

УДК 664.696.2

Ю.Ю. Куянов, к.т.н., С.Ю. Миколенко, к.т.н.

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОТРИМАННЯ «ЗІРВАНИХ» ЗЕРЕН НВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Проаналізовано роль анатомічної будови зернівки, зміни основних компонентів хімічного складу під впливом НВЧ-випромінювання. Анатомічні особливості перикарпії і ендосперму впливають на можливість формування піноподібної структури зерна шляхом термічної або НВЧ-обробки. Показано, що мікрохвильова обробка змінює властивості крохмалів, чутливість яких до дії НВЧ-випромінювання залежить від наявності амілози. Важливим фактором ефективності процесу виступає вологість зерна, що має знаходитись в оптимальних межах. Застосування солі, жиру перед НВЧ-обробкою дозволяє досягти підвищення виходу і якості кінцевої продукції. Окрему увагу привертають можливості введення штучних центрів концентрації НВЧ-енергії. Обґрунтовано ряд показників ефективності технологічного процесу і показано фактори, які є визначальними для технології.

Ключові слова: зерно, вибух, НВЧ-обробка, перикарпій, ендосперм, концентратори НВЧ-енергії

Вступ. Високою популярністю в Україні і світі серед споживачів все більше користуються продукти, які потребують мінімальної витрати на їх приготування – різноманітні снеки, хрусткі хлібці, зернові батончики. Серед них особливе місце посідають «зірвані» або «повітряні» зерна, з яких найбільш популярним є попкорн, продукт, виготовлений шляхом термічної або НВЧ-обробки лускатої кукурудзи [1]. Відоме отримання «зірваних» зерен не лише з кукурудзи, а й із сорго, пшениці, амаранту, рису, гречки. При цьому у технологічному процесі можуть бути застосовані різні методи: конвективне нагрівання, нагрівання із жиром, із сіллю, мікрохвильова обробка [2].

Використання НВЧ-полів серед усіх методів є найбільш перспективним, оскільки дозволяє не лише суттєво скоротити технологічний процес, зменшити енергетичні витрати, але й уникнути утворення небажаних побічних продуктів, забезпечуючи отримання продукту з високими органолептичними характеристиками. