

**THE INFLUENCE OF THE STITCHED STARCH,  
INULIN AND PROTEIN ISOLATES  
ON THE PROCESS OF THERMAL PROCESSING  
OF PROTRACTED COOKIES FOR SPECIAL PURPOSE**

**A. Dorohovych, M. Petrenko**  
*National University of Food Technologies*

---

<b>Key words:</b> <i>Protracted cookies</i> <i>Heat treatment</i> <i>Crosslinked starch</i> <i>Protein isolate</i> <i>Inulin</i>	<b>ABSTRACT</b> The paper describes the results of theoretical and experimental studies of changing the heat treatment regimes for protracted cookies when incorporating crosslinked starch, protein isolates and inulin. Attention is given to the effect of crosslinked starch, inulin and protein isolates on the change of the ratio of moisture forms in the dough for protracted cookies. The significant influence of new raw materials on the growth of the amount of bound moisture in the dough and its relationship to the duration of heat treatment is proved. It is established that the application of crosslinked starch, inulin and protein isolates extends the duration of heat treatment of protracted cookies by 8—12%. The optimal heat treatment regimes for special-purpose protracted cookies with new raw materials have been determined, which ensure proper organoleptic parameters and high quality of the finished products.
<b>Article history:</b> Received 12.11.2017 Received in revised form 27.11.2017 Accepted 20.12.2017	
<b>Corresponding author:</b> A. Dorohovych <b>E-mail:</b> nphuht@ukr.net	

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-6-24

---

**ВПЛИВ ЗШИТОГО КРОХМАЛЮ,  
ІНУЛІНУ ТА БІЛКОВИХ ІЗОЛЯТІВ  
НА ПРОЦЕС ТЕРМООБРОБЛЕННЯ ЗАТЯЖНОГО  
ПЕЧИВА СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**А.М. Дорохович, М.М. Петренко**  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті описано результати теоретичних і експериментальних досліджень зміни режимів термооброблення затяжного печива при внесенні до його складу зшитого крохмалю, білкових ізолятів та інуліну. Увага приділена впливу зшитого крохмалю, інуліну та білкових ізолятів на зміну співвідношення форм вологи в тіста для затяжного печива. Доведено суттєвий вплив нової сировини на зростання кількості зв'язаної вологи в тісті та її зв'язок з тривалістю термооброблення. Встановлено, що внесення зшитого крохмалю, інуліну та білкових ізолятів подовжує тривалість термообробки затяжного печива на 8—12%. Визначено оптимальні режими термооброблення затяж-*

ного печива спеціального призначення з новою сировиною, які забезпечують належні органолептичні показники та високу якість готової продукції.

**Ключові слова:** зтяжне печиво, термооброблення, зшитий крохмаль, білковий ізолят, інулін.

**Постановка проблеми.** В сучасних умовах важливим напрямком розвитку кондитерської галузі є створення нових виробів функціонального та дієтично-функціонального призначення, які можуть забезпечувати необхідну кількість біологічно активних речовин у добовому раціоні людей з різними потребами. Продукти вказаної спрямованості, як правило, містять значну кількість макро- та мікронутрієнтів (білків, жирних кислот, антиоксидантів, вітамінів, амінокислот, мінеральних речовин, харчових волокон), мають знижену або поліпшену калорійність, а в окремих випадках — низький вміст жиру і відсутність цукру в рецептурному складі. Збільшення частки даних продуктів у повсякденному раціоні поліпшує перебіг базових фізіологічних процесів в організмі людини, зміцнює імунітет і загальний стан організму людини, допомагає в профілактиці хронічних захворювань [1].

Найбільш доступним і економічно вигідним шляхом створення продуктів функціонального та дієтично-функціонального призначення є збагачення існуючих продуктів біологічно активними речовинами за рахунок використання нетрадиційних видів сировини [2]. Борошняні кондитерські вироби є прийнятним об'єктом для збагачення, оскільки займають значну нішу на ринку України, користуються попитом серед населення і переважно мають достатньо гнучкий технологічний процес, що дає змогу вносити до їх складу нові сировинні компоненти без суттєвого погіршення органолептичних показників готових виробів. Зтяжне печиво має найбільш збалансований хімічний склад за вмістом білків, жирів і вуглеводів, порівняно з рештою борошняних кондитерських виробів, а широкий асортимент рецептур, зокрема з цукром і без нього, дає змогу створювати вироби для всіх груп населення.

При розробленні нових рецептурних композицій слід враховувати, що нетрадиційна сировина може суттєво змінювати технологічні режими процесів приготування зтяжного печива, серед яких одним з основних є процес термооброблення, що остаточно формує якість зтяжного печива як готового продукту. Під час термооброблення проходять складні тепломасообмінні, фізико-хімічні, колоїдні, біохімічні, структурно-механічні процеси, які впливають на органолептичні (смак, аромат, колір, стан поверхні) показники. З фізичної точки зору процес термооброблення являє собою гігротермічний процес, для якого характерне перенесення тепла і вологи під впливом температурного градієнта, градієнта вологовмісту, градієнта тепловологопродності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковими дослідженнями, що стосуються питання термообробки борошняних кондитерських виробів, включаючи зтяжне печиво, займалися такі відомі вчені, як А.С. Гінзбург, А.А. Міхелев, В.В. Данілевська, М.М. Істоміна, А.М. Дорохович. У 1983 р. В.В. Данілевською опубліковані дослідження, присвячені хімічним змінам

складу цукрового, зтяжного печива, бісквітів і галет у процесі термооброблення [3]. Теоретичні основи процесу термооброблення борошняних кондитерських виробів були опубліковані в працях М.М. Істоміної та А.М. Дорохович [4; 5]. Зокрема в [5] були обґрунтовані раціональні режими термооброблення зтяжного печива звичайного та спеціального призначення, з наведенням даних щодо росту тістових заготовок та кінетики процесу його випікання-сушіння.

Для поліпшення хімічного складу печива до складу двох його рецептур (з цукром та без цукру) було внесено, відповідно, зшитий крохмаль та ізолят молочного білка, інулін та ізолят соєвого білка, важливо також визначити можливу зміну перебігу процесу термооброблення тістових заготовок, отриманих за даними рецептурами.

Слід зазначити, що зшитий крохмаль та інулін були внесені до рецептури зтяжного печива для збільшення кількості харчових волокон у його складі, а молочний та соєвий ізоляти служать джерелами повноцінного білка з достатньо збалансованим вмістом усіх незамінних амінокислот. Використання даних видів функціональних компонентів дає змогу покращити хімічний склад зтяжного печива зі збереженням можливості його виготовлення на існуючому обладнанні [6].

**Мета статті:** дослідити вплив зшитого крохмалю, інуліну та ізолятів молочного і соєвого білка на стан вологи в тістових заготовках зтяжного печива та на процес його термооброблення.

**Матеріали і методи.** Об'єктом досліджень було зтяжне печиво, а також тісто і сировина для його приготування. Як основну сировину використовували пшеничне борошно вищого ґатунку, зшитий модифікований крохмаль марки «Hi-Maize», високомолекулярний інулін, ізоляти молочного та соєвого білка, а також інші компоненти згідно з рецептурою на зтяжне печиво. Форми зв'язку вологи в досліджуваних зразках тіста визначали методом термогравіметричного аналізу на приладі «Дериватограф Q-1500D» за зміною швидкості видалення вологи і величин теплових ефектів, що дало змогу проаналізувати характер процесів, які відбувались при прогріванні досліджуваних зразків [7]. Зміну температури зразка у процесі термооброблення визначали за допомогою хромель-капельних термопар. Для реєстрації змін температури використовували шеститочковий потенціометр КСП-4. Для вимірювання температури різних шарів тістових заготовок, термопари розташовували на різній висоті від низу заготовки. При побудові кривих кінетики прогріву використовували декартову систему координат [5; 8].

