ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕТРАВЛЮВАНОСТІ ВУГЛЕВОДІВ БЕЗБІЛКОВОГО ХЛІБА В УМОВАХ *IN VITRO*

О.С. Цуканова, З.І. Кучерук

Досліджено перетравлюваність вуглеводів (крохмалю) безбілкового хліба в умовах in vitro. Встановлено, що вуглеводи безбілкового хліба перетравлюються повільніше, ніж вуглеводи хліба з пшеничного борошна, що є позитивним у безбілковій дієті, оскільки знижується вуглеводне навантаження на організм. Цей ефект досягається за рахунок використання кукурудзяного крохмалю, який більш стійкий до дії ферментів і гірше перетравлюється під дією травних соків людини.

Ключові слова: *безбілковий хліб, вуглеводи, перетравлюваність, in vitro.*

© Цуканова О.С., Кучерук З.І., 2014

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕВАРИВАЕМОСТИ УГЛЕВОДОВ БЕЗБЕЛКОВОГО ХЛЕБА В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

Е.С. Цуканова, З.И. Кучерук

Исследована перевариваемость углеводов (крахмала) безбелкового хлеба в условиях in vitro. Установлено, что углеводы безбелкового хлеба перевариваются медленнее, чем углеводы хлеба из пшеничной муки, что является положительным в безбелковой диете, поскольку снижается углеводная нагрузка на организм. Этот эффект достигается за счет использования кукурузного крахмала, который более устойчив к действию ферментов и хуже переваривается под действием пищеварительных соков человека.

Ключевые слова: *безбелковый хлеб, углеводы, перевариваемость, in vitro.*

IN VITRO RESEARCHING THE DIGESTIBILITY OF CARBOHYDRATES OF NON-PROTEIN BREAD

Ye. Tsukanova, Z. Kucheruk

Consumer properties of product except the organoleptic and physico-chemical quality indexes, defined by its nutritional value and physiological effect on the human body. Carbohydrates are main components of the new non-protein bread. And it was interesting to investigate their digestibility. The research were conducted in the conditions of in vitro. This method approximately reproduce the conditions of carbohydrate digestion in humans. For research was used the preparation "Pancreatin" with enzymatic activity of lipase 8000 MO FIP, amylase 5600 MO FIP, protease 370 MO FIP.

Different types of starches are different by degree of digestibility and therefore it realizes any carbohydrate load on the human body. Researches of digestibility the carbohydrates of non-protein bread, which was made on the base of corn starch, was conducted in comparison with the digestibility the carbohydrates of bread, which was made on the base of wheat flour. It was founded that carbohydrates of non-protein bread are digested more slowly than carbohydrates of bread on the base of wheat flour. The amount of reducing sugars, which was accumulated as a result of non-protein bread hydrolysis are almost two times less than the amount of reducing sugars, which was accumulated as a result of wheat bread hydrolysis. This is positive factor in non-protein diet because the carbohydrate load on the body was reduced. And for the producing of non-protein bread it`s expedient to use exactly corn starch but not wheat starch.

Keywords: *non-protein bread, carbohydrates, digestibility, in vitro.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сьогодні в Україні гостро стоїть питання відсутності асортименту вітчизняних спеціальних продуктів для безбілкової дієтотерапії хворих із порушеннями білкового обміну. Кожен день кількість виявлених

хворих збільшується одночасно зі збільшенням кількості нових виявлених форм даної групи захворювань. На цей час відомі такі хвороби, як фенілкетонурія, гомоцистинурія, цистинурія, гіпервалінемія, гіперлізинемія, тирозинемія та ін. Серед них частіше за все діагностується фенілкетонурія. Найбільш ефективним методом лікування захворювань даної групи є дієтотерапія з вилученням усіх високобілоквмісних продуктів, у тому числі на основі зернових. Адже недотримання дієти призводить до інвалідності, а іноді навіть має летальний наслідок. Родини, в яких є хворі з порушеннями білкового обміну, для забезпечення потреб у спеціальному харчуванні в умовах відчутного дефіциту безбілкових вітчизняних виробів закуповують закордонні продукти, які мають досить високу ціну як на українського споживача.

У зв'язку з цим актуальним є створення вітчизняних доступних за ціною хлібобулочних безбілкових виробів, а також оцінка їх споживчих властивостей.

