

УДК 664.6, 664.664

ВПЛИВ БОРОШНА З МАКУХИ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР НА ВМІСТ ЦУКРІВ У ЖИТНЬОМУ ХЛІБІ

*Волощук Г.І.^{1,2}, к.т.н., доцент, завідувач кафедри, с.н.с.
<https://orcid.org/0000-0003-1913-0238>**Пашова Н.В.³, аспірант
<https://orcid.org/0000-0002-5205-0769>**Стадник С.Б.^{1,2}, старший викладач, м.н.с.,
<https://orcid.org/0000-0003-3006-9124>**Науменко О.В.², д.т.н., с.н.с., завідувачка відділу,
<https://orcid.org/0000-0002-1691-1381>*¹Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій, м. Київ, Україна²Інститут продовольчих ресурсів НААН України, м. Київ, Україна³Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-06>

Предмет дослідження – вміст цукрів у житньому хлібі з борошном частково знежиреним з горіха волоського, гарбузового насіння, кунжуту та порошком топінамбура. **Мета** – дослідити хімічний склад цукрів борошна з макухи олійних культур; пояснити вплив нової сировини на вміст цукрів у хлібі з житнього борошна. **Матеріали і методи дослідження.** Для виготовлення дослідних зразків хліба використовували: борошно житнє обдирне; солод житній ферментований; сіль кухонну харчову; воду питну; готову рідку житню закваску (склад: *Lactobacillus plantarum* 30, *L.casei* 26, *L.fermenti* 34, *L.brevis* та *Saccharomyces minor* «Черноріченська», *S.cerevisiae* ЛІ); борошно частково знежирене з волоських горіхів, гарбузового насіння та кунжуту виробництва ПП «Науково-виробнича фірма «Елітфіто»; порошок топінамбура «Дар». Тісто готували трифазним способом: рідка закваска – оцукрена заварка – тісто. Порошок топінамбура та борошно з макухи олійних культур вносили в тісто. Хімічний склад цукрів у сировині та хлібі визначали методом рідинної хроматографії високороздільної здатності. Вплив борошна частково знежиреного на перебіг процесів у житньому тісті проводили на фаринографі та амілографі фірми «Брабендер». Інтенсивність газоутворення тіста визначали на приладі АГ-1. Зміни в кристалічній структурі м'якушки хліба проводили за допомогою рентгенофазового аналізу на приладі ДРОН УМ-1 в інтервалах кутів 2θ від 5 до 60 град. **Результати.** Встановлено, що частка цукрів у борошні з макухи олійних культур вища у 2...8 рази за вміст цукрів у борошні житньому. Вміст цукрів у борошні частково знежиреному з волоських горіхів складає 43,0 %, з гарбузового насіння – 14,2 %, з кунжуту – 12,8 % до маси сухих речовин. До 80 % всіх цукрів у борошні частково знежиреному припадає на сахарозу і мальтозу. Співвідношення фруктози до глюкози у борошні частково знежиреному з волоських горіхів становить 1:1,25; з насіння гарбуза - 1:0,73; з кунжуту - 1:0,5. Додавання 7,0 % борошна частково знежиреного у суміші з 3 % порошку топінамбура знижує масову частку цукрів у хлібі порівняно з хлібом, виготовленим лише з топінамбуром. Досліджено, що борошно частково знежирене з волоських горіхів, гарбузового насіння та кунжуту зменшує гідролітичний розклад крохмалю житнього борошна та сприяє процесу зброджування цукрів. **Сфера застосування.** Суміш борошна частково знежиреного з макухи олійних культур у кількості 7% доцільно використовувати для виробництва хліба заварного з житнього

борошна разом з 3 % порошку топінамбура до масової частки борошна з метою зниження вмісту крохмальних цукрів високої глікемічності.

Ключові слова: хліб, житнє борошно, цукри, борошно частково знежирене, волоські горіхи, кунжут, насіння гарбуза, порошок топінамбура

INFLUENCE OF FLOUR FROM OILSEED MEAL ON SUGARS CONTENT IN RYE BREAD

Halyna Voloshchuk^{1,2}, PhD, Technics, Associate Professor, Head of Department, Senior Research,

<https://orcid.org/0000-0003-1913-0238>

Natalia Pashova³, Postgraduate,

<https://orcid.org/0000-0002-5205-0769>

Svitlana Stadnyk^{1,2}, Senior Lecturer, Junior Researcher,

<https://orcid.org/0000-0003-3006-9124>

Oksana Naumenko², D-r of Sciences, Technics, Senior Researcher, Head of Department

<https://orcid.org/0000-0002-1691-1381>

¹Institute of Postgraduate Education of National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

