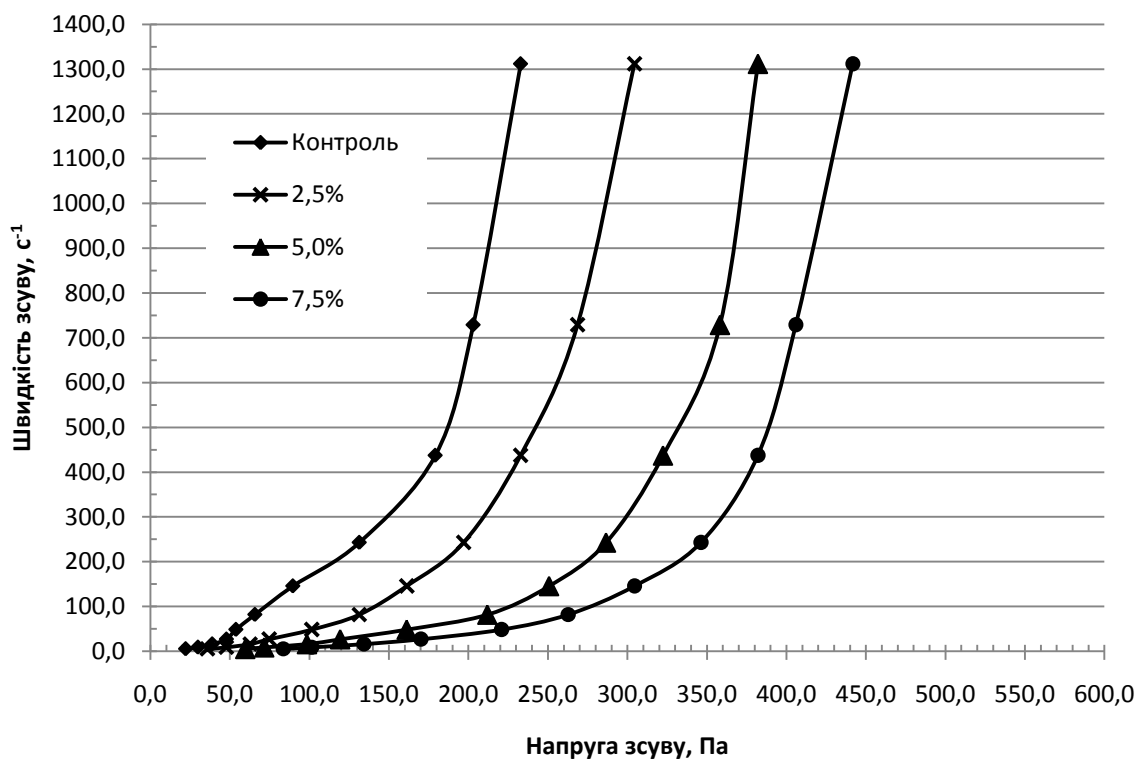


А

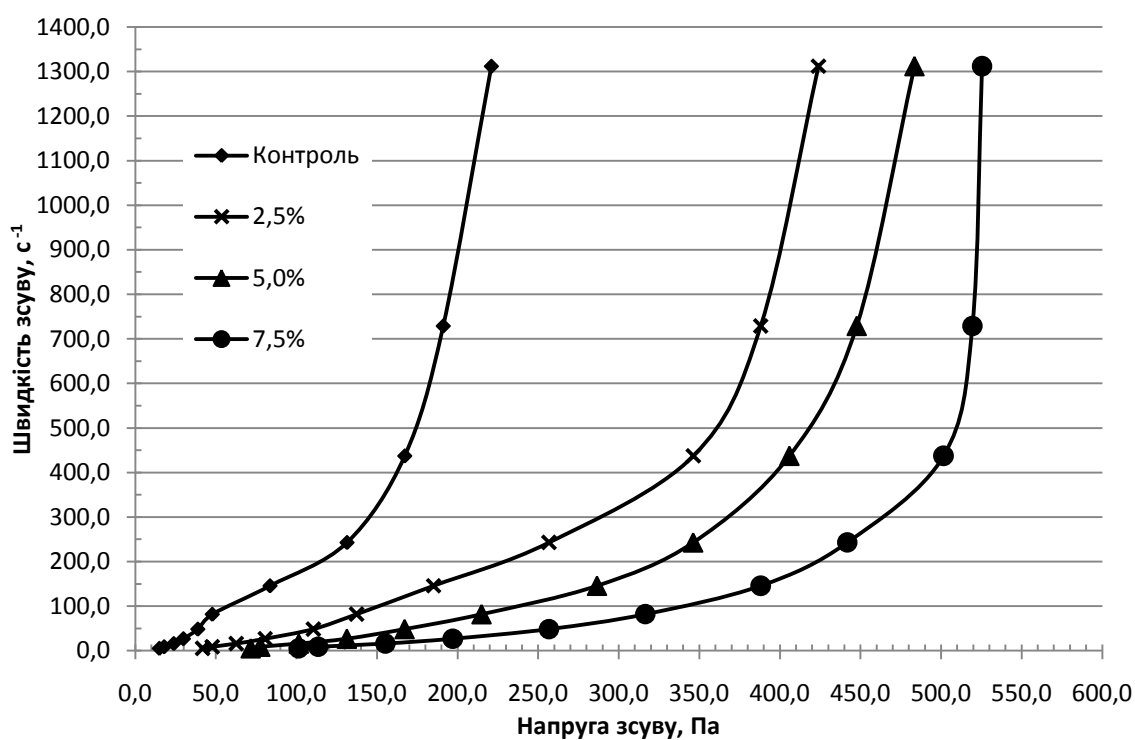


Б

Рис.3 Реологічні криві в'язкості: А – через 20 хв ферментації, Б – через 180 хв ферментації



А



Б

Рис. 4 Реологічні криві течії: А – через 20 хв ферментації, Б – через 180 хв ферментації

Встановлено, що у зразках з внесенням шроту насіння льону, в'язкість системи підвищується. Так, через 20 хв після замішування в'язкість водно-борошняних модельних сумішей зі ШНЛ порівняно з контролем, підвищується в 1,7-3,7 рази. Поряд з цим зростає напруга зсуву необхідна для руйнування системи з внесенням ШНЛ на 31-90 %, порівняно з контролем.

Через 180 хв ферментації у зразках з внесенням ШНЛ, на відміну від контролю, в'язкість системи, порівняно з початковою підвищується, у разі внесення 2,5 % шроту на 16,7, 5 % - на 20, 7,5 % - на 21 %. Напруга зсуву необхідна для руйнування структури дослідних зразків знаходиться в межах 300-475 Па, в той час як для контрольного зразка достатньо 220 Па. Це, напевно, обумовлено високою водопоглинальною здатністю слизів та клітковини шроту, які під час ферментації набухають та загущують тістову систему, підвищуючи її міцність.

Висновок.

Проведеними дослідженнями доведено, що при використанні ШНЛ погіршуються пружно-еластичні властивості тіста внаслідок зменшення нього клейковини, зниження гідратаційної здатності та еластичності. Складові ШНЛ внаслідок високої водопоглинальної здатності значно підвищують в'язкість тіста. Це зумовлює зниження газотримувальної здатності та зменшення об'єму ферментованого тіста, що потребує застосування технологічних заходів для забезпечення необхідної якості виробів.

Література

1. Использование семян льна для повышения биологической ценности хлебобулочных изделий / Л.П. Пашенко, Г.Г. Странадко, Н.Н. Булгакова, Ю.А. Кулакова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 4. – С. 82-85.

2. Козьмина, Н. П. Биохимия хлебопечения / Н.П. Козьмина. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 437 с.
3. Николаев, Б. А. Структурно-механические свойства мучного теста / Б. А. Николаев. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 247 с.