Визначено, що проблема створення нових безбілкових виробів у технологічному плані зводиться до пошуку оптимального співвідношення структуроутворюючих компонентів у системі безбілкового тіста, а в науковому аспекті проблема полягає в дослідженні синергізму/антагонізму високомолекулярних сполук рецептурних складових [1]. За умови різкого зниження білка в системі можливим є використання полісахаридів різного походження. Комбінуючи різну полісахаридовмісну сировину, а саме – суміші різних крохмалів, борошна і загусників та гелеутворювачів полісахаридної природи, досягають потрібної структури безбілкового тіста і готового хліба.

Нами розроблено технологію безбілкового хліба на основі структуроутворюючої системи з крохмалю із зернової сировини (кукурудзяний), який виробляється в Україні в промислових масштабах; незначної кількості борошна житнього, яке сприяє не лише формуванню характерного смаку та аромату хліба, але й бере участь у формуванні структури і допускається в безбілковій дієті; та такого ефективного загущувача, як полісахарид мікробного походження – ксантанова камедь [2].

На розроблений виріб затверджено у встановленому порядку рецептуру РЦУ 00389676.4979: 2010 і технологічну інструкцію ТІ У 00389676.4979: 2010 на його виробництво на засіданні Центральної галузевої дегустаційної комісії з оцінки якості хлібобулочних, макаронних та борошняних кондитерських виробів, яке проводилося

на базі Центральної виробничо-технологічної лабораторії Укрхлібпрому.

Отриманий безбілковий хліб характеризується високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості, масова частка білкових речовин у хлібі становить 1,63% в перерахунку на СР, що не перевищує встановлені нормативною документацією обмеження (2,2% в перерахунку на СР). Інші поживні речовини містяться в такій кількості: вуглеводи – 46,7%, жири – 2,5%, зола – 0,97%. Вологість хліба складає 49%.

Відомо, що споживчі властивості продукту, крім органолептичних і фізико-хімічних показників якості, визначаються також його харчовою цінністю та фізіологічною дією на організм людини. Оскільки основним компонентом безбілкового хліба є вуглеводи, є заінтересованість, щоб дослідити їх перетравлюваність. У хіміко-технологічних дослідженнях перетравлюваність визначають в умовах in vitro.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературі нами не виявлено відомостей про ступінь перетравлюваності вуглеводів безбілкового хліба.

Відомо, що в організмі людини розщеплення крохмалю починається в ротовій порожнині та продовжується в дванадцятипалій кишці. Каталізатором виступає фермент α-амілаза слини (птіалін). Під час розщеплення крохмалю утворюються декстрини, та в невеликій кількості – мальтоза. В дванадцятипалій кишці відбувається найбільш інтенсивне перетравлювання крохмалю до мальтози за участю α-амілази соку підшлункової залози (панкреатину). Утворена мальтоза гідролізується за участю ферменту мальтази з утворенням двох молекул глюкози, які всмоктуються організмом у тонкому кишківнику людини [3].

Подібні умови гідролізу in vitro були відтворені у методиці, використаній О.В. Борисенко [4] для вивчення перетравлюваності вуглеводів хліба, збагаченого харчовими волокнами. Методика наближено відтворює умови функціонування певних органів у організмі людини та дає можливість визначити динаміку накопичення цукрів у разі дії на продукт амілолітичних ферментів. Нами не виявлено в літературі інших методик для вивчення перетравлюваності вуглеводів хліба.

Згідно з цією методикою для проведення дослідження з м'якушки випеченого хліба готували 20%-ву бовтанку в розчині соляної кислоти (pH=1,2...1,5), вносили одну таблетку препарату „Панкреатин". За даними фірми виробника таблетка містить

панкреатину з ферментативною активністю ліпази 8000 МО F.I.P., амілази 5600 МО F.I.P., протеази 370 МО F.I.P. Після чого проводили інкубацію суміші при 37° С протягом 1,5 год, періодично її перемішуючи. Потім суміш нейтралізували, доводили значення pH до значення 8,2 одиниці та продовжували гідроліз у тих же умовах ще 1,5 год. Відбір проб для визначення вмісту редукуючих цукрів проводили через кожні 45×60 с. З реакційної ємності відбирали піпеткою по 2 $см^3$ досліджуваного субстрату і додавали 3 $см^3$ 15%-го розчину $ZnSO_4$ і 3 $см^3$ 4%-го розчину NaOH для інактивації ферментів. Суміш витримували при кімнатній температурі протягом 30×60 с. Для відокремлення осаду суміш центрифугували протягом 10×60 с при 5000×60^{-1} с. Кількість продуктів гідролізу в центрифугаті визначали йодометричним напівмікрометодом.