²Institute of Food Resources NAAS, Kyiv, Ukraine

³National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-06>

Subject of research – sugar content in rye bread with fractionally defatted flour from walnuts, pumpkin seeds, sesame and Jerusalem artichoke powder. **The purpose** – to investigate the chemical composition of sugars in flour from oilseed meal and to explain the impact of new raw materials upon the sugar content in bread made from rye flour. **Materials and methods.** For the production of pilot of bread used: rye flour; fermented rye malt; table salt; drinking water; ready liquid rye sourdough (composition: *Lactobacillus plantarum* 30, *L. casei* 26, *L. fermenti* 34, *L. brevis* and *Saccharomyces minor* "Chernorichenskaya", *S. cerevisiae* L1); fractionally defatted flour from walnuts, pumpkin seeds and sesame produced by PE "Research and Production Company "Elitfito"; Jerusalem artichoke powder "Dar". The dough was prepared in a three-phase way: liquid sourdough – saccharified choux – dough. Jerusalem artichoke powder and oilseed meal were added to the dough. The chemical composition of sugars in raw materials and bread was determined by high-performance liquid chromatography. The effect of fractionally defatted flour on the course of processes in rye dough was performed on a farinograph and amylograph of Brabender. The intensity of gas formation of the dough was determined on the device AG-1. Changes in the crystal structure of the bread crumb were performed using X-ray phase analysis on the device DRON UM-1 in the range of angles 2θ from 5 to 60 degrees. **Results.** It is established that the share of sugars in flour from oilseed meal is 2 ... 8 times higher than the content of sugars in rye flour. The content of sugars in fractionally defatted flour from walnuts is 43.0 %, from pumpkin seeds – 14.2 %, from sesame – 12.8% by weight of dry matter. Up to 80% of all sugars in fractionally defatted flour are sucrose and maltose. The ratio of fructose to glucose in fractionally defatted flour from walnuts is 1:1.25; from pumpkin seeds – 1:0.73; of sesame seeds – 1:0.5. The addition of 7.0 % fractionally defatted flour mixed with 3 % of the Jerusalem artichoke powder reduces the mass fraction of sugars in bread compared to the bread made with Jerusalem artichoke only. It has been studied that fractionally defatted flour from walnuts, pumpkin seeds and sesame reduces the hydrolytic decomposition of rye flour starch and promotes the process of fermentation of sugars. **Scope.** A mixture of fractionally defatted flour from oilseed meal in the amount of 7 % should be used for the production of bread from rye flour with 3 % Jerusalem artichoke powder to the mass fraction of flour to reduce the content of high glycemic starch sugars.

Key words: *bread, rye, sugar, fractionally defatted flour, walnuts, sesame, pumpkin seeds, Jerusalem artichoke powder.*

Ступінь привабливості хлібобулочних виробів для щоденного вжитку і для спеціального дієтичного харчування визначається комплексом показників їхньої якості та безпечності, хімічним складом, зокрема вмістом легкозасвоюваних вуглеводів [1]. Серед асортименту хлібобулочних виробів найбільшу кількість цукрів містять здобні вироби та заварні сорти хліба. У здобних виробках вміст цукрів нормується і контролюється, у заварних хлібах вміст цукрів завжди перевищує розрахунковий очікуваний і залежить не стільки від використання цукровмісної сировини, скільки від перебігу амілолітичних та мікробіологічних процесів під час приготування тіста [2, 3].

Асортимент заварних сортів хліба з додаванням житнього борошна є традиційним для вітчизняних виробників хлібобулочної продукції і складає 15...20% від загального обсягу виробництва хліба в Україні. Вироби з житнього борошна мають краще збалансований хімічний склад за есенціальними речовинами, вони користуються попитом у споживачів, що дотримуються дієти, з порушенням вуглеводно-жирового обміну. Проте заварні сорти, виготовлені з житнього борошна, завжди мають підвищений вміст продуктів розкладу крохмалю, оскільки виробляються на оцукрених заварках та заквасках, в яких основну газоутворювальну функцію виконують мальтозо-толерантні дріжджі, а житнє борошно апріорі має автолітичну активність вищу за пшеничне. Вміст цукрів у заварних сортах хліба складає 5...25% до маси сухих речовин [4] за рахунок мальтози, що має на 5...10% вищий за глюкозу глікемічний індекс, а солодкість - втричі нижчу, ніж сахароза. Ретроградація крохмалю у хлібі з житнім борошном проходить повільніше через підвищений вміст декстринів та групи ксиланів із псевдо-пребіотичною дією [3, 5], що додатково знижує дієтичні властивості житнього заварного хліба.

Для зниження глікемічності хліба традиційно використовують висівки, що підвищує вміст харчових волокон, білка, мінеральних речовин [6, 7]. На відміну від пшеничних, житні вироби містять фітазу, що руйнує фітинову кислоту, якою багаті периферійні частини більшості видів зерна і насіння, і яка перешкоджає засвоєнню мінеральних речовин у хлібобулочних виробках [8]. З метою збагачення житнього хліба комплексом харчових волокон, білком із підвищеним вмістом триптофану, ненасиченими жирними кислотами, мінеральними речовинами, особливо кальцієм, авторами розроблено технології житнього хліба з борошном із макухи олійного насіння [9]. Визначено, що оптимальні кількості борошна частково знежиреного (БЧЗ) з макухи горіха волоського, насіння гарбуза та кунжуту для виробництва хліба житнього заварного із задовільними органолептичними властивостями знаходяться в межах 2...4%. Внесення БЧЗ у суміші дозволяє підвищити дозування борошна з макухи насіння до 7%. Але додавання в рецептуру вторинних продуктів олієжирового виробництва, багатих біологічно цінними речовинами, призводить до додаткового мікробіологічного забруднення. Особливо це актуально для заварних сортів хліба з вищою вологістю та нижчою кислотністю. Тому для нового хліба було рекомендовано, як антимікробну і дієтичну добавку, використовувати порошок топінамбура (ПТ) у кількості 3% [10, 11].

БЧЗ горіха волоського, насіння гарбуза та кунжуту згідно з перерахунком на частково знежирену частину без врахування технологічних аспектів впливу, містить 6...12% цукрів до маси знежиреного борошна [12]. Проте під час підготовки олійного насіння до пресування та під час пресування температура макухи сягає вище 40°C, що може додатково вплинути на приріст, чи зниження цукрів у БЧЗ. Встановлено, що додавання БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту та горіха волоського у різних кількостях сприяє зниженню цукроутворювальної та газоутворювальної здатності пшеничного борошна [13]. Проте досліджень механізму такого впливу не виявлено — що не дає змоги інтерполювати ствердження на технологію хліба з борошна житнього. Також не встановлено хімічний склад і фактичну кількість цукрів у БЧЗ.

Мета роботи. Визначити вміст і хімічний склад цукрів у БЧЗ з горіха волоського, насіння гарбуза та кунжуту, та у хлібі житньому з цією сировиною. Встановити вплив БЧЗ на перебіг біохімічних та мікробіологічних процесів у тісті з житнього борошна.