**Результати і обговорення.** Під час досліджень використовувалась нетрадиційна для кондитерської галузі сировина, а саме: інулін, зшитий модифікований крохмаль, ізолят соєвого і молочного білка. Зшитий модифікований крохмаль є стійким крохмалем і виконує роль харчових волокон — зменшує рівень холестерину в крові, покращує функцію кишечника, зменшує ризики появи в ньому злویкісних пухлин [9]. Ізолят молочного білка служить джерелом тваринного білка з високим вмістом незамінних амінокислот [10]. Готовий ізолят казеїну являє собою білий амфотерний порошок без ясно вираженого смаку і запаху, що дає змогу вносити його до рецептури печива без зміни органолептичних властивостей та робить його дешевим і зручним білковим

збагачувачем для функціональних продуктів. Інулін з високим ступенем полімеризації стійкий до дії ферментів тонкого кишечника людини, тому доцільним є використання інуліну як джерела харчових волокон [9]. Ізолят соєвого білка містить у своєму складі повний спектр амінокислот, у тому числі всі незамінні [11], що надає можливість використовувати його як джерело повноцінного білка для збагачення борошняних кондитерських виробів.

Оскільки вміст вільної та зв'язаної води в тісті безпосередньо впливає на перебіг процесу термооброблення тістових заготовок і зберігання печива, визначення форм зв'язку води має суттєве значення. Дослідження проводили з допомогою приладу дериватограф Q-1500D в діапазоні температур 293—473 К (20—200° С). Результати аналізу дериватограм представлені в табл. 1.

*Таблиця 1. Результати аналізу дериваторам за кількістю вільної і зв'язаної води та обрахунку енергії активації*

Назва зразка	Загальна кількість води у тісті, %	Вільна вода, % до загальної кількості	Зв'язана вода, % до загальної кількості	Енергія активації, Дж/моль
Контрольний зразок з цукром	27,0	59,0	41,0	5,22
Зразок з пюре гарбуза	27,0	43,0	57,0	9,32
Зразок з пюре гарбуза і шротом насіння гарбуза	27,0	44,5	55,5	9,12
Контрольний зразок без цукру	27,0	59,6	40,4	5,32
Зразок з інуліном	27,0	55,3	44,7	6,76
Зразок з інуліном та ізолятом соєвого білка	27,0	49,9	50,1	8,93

Внесення до рецептур тіста зшитого модифікованого крохмалю та ізоляту молочного білка підвищує кількість зв'язаної води. Тісто з додаванням зшитого крохмалю та ізоляту молочного білка містить 55% зв'язаної води, що перевищує значення контрольного зразка на 14,5%. Слід відмітити, що кількість зв'язаної води в зразку тіста зі зшитим крохмалем вища, ніж у тісті з одночасним внесенням зшитого крохмалю та ізоляту молочного білка. Таку відмінність можна пояснити тим, що одночасно з внесенням цих компонентів до рецептури відбувається перерахунок сухих речовин тіста і вилучення частини борошна, що відповідним чином змінює загальну кількість зв'язаної води в тістовому зразку. Зменшення кількості вільної води, за рахунок її зв'язування харчовими волокнами та білковими компонентами, відповідним чином впливає на енергію активації — вона зростає на 70% порівняно з контрольним зразком. Проведені дослідження дають змогу зробити прогноз — процес випікання-сушіння печива, до складу якого входить зшитий крохмаль та ізолят молочного білка буде тривалішим, ніж у класичного затяжного печива.

Внесення інуліну та ізоляту яєчного білка має виражений вплив на зміну форм зв'язку вологи в тісті. Інουλін підвищує вміст зв'язаної вологи на 4,3%, а ізолят соєвого білка — 5,4%. Вміст зв'язаної вологи в зразку, що містить обидва компоненти, вищий за контрольний на 9,7%. Зростання кількості зв'язаної вологи в перерахованих зразках пов'язане з внесенням у рецептуру тіста значної кількості харчових волокон і білкових компонентів, які активно зв'язують й утримують воду. Енергія активації зростає на 65%, що також свідчить про значне зростання кількості міцних форм зв'язку в системі.