Для одержання безбілкового хліба використовують різні види крохмалів, такі як пшеничний, картопляний, кукурудзяний (маїсовий), рисовий крохмаль та ін. Вони дещо відрізняються ступенем перетравлюваності у шлунково-кишковому тракті людини й тому здійснюють різне вуглеводне навантаження на організм людини. Для розробленого нами хліба використовується кукурудзяний крохмаль. У європейських країнах найбільш популярним є пшеничний крохмаль. Дослідження перетравлюваності вуглеводів безбілкового хліба на основі різних видів крохмалю дало б змогу порівняти вуглеводне навантаження на організм людини. Оскільки європейські рецептури безбілкового хліба на пшеничному крохмалі є know-how і виготовлення за ними зразків є неможливим, то як об'єкт порівняння може бути використаний хліб на пшеничному борошні, який виготовлений за рецептурою та методикою пробного лабораторного випікання. У пшеничному борошні вищого ґатунку, як відомо, міститься 74,2% вуглеводів, з них: 67,7% – крохмалю, 1,8% моно- та дисахаридів, 0,1 – клітковини [5].

Мета статті. Метою досліджень є визначення перетравлюваності вуглеводів безбілкового хліба в умовах in vitro за кількістю накопичених редукуючих цукрів (у перерахунку на глюкозу) протягом 180×60 с гідролізу порівняно з перетравлюваністю вуглеводів хліба з пшеничного борошна.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідні зразки безбілкового хліба готували на основі суміші сухих компонентів із крохмалю кукурудзяного, борошна житнього обдирного, кухонної солі, цукру білого кристалічного та ксантану. Приготовлену суміш додавали в діжу та замішували тісто з попередньо підготовленою дріжджовою суспензією. В кінці замісу вносили соняшникову олію та

шміс продовжували до отримання однорідної маси; потім тісто підлавали бродінню, вистоюванню та випіканню.

Зовнішній вигляд одержаного безбілкового хліба наведений на рис. 1.

Рис. 1. Зовнішній вигляд хліба дієтичного безбілкового

З рис. 1 видно, що хліб має правильну форму, гладку скоринку без підривів і великих тріщин, за зовнішнім виглядом він повністю схожий на хліб із пшеничного борошна.

Крім того, нами було зроблено фотографії м'якушки випеченого безбілкового хліба методом мікроскопіювання під час збільшення в 10 разів (рис. 2).

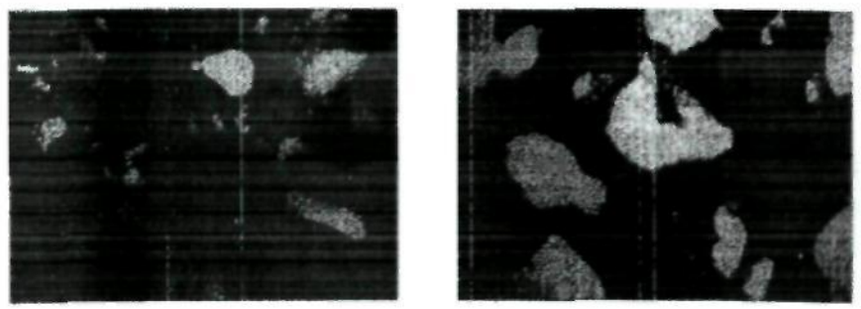

Рис. 2. Фотографії мікроструктури м'якушки безбілкового хліба під час збільшення в 10 разів

З рис. 2 видно, що хліб має розвинену пористу структуру, пористість рівномірна середня. Пори рівномірно розподілені в об'ємі м'якушки безбілкового хліба. М'якушка являє собою мережу плівок, утворених за рахунок взаємодії біополімерів хліба (структурних складових крохмалю, борошна житнього та ксантану). Структура

м'якушки безбілкового хліба є схожою до структури хліба з пшеничного борошна.

Результати досліджень перетравлюваності вуглеводів безбілкового хліба у порівнянні з перетравлюваністю вуглеводів хліба з пшеничного борошна наведені на рис. 3.

Рис. 3. Перетравлюваність in vitro вуглеводів хліба:
1 – традиційного з пшеничного борошна (контроль); 2 – безбілкового хліба

Із рис. 3 видно, у перші 90×60 с гідролізу при pH=1,2 кількість редукуючих цукрів, що накопичились у результатів розщеплення вуглеводів безбілкового хліба, складає 3,3% в перерахунку на СР проти 7,5% для хліба з пшеничного борошна. Видно також, що найбільша кількість редукуючих цукрів утворюється для обох зразків хліба за умов гідролізу при pH=8,2.