Матеріали та методи. У проведенні виробничих та лабораторних досліджень для виготовлення дослідних зразків хліба використовували борошно житнє обдирне з показником числа падіння 190 с; БЧЗ волоських горіхів, гарбузового насіння та кунжуту виробництва ПП «Науково-виробнича фірма «Елітфіто» з вмістом жиру, відповідно, 11,5 %; 12,1 % та 10,5 %; порошок топінамбуру торгівельної марки «Дар» із загальним вмістом фруктанів 44 %, середньою молекулярною масою 15 одиниць лінійності ланцюга, титрованою кислотністю 20,0 град; основну та додаткову хлібопекарську сировину, що відповідала вимогам чинної нормативної документації: солод житній ферментований, сіль кухонна харчова, вода питна.

Якість сировини, напівфабрикатів, готових виробів контролювали згідно з загальноприйнятими методиками: м.ч. цукру в хлібі - йодометричним методом [14]; хімічний склад цукрів у сировині та хлібі - методом рідинної хроматографії високороздільної здатності [15]. Хімічний склад БЧЗ волоських горіхів, гарбузового та кунжутного насіння розраховували шляхом перерахунку складових насіння на борошно зі встановленою кількістю жиру та вологості.

Тісто готували трифазним способом на заварці: рідка закваска – опукрена заварка – тісто. Готову рідку житню закваску (*Lactobacillus plantarum* 30, *L.casei* 26, *L.fermenti* 34, *L.brevis* та *Saccharomyces minor* «Чорноріченська», *S.cerevisiae* Л1) використовували з кислотністю $(10,0 \pm 1,0)$ град. Заварку, приготовлену з житнього борошна та солоду житнього ферментованого по 5% кожного до загальної кількості борошна житнього, опукрювали впродовж 1 години. БЧЗ з волоських горіхів, кунжутного та гарбузового насіння, ПТ вносили в тісто на стадії замісу, як додаткову цукровмісну сировину, у кількості, відповідно, 1 %; 2 %; 4 % та 3 % для збагачення хліба есенціальними речовинами. Тісто замішували на двошвидкісній машині з вологістю 50 %. Процес бродіння тіста відбувався при температурі $(29 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ впродовж (60 ± 10) хв. до кінцевої кислотності $(7,0 \pm 0,5)$ град. Готове тісто ділили на шматки масою 550 г. Тістові заготовки вкладали у змащені форми і направляли на вистоювання при температурі $(35 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря $(75 \pm 10)\%$ на термін (60 ± 10) хв. Випікали хліб у зволоженій пекарській камері печі при однакових температурних режимах впродовж (45 ± 3) хв. Охолоджували хліб при температурі $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря $(70 \pm 5)\%$. Відбирали зразки для контролю якості хліба через 24 год., для визначення стану черствіння структури хліба — через 120 год. після випікання. Зразки хліба зберігали упакованими в пергамент при температурі $(13-14)^{\circ}\text{C}$. Дослідження впливу БЧЗ насіння та ПТ на зміни в кристалічній структурі м'якушки хліба проводили за допомогою рентгенофазового аналізу на приладі ДРОН УМ-1 в інтервалах кутів 2θ від 0 до 60° .

Для вивчення механізмів впливу нової сировини досліджували її дію на водопоглинальну здатність житнього тіста за допомогою фаринографа фірми «Брабендер». Модельні зразки тіста замішували з житнього обдирного борошна та досліджуваною сировиною однакової консистенції на 500 од. приладу. Вплив БЧЗ на перебіг біохімічних процесів житнього борошна проводили на амілографі фірми «Брабендер». Інтенсивність газоутворення тіста визначали на приладі АГ-1. Всі дослідження проводили у трьох повторностях.

Результати та обговорення. В результаті опрацювання хроматограм (рис. 1.) встановлено, що показники вмісту цукру в борошні житньому обдирному, солоді ферментованому та порошку топінамбура коригують з довідниковими значеннями [7, 12], проте масова частка цукрів у БЧЗ вища за розрахункову (табл. 1). Цукри борошна житнього обдирного більше представлені сахарозою (до 5 %), вміст фруктози і глюкози майже однаковий, і їхня сума сягає 1 % до маси сухих речовин. Солод ферментований містить більшу кількість мальтози та глюкози, що пояснюється технологією

пророщування і високотемпературним обробленням житнього зерна. Порошок топінамбура містить вищу кількість фруктози, сахарози та мальтози, що додатково утворюються в результаті розкладу фруктанів і крохмалю під час технологічних процесів подрібнення і сушіння бульб топінамбура.

БЧЗ горіха волоського, насіння гарбуза та кунжуту містить значно більше цукрів, ніж житнє борошно, а саме: масова частка цукрів, відповідно, у 7,4; 2,4 та у 2,2 вища. До 80 % всіх цукрів БЧЗ приходить на частку сахарози і мальтози. БЧЗ горіха волоського містить більше 40% цукрів і має найвищий вміст фруктози та дисахаридів, очевидно, через природний вміст сахарози, оскільки ядро горіха волоського практично не містить крохмалю. Співвідношення фруктози до глюкози у БЧЗ з ядра горіха волоського становить 1:1,25, з насіння гарбуза - 1:0,73, з кунжуту - 1:0,5. Загальний вміст мальтози і сахарози в БЧЗ з насіння гарбуза і кунжуту втричі нижчий, ніж з горіха волоського (табл. 2).