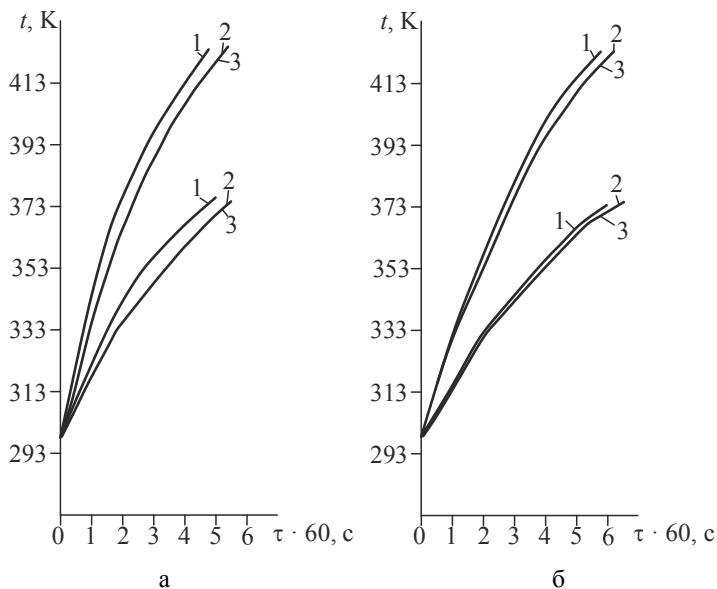
Термооброблення зтяжного печива — це комбінований процес випікання-сушіння, який має свої особливості. Термооброблення зтяжного печива, як правило, відбувається в тунельних печах з трьома зонами обігріву. В першій зоні процес термооброблення проходить при підвищеній вологості повітря — 60—70% і низькій температурі середовища пекарної камери — 463—473 К (150—160° С). Висока відносна вологість середовища пекарної камери досягається шляхом зволоження. Невелика температура середовища пекарної камери і високі значення вологості затримують утворення скоринки на поверхні заготовки і це сприяє утворенню пористої структури виробу. Далі температура пекарної камери поступово збільшується і в другому періоді випікання становить 533—573 К (260—300° С).

У другому періоді відбуваються складні колоїдні і фізичні процеси, які пов'язані з денатурацією і коагуляцією білків кристалізацією крохмалю та розкладанням хімічних розпушувачів. Важливим процесом, що сприяє утворенню належної структури печива, є збільшення тістової заготовки в об'ємі протягом випікання під дією газів, що утворюються під час розкладу хімічних розпушувачів і водяних парів. У третьому періоді — періоді сушіння — термооброблення проходить при температурі 200—220° С (473—493 К). У процесі сушіння відбувається остаточна фіксація структури виробів та утворення скоринки відповідного кольору, що при загальному дотриманні умов термооброблення дає змогу отримати вироби належної якості [5].

Зміна кінетики прогріву тістових заготовок зтяжного печива при внесенні до його складу нетрадиційної сировини представлена на рисунку та в табл. 2. Внесення зшитого крохмалю, як і прогнозувалось, уповільнює процес термооброблення зтяжного печива на 11% порівняно з контролем.

*Таблиця 2. Результати аналізу даних кінетики прогріву тістових заготовок*

Назва зразка	Температура центральних шарів тістової заготовки, К (°С)	Тривалість процесу термооброблення, с (хв)
Контрольний зразок з цукром	376 (103)	300 (5,0)
Зразок із зшитим крохмалем	375 (102)	330 (5,5)
Зразок із зшитим крохмалем та ізолятом молочного білка	375 (102)	330 (5,5)
Контрольний зразок без цукру	374 (101)	360 (6,0)
Зразок з інуліном	374 (101)	390 (6,5)
Зразок з інуліном та ізолятом соєвого білка	374 (101)	390 (6,5)



**Рис. Кінетика прогріву центральних шарів  $t_n = t(\tau)$  і поверхневих шарів  $t_n = t(\tau)$  тістових заготовок:**

а) 1 — контрольний зразок; 2 — зразок тіста із зшитим крохмалем; 3 — зразок тіста із зшитим крохмалем та ізолятом молочного білка; б) 1 — контрольний зразок; 2 — зразок тіста інуліном; 3 — зразок тіста з інуліном та ізолятом соєвого білка

Температура центру заготовки при цьому знижується на 1 К (1°C), що зумовлено вилученням із рецептури частини цукру при внесенні зшитого крохмалю. Спостережуваний вплив зшитого крохмалю є закономірним, оскільки більша частина його сухих речовин являє собою харчові волокна в чистому вигляді. Додаткове внесення в рецептуру ізоляту молочного білка не створює видимих змін у процесі термооброблення зтяжного печива, адже при його включенні до рецептури з неї вилучалась частина борошна, що, очевидно, мало компенсуючу дію. Тривалість термооброблення зтяжного печива зі зшитим крохмалем та ізолятом молочного білка становить 5,5 хв, температурні режими при цьому не змінюються. Враховуючи значний вміст зв'язаної вологи й укріплену структуру тіста, підвищення температури термооброблення даного зтяжного печива, з метою скорочення його тривалості нами не рекомендується, оскільки матиме негативний вплив на органолептичні показники, насамперед на стан і забарвлення скоринки.

Внесення до рецептури зтяжного печива високополімеризованого інуліну, як видно з рисунка, підвищує тривалість термооброблення — харчові волокна уповільнюють процес видалення вологи із заготовки. Тривалість термооброблення заготовок з інуліном більша на 30 секунд (8% порівняно з контролем). При одночасній наявності в рецептурі інуліну та ізоляту соєвого білка тривалість термооброблення становить 6,5 хв, температура центру заготовки при цьому не змінюється. Незважаючи на подовження тривалості термообробки даного печива, ми не рекомендуємо підвищувати температуру середовища пекарної камери, оскільки для зтяжного печива без цукру вона і

так перевищує стандартну на 10—15 К (°С) [5], і подальше її зростання матиме негативний вплив на його органолептичні показники.

### Висновки

Проведені дослідження процесу термооброблення нового зтяжного печива показали, що включення до рецептури печива зшитого крохмалю, інуліну, ізолятів молочного та соєвого білка підвищує тривалість процесу випікання-сушіння на 8—12% порівняно з класичними рецептурами, що пояснюється більшим вмістом зв'язаної вологи в тістових заготовках на 9,7—14,5% та укріпленням клейковинного комплексу тіста. Технологічні параметри температури та вологості пекарної камери змінювати немає необхідності, зтяжне печиво за новими рецептурами буде піддаватись термообробленню протягом 5,5—6,5 хв, що дасть змогу отримати належні органолептичні характеристики готових виробів. Внесення нової сировини не значно впливає на технологічні параметри виробництва зтяжного печива, що надає можливість виготовляти його на існуючому обладнанні.

### Література

1. Капрельянц Л.В. Функціональні продукти / Л.В. Капрельянц, К.Г. Юргачова. — Одеса : Друк, 2003. — 312 с.
2. Острик А.С. Использование нетрадиционного сырья в кондитерской промышленности: Справочник / А.С. Острик, А.Н. Дорохович, Н.В. Мироненко. — Киев : Урожай, 1989. — 112 с.
3. Данилевская В.В. Химические изменения сахарного, зтяжного печенья, бисквита и галет в процессе выпечки / В.В. Данилевская // Труды ВКНИИ. — 1983. — № 117. — С. 35—48.
4. Истомина М.М. Исследование процесса выпечки печенья, как основного фактора, определяющего конструкцию печи / М.М. Истомина. — Автореферат дис. к.т.н. — Москва : МТИПП, 1957.
5. Дорохович А.Н. Разработка научных основ технологии различных мучных кондитерских изделий улучшенного качества / А.Н. Дорохович. — Дис. д-ра. техн. наук : 05. 18.01. — Москва, 1988. — 438 с.
6. Соколовский А.С. Технология кондитерского производства. Учебник для пищевых вузов / А.С. Соколовский. — Москва : Пищепромиздат, 1952. — 418 с.
7. Пименова Л.Н. Термография: Методические указания по дисциплине «Физикохимические методы исследования» / Л.Н. Пименова. — Томск : Изд-во Томск. архит.-строит. ун-та, 2005. — 19 с.
8. Гинзбург А.С. Теплофизические основы процесса выпечки / А.С. Гинзбург. — Москва : Пищепромиздат. — 1955. — 475 с.
9. Полумбрик М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини / М.О. Полумбрик. — Київ : Академперіодика, 2011. — 487 с.
10. Махинько В.М. Високобілкові добавки в хлібопеченні / В.М. Махинько, Л.М. Черниш // Хранение и переработка зерна. — 2014. — № 6(183). — С. 57—60.
11. Арсеньєва Л.Ю. Склад і перетравлюваність білкових речовин продуктів перероблення бобових / Л.Ю. Арсеньєва, О.В. Борисенко, Н.П. Бондар та ін. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2004. — № 15. — С. 51—54.