Через 180×60 с гідролізу кількість накопичених редукуючих цукрів під час перетравлення хліба з пшеничного борошна збільшилась в 10,5 разу, а безбілкового хліба – збільшилась у 4,2 разу порівняно із початковим значенням. Після 180×60 с гідролізу кількість редукуючих цукрів, що накопичились в результаті гідролізу безбілкового хліба, є майже в 2 рази меншою порівняно із кількістю редукуючих цукрів, що накопичились у результаті гідролізу хліба на пшеничному борошні.

У цілому можна сказати, що вуглеводи безбілкового хліба перетравлюються повільніше, ніж вуглеводи хліба на пшеничному борошні. Такий ефект, на наш погляд, має місце за рахунок використання кукурудзяного крохмалю, який, як відомо, більш стійкий до дії ферментів і гірше перетравлюється під дією травних соків людини. Це є позитивним у безбілковій дієті, оскільки знижується вуглеводне навантаження на організм. Тому за цим показником

кукурудзяний крохмаль є більш перспективним для виробництва дієтичного безбілкового хліба, ніж пшеничний крохмаль.

Висновки. Таким чином, на підставі проведених досліджень можна сказати, що вуглеводи безбілкового хліба перетравлюються повільніше, ніж вуглеводи хліба з пшеничного борошна і кількість редукуючих цукрів, що накопичились у результаті гідролізу безбілкового хліба, є майже в 2 рази меншою порівняно із кількістю редукуючих цукрів, що накопичились в результаті гідролізу хліба з пшеничного борошна.

Список джерел інформації / References

1. Барсукова Н. В. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Н. В. Барсукова, Д. А. Решетников, В. Н. Красильников // Электронный научный журнал СПбГУНиПТ. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – № 1.

Barsukova, N.V., Reshetnikov, D.A., Krasilnikov, V.N. (2011) *Food engineering: technologies of gluten-free baked goods, [Pishchevaya inzheneriya: tekhnologii bezglyutenovykh muchnykh izdeliy]*, SPb: Process and machines of food productions, № 1.

2. Пат. 48212 Україна, МПК A21D 8/02. Спосіб виробництва хліба зі зниженим вмістом білка / Лисюк Г. М., Кучерук З. І., Луньова О. С. ; заявник і патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі (UA). – № u200909535 ; заявл. 17.09.09 ; опубл. 10.03.10, Бюл. № 5. – 3 с.

Lysiuk, G.M., Kucheruk, Z.I., Lunova, Ye.S. (2010), *Method of production low-protein bread [Sposib vyrobnytstva khliba zi znyzhenym vmistom bilka]* Kharkov: Kharkiv State University of Food Technology and Trade.

3. Основи фізіології харчування : підручник / Н. В. Дуденко [та ін.]. – Х. Торнадо, 2003. – 407 с.

Dudenko, N.V., Pavlockaja, L.F., Artemenko, V.S., (2003), *Basics of Nutrition Physiology [Osnovy fiziologii kharchuvannia]*, Tornado, Kharkov: pp. 407.

4. Борисенко О. В. Удосконалення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами : дис. … канд. техн. наук : 05.18.01 ; захищена 11.06.08; затверджена 27.12.08 / Борисенко Олена Вікторівна. – К., 2008. – 152 с.

Borisenko, O.V. (2008), *Improving the technology of bakery products enriched with dietary fiber [Udoskonalennia tekhnologii khlibobulochnykh vyrobiv, zbagachenykh kharchovymy volokname]* Ukraine, Kiev, pp. 152.

5. Покровский А. А. Химический состав пищевых продуктов / А. А. Покровский. – М. : Пищ. пром-сть, 1977. – 228 с.

Pokrovskiy, A. A. (1977), *Chemical composition of food products [Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov]*, Food industry, Moskow, pp. 228.

Кучерук Зіновія Іванівна, канд. техніч. наук, доц., кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул.

Клочківська, б. 274, кв. 101, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 338-86-35, (096)-251-61-51; e-mail: thkmvhk@mail.ru.

Кучерук Зинovия Ивановна, канд. техн. наук, доц., кафедра технологии хлеба, кондитерских, макаронных изделий и пищеконцентратов, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, д. 274, кв.101, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 338-86-35, (096)-251-61-51; e-mail: thkmvhk@mail.ru.