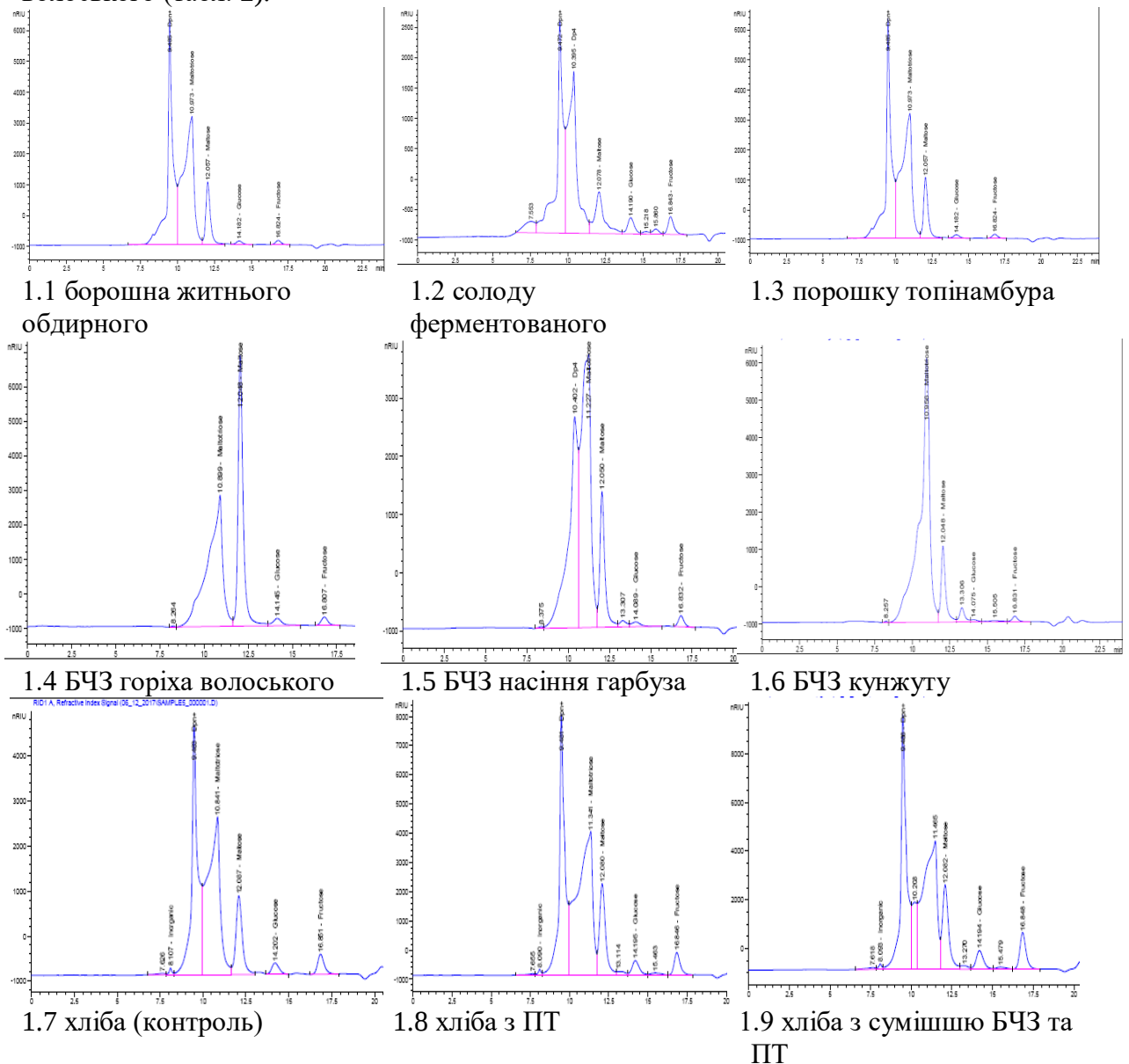


Рис. 1. Хроматограми водорозчинних вуглеводів цукровмісної сировини та хліба з житнього борошна

БЧЗ містять більше 30 % білкових речовин та більше 9 % харчових волокон, характеризуються високою зольністю та титрованою кислотністю. Такі фактори мають значний вплив на процеси утворення тіста та перебіг процесів під час його бродіння.

Таблиця 1

Хімічний склад цукрів у цукровмісній сировині та БЧЗ горіха волоського, насіння гарбуза, кунжуту, основні показники їх якості

Складові (%), показники якості	Борошно житнє обдирне	Солод фермен- тований	Порошок топінамбу ра	Борошно частково знежирене		
				горіха волоського	насіння гарбуза	насіння кунжуту
Вода	14,0	10,5	8,0	9,2	8,3	7,3
Білки	7,0	6,0	6,0	32,0	50,0	45,0
Жири	1,2	1,0	3,0	10,5	11,0	9,8
Вуглеводи загальні	72,0	75	75,0	50,0	20,0	20,0
Крохмаль	65,0	≥ 10	≥ 2,0	≥ 2	≥ 5	≥ 10
Цукри, % СР	5,8	25,2	21,8	43,0	14,2	12,8
фруктоза	0,4	3,5	3,3	1,6	1,1	1,0
глюкоза	0,5	10,3	1,5	2,0	0,8	0,5
мальтоза і сахароза	4,9	11,4	17,0	38,4	12,3	11,3
Харчові волокна	8,0	≥ 10,0	≥ 50,0	≥ 15,0	≥ 10,0	≥ 9,0
Зола	1,2	4,0	6,0	6,0	7,0	7,5
Титрована кислотність, град. Н	2,5	8,0	20,0	7,0	4,0	4,5

Як свідчать дані таблиці 2, часткова заміна 10 % борошна сумішшю БЧЗ з горіха волоського, насіння гарбуза, кунжуту та ПТ дозволила одержати хліб із задовільними показниками якості, з смаковими ознаками притаманними для олійного насіння. Проте вміст цукру у виробках був дещо вищий порівняно з контрольним зразком. Додавання ПТ у кількості 3 % призводило до зростання масової частки цукру на 1,6 %, а додавання суміші БЧЗ та ПТ у кількості, відповідно, 7 % та 3 % призводило до зростання цукру лише на 1,3 %. При цьому приріст цукрів у хлібі з сумішшю відбувався насамперед за рахунок фруктози, а при додаванні лише ПТ – за рахунок глюкози та дисахаридів.