Kucheruk Zinoviya, PhD. Sc. Associate Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovskaja str., h.274, 101, Kharkov, Ukraine, 61051; e-mail: thkmvhk@mail.ru.

Цуканова Олена Сергіївна, канд. техн. наук, кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Рабкорівська, б. 24, кв. 32, м. Харків, Україна, 61064. Тел.: 777-58-22, (096)-924-57-85; e-mail: lunyovkina@mail.ru.

Цуканова Елена Сергеевна, канд. техн. наук, кафедра технологии хлеба, кондитерских, макаронных изделий и пищеконцентратов, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Рабкоровская, д. 24, кв. 32, г. Харьков, Украина, 61064. Тел.: 777-58-22, (096)-924-57-85; e-mail: lunyovkina@mail.ru.

Tsukanova Yelena, PhD., Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Rabkorovskaja str., h.24, flat 32, Kharkov, Ukraine, 61064. Tel.: (096)-924-57-85; e-mail: lunyovkina@mail.ru.

Рекомендовано до публікації д-ром м. наук, проф. Н.В. Дуденко, д-ром техн. наук, проф. Г.М. Лисюк.
Отримано 15.03.2014. ХДУХТ, Харків.

УДК 664.691:664.849

ВПЛИВ ОВОЧЕВИХ КРІОПАСТ НА ЧАС СПІН-СПІНОВОЇ РЕЛАКСАЦІЇ В МАКАРОННОМУ ТІСТІ

Д.О. Набоков, Н.В. Гревцева, О.Г. Дьяков, О.В. Моргун

Досліджено вплив морквяної та гарбузової кріопаст, у тому числі в суміші зі спиртовими екстрактами календули та кори дуба – стабілізаторами β-каротину – на рухомість води в макаронному тісті. Установлено, що збільшення концентрації добавок сприяє зниженню рухливості води в тісті. Додавання спиртових екстрактів суттєво не впливає на показник спін-спінової релаксації порівняно зі зразками з додаванням лише овочевих кріопаст.

Ключові слова: *кріопаста, екстракти, тісто, β-каротин, вода, рухомість.*

© Набоков Д.О., Гревцева Н.В., Дьяков О.Г., Моргун О.В., 2014

ВЛИЯНИЕ ОВОЩНЫХ КРИОПАСТ НА ВРЕМЯ СПИН-СПИНОВОЙ РЕЛАКСАЦИИ В МАКАРОННОМ

Д.А. Набоков, Н.В. Гревцева, А.Г. Дьяков, Е.В. Мор

Исследовано влияние морковной и тыквенной криопаст, в т сочетании со спиртовыми экстрактами календулы и кор стабилизаторами β-каротина – на подвижность воды в макарон Установлено, что увеличение концентрации добавок способствует подвижности воды в тесте. Внесение спиртовых экстрактов суще влияют на показатель спин-спиновой релаксации по сравнению с об добавлением овощных криопаст.

Ключевые слова: *криопаста, экстракты, тесто, β-каро подвижность.*

INFLUENCE OF VEGETABLE CRYOPASTES ON THE TI SPIN-SPIN RELAXATION IN PASTA DOUGH

D. Nabokov, N. Grevtseva, A. Dyakov, O. Morgun

The worsening of ecological situation in the world causes an i popularity of food products of preventive action. We developed the tec pasta with the use of cryopastes made of carrot and pumpkin which content of free β-carotene. The alcohol extracts of calendula and oak used for stabilisation of β-carotene. We researched the effect of th additives on the mobility of water in the dough because it contain large hydrophilic fiber. The research was conducted by the method of the spin of nuclear magnetic resonance (NMR). As the objects of research the s pasta dough with the addition of carrot cryopaste and pumpkin cryopas extracts and with extracts of calendula and oak bark. Were used free o pasta dough as a control. The results of the research presented that a from 0% to 15% of cryopaste concentration to the weight of flour decrease of the mobility of water in the dough. It is worth mentioning t cryopaste has the stronger effect than pumpkin cryopaste. The addition extracts does not significantly affect the mobility of water.

Keywords: *cryopaste, extracts, dough, β-carotene, water, mobilit*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Досл належить до технічних наук. Погіршення екологічної ситуації у світі зумовило суттєве збільшення популярності продуктів хар профілактичної дії. Важливо охопити профілактикою вітам мінеральної недостатності широкі верстви населення, тому і орієнтація на продукти повсякденного й масового попиту, належать макаронні вироби. Для їх збагачення актуал застосування добавок із рослинної сировини (у вигляді порошк концентратів, екстрактів, олій), що містять у своєму складі