Таблиця 2

Вплив ПТ та БЧЗ на якість та масову частку цукрів хліба заварного з житнього борошна

Показники якості	Контроль	ПТ, 3%	Суміш ПТ та БЧЗ, 10%
Форма	Відповідає формі, в якій проводили випікання, без бокових впливів		
Поверхня	шорсткувата, без великих тріщин і підривів		
Колір	коричневий	темно-коричневий	
Смак	властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку	є незначний трав'яний присмак топінамбура	є незначний присмак олійного насіння, смак топінамбура майже не відчувається
Грудкуватість під час розжовування	відсутня		
Пористість	пори дрібні та середні, товстостінні, розподілені рівномірно		
Питомий об'єм, см ³ /г	1,55	1,65	1,58
Пористість, %	51,0	57,0	55,0
Кислотність, град.	6,0	6,8	7,0
Вологість, %	46,5	47,8	48,0
М.ч. цукру, % СР	17,7	19,3	19,0
фруктоза	4,5	4,4	4,7
глюкоза	2,7	3,0	2,9
мальтоза і сахароза	10,6	11,9	11,0

Кришкуватість, %	1,4	2,0	2,5
Набухання, %	79,0	77,5	73,9

Для пояснення такого впливу досліджували дію БЧЗ та ПТ на колоїдні процеси, що вказують на піддатливість крохмалю до амілолітичного гідролізу, та на мікробіологічні процеси в тісті.

Дослідження впливу БЧЗ та ПТ на водопоглинальну здатність (ВПЗ) та здатність розріджуватися, проводили на модельних зразках тіста з житнього обдирного борошна за допомогою фаринографа. Фаринограми тіста з додаванням ПТ та БЧЗ мали характерну для житнього борошна криву, без вираженої ділянки стійкості тіста. Результати розшифрування фаринограм житнього обдирного борошна та його суміші з ПТ, БЧЗ наведено в таблиці 3. Додавання ПТ знижувало ВПЗ на 0,8 %, напевно, через високий вміст цукрів та зменшувало на 40 од. приладу розрідження тіста через вміст інуліну та пектинових речовин.

Додавання БЧЗ дещо підвищувало ВПЗ тіста на 0,3...1,7 % та суттєво знижувало ступінь розрідження тіста на 11...57 % порівняно з контролем. Найбільший вплив на зменшення ступеня розрідження мало БЧЗ з насіння кунжуту та горіха волоського – на 40...80 од. приладу. БЧЗ горіха волоського підвищувало еластичність утвореного тіста на 5...11 %. Внесення БЧЗ насіння кунжуту і гарбуза дещо знижувало еластичність тіста, але при збільшеному їх дозуванні до 4 % еластичність житнього тіста підвищувалася.

Проведені дослідження свідчать, що внесені ПТ та БЧЗ мають вищу ВПЗ, ніж борошно житнє обдирне, та частково перехоплюють воду під час утворення тіста. Ймовірно, такий вплив обумовлений як підвищеним вмістом харчових волокон, так і підвищеною кислотністю ПТ і БЧЗ, особливо горіха волоського.

Використання суміші БЧЗ та ПТ дещо збільшувало ВПЗ та час утворення тіста, водночас суттєво підвищувало еластичність тіста та зменшувало ступінь його розрідження.

У результаті аналізу амілограм житнього борошна з додатковою сировиною (табл. 4) встановлено, що ПТ знижувало температуру початкової клейстеризації крохмалю на 1°C та максимальну в'язкість суспензії - на 20 од. приладу (на 4 %) порівняно з контролем.

Таблиця 3

Вплив БЧЗ на показники фаринограм борошна житнього обдирного

Назва добавки	Дозування, % до маси борошна	Показники якості тіста			
		ВПЗ, см ³ /100г	час утворення, хв.	еластичність, од.прил.	розрідження, од.прил.
Контроль (без добавок)	-	60,6...59,8	2,5	74	140
ПТ	3	59,8...59,0	2,5	74	100
БЧЗ горіха волоського	2	61,0...60,2	2,5	77	65
	4	61,0...60,2	3,5	80	60
БЧЗ насіння гарбуза	2	61,4...60,6	2,0	73	110
	4	61,0...60,2	2,5	75	100
БЧЗ кунжуту	2	61,2...60,4	2,5	74	100
	4	60,8...60,0	2,0	74	95
Суміш БЧЗ і ПТ	10	60,9...60,2	2,5	80	100

Зафіксовано, що додавання БЧЗ знизило температуру клейстеризації суспензії на 2...3°C. При цьому криві амілограм мали подовжену до 5 хв. ділянку максимальної в'язкості суспензії, що відповідала показнику в'язкості не крохмальних полісахаридів житнього борошна в контрольному зразку та зразку борошна з топінамбуром (рис. 2).

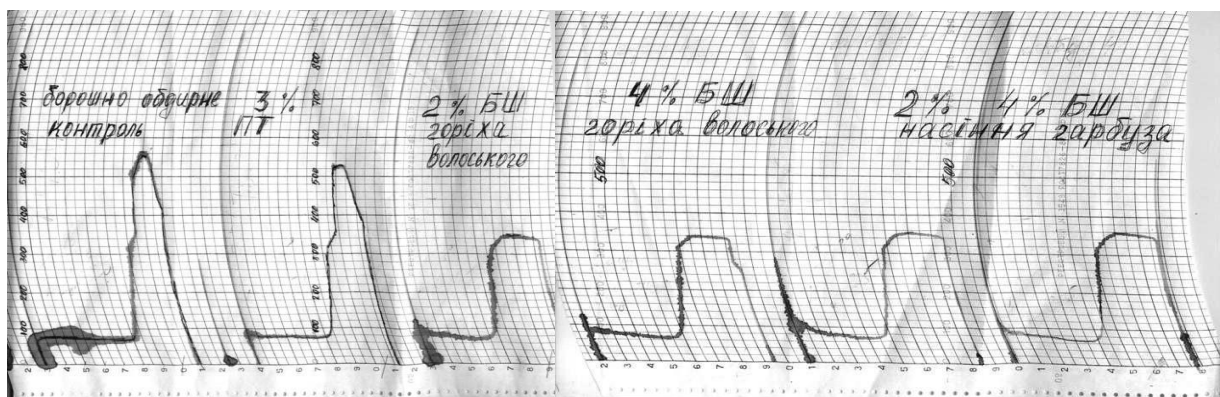
Внесення БЧЗ у кількості 2...4 % до маси борошна істотно знижувало максимальну в'язкість водно-борошняної суспензії житнього борошна: з 520 од. прил. до 320...360 (тобто на 31...39 %).

Внесення суміші з БЧЗ та ПТ призвело до мінімальних значень в'язкості клейстеру та нижчої температури початкової клейстеризації – 51°C.

Таблиця 4

**Вплив БЧЗ на стан вуглеводно-амілазного комплексу
житнього обдирного борошна**

Назва добавки	Дозування, % до маси борошна	Температура початкової клейстеризації, °C	Максимальна в'язкість, од. прил.
Контроль (без добавок)	-	55	520
ПТ	3	54	500
БЧЗ горіха волоського	2	53	345
	4	53	340
БЧЗ насіння гарбуза	2	53	360
	4	53	355
БЧЗ насіння кунжуту	2	52	360
	4	53	345
Суміш БЧЗ насіння і ПТ	10	51	320



**Рис. 2. Вплив ПТ та БЧЗ горіха волоського та насіння гарбуза
на амілограми житнього борошна**

Причиною такого впливу може бути висока кількість водорозчинних речовин у БЧЗ (білків та харчових волокон), які при підвищенні температури розчину зв'язують воду і запобігають клейстеризації крохмалю житнього борошна. Підтвердженням цього є дані про збільшення ознак черствіння хліба з ПТ та БЧЗ горіха волоського, насіння гарбуза та кунжуту – збільшення кришкуватості на 0,9% та зменшення набухання м'якушки на 4,9% (табл. 2).

Криві дифрактограм зразків хліба через 120 год. зберігання демонструють зміни кристалічної структури зразків хліба, а саме на більше руйнування кристалічної структури речовин борошна житнього обдирного (рис. 3).

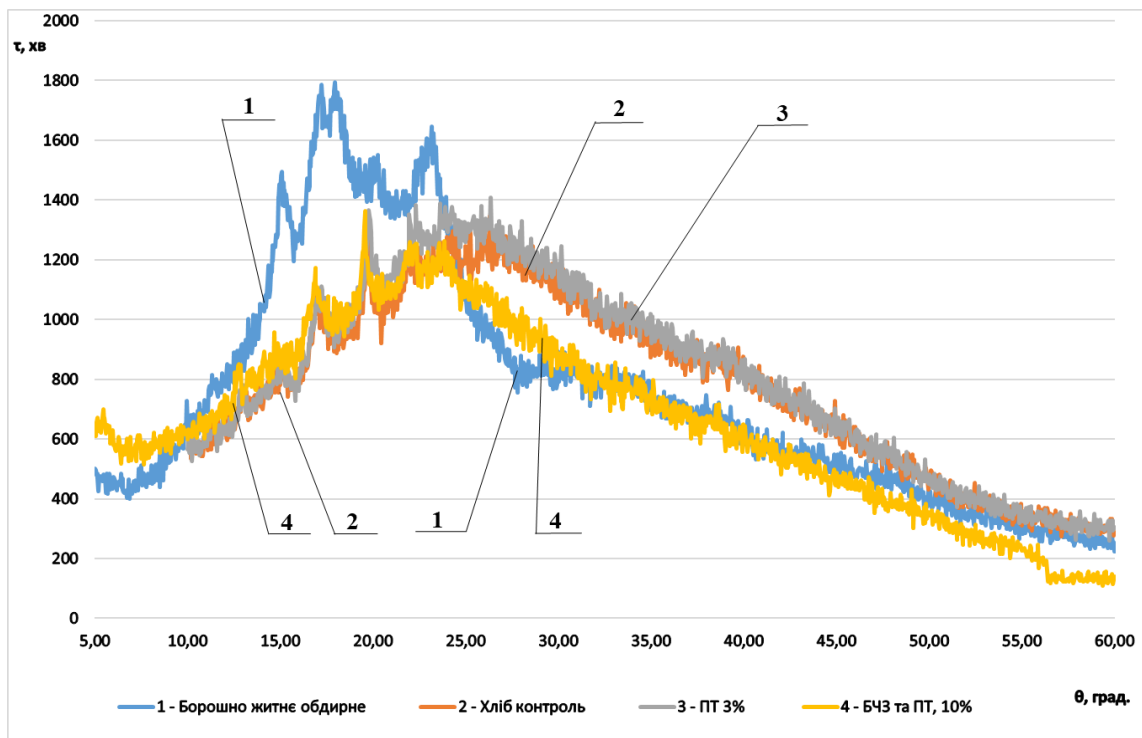


Рис. 3. Вплив БЧЗ і ПТ на кристалічну структуру м'якушки хліба

Додавання ПТ та БЧЗ майже не впливало на протікання процесів зміни кристалічної структури хліба в діапазоні дифрактограми від 5 до 20 градусів, в якому зафіксовано найбільш виражені піки житнього борошна. У правій частині кривої відбувалося значне зростання висоти піків кристалічної структури м'якушки під час зберігання хліба без добавок (контроль) та хліба з ПТ, що може свідчити про новоутворення конгломератів із сполук борошна та борошна з ПТ.

Внесення суміші БЧЗ призводить до зниження піків правої частини Гаусової кривої дифрактограми м'якушки хліба до стану кривої, що відповідає сухим біополімерам житнього борошна. Такі зміни дозволяють стверджувати, що додавання БЧЗ олійних культур зменшує зміни в кристалічних біополімерах борошна під час технологічного процесу приготування тіста, що сприяє ретроградації біополімерів борошна під час зберігання хліба. Отже, зменшення масової частки цукрів у хлібі з БЧЗ відбувається внаслідок зниження амілолізу крохмалю борошна.

Визначення газоутворювальної здатності в тісті з житнього борошна, приготованого на заварці та заквасці показало, що додавання БЧЗ з горіха волоського, насіння гарбуза та кунжуту, та їх суміші призводило до значного зростання виділеного вуглекислого газу (табл. 5). Додавання до суміші ПТ та збільшення дозування БЧЗ горіха волоського дещо знижували інтенсивність утворення CO_2 . Найвищі показники бродіння мало тісто з БЧЗ з насіння гарбуза та суміші усіх БЧЗ. Очевидно, що підвищений вміст цукрів та комплекс поживних речовин БЧЗ сприяли активізації мікробіологічних процесів, збільшенню кількості зброджених цукрів у тісті, що підтверджується більшими значеннями показників газоутворювальної здатності.

Таблиця 5

Вплив БЧЗ на газоутворювальну здатність тіста, CO₂ см³/100 г борошна

Час бродіння тіста, хв	Контроль	БЧЗ горіха волоського		БЧЗ насіння гарбуза		БЧЗ кунжуту		Суміш БЧЗ	ПТ	Суміш БЧЗ та ПТ
		2 %	4 %	2 %	4 %	2 %	4 %	7 %	3 %	10 %
30	15	25	20	28	30	22	27	36	41	32
60	26	35	26	39	44	29	32	76	80	45
120	62	90	80	90	110	85	74	126	100	114

Висновки

1. Встановлено, що борошно частково знежирене з волоських горіхів, насіння гарбуза та кунжуту містить у 2...8 рази більше цукрів ніж борошно житнє обдирне, але суттєво не збільшує масову частку цукру в хлібі житньому з їх використанням.

2. Визначено, що масова частка цукрів у борошні частково знежиреному з волоських горіхів складає 43,0%, з гарбузового насіння – 14,2%, з кунжуту – 12,8% до маси сухих речовин. До 80% всіх цукрів борошна частково знежиреного припадає на частку сахарози і мальтози. Співвідношення фруктози до глюкози у борошні з волоських горіхів становить 1:1,25; з насіння гарбуза-1:0,73; з кунжуту 1:0,5.

3. Додавання 3% порошку топінамбура підвищує вміст цукру в хлібі на 1,6%. Сумісне внесення 7% суміші борошна знежиреного і 3% порошку топінамбура підвищує вміст цукрів у хлібі лише на 1,3%. Приріст цукрів у хлібі з сумішню борошна частково знежиреного по відношенню до контрольного зразка без добавок відбувався насамперед за рахунок фруктози, а при додаванні тільки порошку топінамбура – за рахунок глюкози та дисахаридів.

4. Складові борошна частково знежиреного з волоських горіхів, гарбузового насіння і кунжуту перехоплюють воду під час приготування тіста, чим зменшують амілоліз крохмалю борошна житнього.

5. Борошно частково знежирене з волоських горіхів, насіння гарбуза, кунжуту сприяє збільшенню виділеного діоксиду вуглецю в процесі бродіння.

6. Експериментально доведено, що борошно частково знежирене з волоських горіхів, гарбузового насіння і кунжуту доцільно використовувати при виробництві хліба заварного з житнього борошна з метою збагачення його есенціальними речовинами макухи олійного насіння та зниження вмісту крохмальних цукрів високої глікемічності.

Бібліографія

1. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020. Geneva: World Health Organization, 2013. 55 p. URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236_eng.pdf

2. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва: навчальний посібник. Київ: ПрофКнига, 2019. 580 с.

3. Щербатенко В. В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества. Москва: Пищевая промышленность, 1976. 231 с.

4. Кузнецова Л. И., Синявская Н. Д., Афанасьева О. В., Фленова Е. Г. Производство заварных сортов хлеба с использованием ржаной муки; за ред. Л. И. Кузнецовой. СПб. филиал ГосНИИХП. СПб: ООО Береста, 2003. 203 с.

СПб филиал ГосНИИХП. СПб: ООО Береста, 2003. 299 с. 2. SPb: ООО Beresta, 2003. 299 s.

5. Капрельянц Л. В. Пребиотики: химия, технология, применение: монографія. Киев: ЭнтерПринт, 2015. 252 с.

6. Сильчук Т. А. Удосконалення технології хлібобулочних виробів подовженого терміну зберігання: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2004. 21 с
7. Дробот В. І. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности. Киев: Урожай, 1988. 152 с.
8. Сарычев Б. Г. Технология и биохимия ржаного хлеба. Москва: Пищепромиздат, 1959. 199 с.
9. Пат. № 120604 Україна, МПК (2006.01) A21D 2/36 A21D 8/02. Хліб житній заварний збагачений. Н. В. Пашова, Г. І. Волощук; заявник Національний університет харчових технологій. № у 201705064; заявл. 25.05.2017; опубл. 10.11.2017, 5 с.
10. Доценко В. Ф. Наукове обґрунтування і розробка технології хліба з використанням нової вуглеводовмісної сировини та цукрозамінників: автореф. дис. докт. техн. наук : 05.18.01. Київ, 1994. 49 с.
11. Макаренко Є. В., Пашова Н. В., Грегірчак Н. М., Волощук Г. І. Мікрофлора житнього тіста з топінамбуром та шротами. Сучасні досягнення фармацевтичної технології і біотехнології : збірник наукових праць. № 3. Харків: НФаУ, 2017. С. 177-180.
12. Пищевая ценность, химический состав и калорийность. URL: <http://intelmeal.ru/nutrition/foodinfo-wheat-sprouted.php>
13. Дробот В.І, Михонік., Л.А., Семенова А.Б. , Фалендиш Н.О. Борошно стародавніх пшениць, продукти переробки круп'яних культур та шроти у технології хліба : монографія. Київ: ПрофКнига, 2018. 188 с.
14. Дробот В. І., Юрчак В. Г., Білик О. А., Бондаренко Ю. В. та ін. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних та макаронних виробів: навчальний посібник; за ред. чл.-кор. НААН В. І. Дробот. Київ: Кондор- Видавництво, 2015. 972 с.
15. ДСТУ ISO 10504:1998. Продукти гідролізу крохмалю. Визначення складу глюкозних сиропів, фруктозних і гідрогенізованих глюкозних сиропів методом рідинних хроматографій високороздільної здатності. Держстандарт України. Київ., 2004. 6 с.

References

1. World Health Organization. (2013) Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020. Geneva: World Health Organization. 55 p. URL http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236_eng.pdf.
2. Drobot V. (2019). Dovidnyk z tekhnolohii khlibopekarskoho vyrobnytstva: navchalnyi posibnyk [Handbook of bakery technology: a textbook]. Kyiv: ProfKnyha, 580 p. [in Ukrainian].
3. Shcherbatenko V. (1976) Regulirovanie tekhnologicheskikh protsessov proizvodstva khleba i povyshenie ego kachestva [Regulation of technological processes of bread production and improvement of its quality]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 231 p. [In Russian].
4. Kuznetcova L., Siniavskaia N., Afanaseva O., Flenova E. (Kuznetcova L. Ed.). (2003) Proizvodstvo zavarnikh sortov khleba s ispolzovaniem rzhanoi muki [Production of custard breads using rye flour]. SPb fylyal HosNYKhP. SPb: OOO Beresta, 203 c. [In Russian].
5. Kaprel'janc L. (2015). Prebiotiki: khimiia, tekhnologiia, primenenie: monografiia [Prebiotics: chemistry, technology, application. Monograph]. Kyiv: EnterPrint, 252 p. [In Russian].
6. Sylchuk T. (2004) Udoskonalennia tekhnolohii khlibobulochnykh vyrobiv podovzhenoho terminu zberihannia [Improving the technology of bakery products with extended shelf life]: abstract of the dissertation for achievement of PhD in technical science: 05.18.01. Kyiv, 21 p. [in Ukrainian].
7. Drobot V. (1988) Ispol'zovanie netraditsionnogo syr'ya v khlebopekarnoy promyshlennosti [The use of unconventional raw materials in the bakery industry]. Kyiv: Urozhay, 152 p. [In Russian].
8. Sarychev B. (1959) Tekhnologiia i biokhimiia rzhanogo khleba [Technology and biochemistry of rye bread]. Moscow: Pishchepromizdat. 199 p. [In Russian].

9. Pashova N., Voloshchuk H. Patent. № 120604 Ukraine (2006.01) A21D 2/36 A21D 8/02. Khlib zhytnii zavarnyi zbahachenyi [Custard rye bread is enriched]. Applicant National University of Food Technology. № u 201705064; stated. 25.05.2017; bjul. 10.11.2017, 5 p. [in Ukrainian].

10. Dotsenko V. (1994). Naukove obhruntuvannia i rozrobka tekhnolohii khliba z vykorystanniam novoi vuhlevodovmisnoi syrovyny ta tsukrozaminnykiv [Scientific substantiation and development of bread technology with the use of new carbohydrate-based raw materials and sugar substitutes]: abstract of the dissertation for scientific achievement of PhD in technical science : 05.18.01. Kyiv, 49 p. [in Ukrainian].

11. Makarenko Y., Pashova N., Hrehirchak N., Voloshchuk H. (2017) Mikroflora zhytnoho tista z topinamburom ta shrotamy [Rye dough microflora with Jerusalem artichoke and meals]. Suchasni dosiahnennia farmatsevychnoi tekhnolohii i biotekhnolohii : zbirnyk naukovykh prats. [Modern achievement of pharmaceutical technology and biotechnology: a collection of scientific papers]. № 3 Kharkiv: NFaU, P. 177–180. [in Ukrainian].

12. Pishchevaya tsennost', khimicheskiiy sostav i kaloriynost' [Nutritional value, chemical composition and calorie content]. URL: <http://intelmeal.ru/nutrition/foodinfo-wheat-sprouted.php>. [In Russian].

13. Drobot V., Mykhonik L., Semenova A., Falendysh N. (2018). Boroshno starodavnikh pshenyts, produkty pererobky krupianykh kultur ta shroty u tekhnolohii khliba: monohrafiia [Flour of ancient wheat, cereal grains processing and bread crumbs]. Kyiv: ProfKnyha, 188 p. [in Ukrainian].

14. Drobot V., Yurchak V., Bilyk O., Bondarenko Yu. etc. (Drobot V. Ed.) (2015) Tekhnokhimichniy kontrol syrovyny ta khlibobulochnykh ta makaronnykh vyrobiv: navchalnyi posibnyk [Technochemical control of raw materials and bakery and pasta products]. Kyiv: Kondor-Vydavnytstvo, 972 p. [in Ukrainian].

15. DSTU ISO 10504:1998. Produkty hidrolizu krokhmaliiu. Vyznachennia skladu hliukoznykh syropiv, fruktoznykh i hidrohenizovanykh hliukoznykh syropiv metodom ridynnykh khromatohrafii vysokorozdilnoi zdatnosti [Products of starch hydrolysis. Determination of glucose syrups, fructose and hydrogenated glucose syrups by high-performance liquid chromatography]. State Standard of Ukraine. Kyiv, 2004. 6 p. [in Ukrainian].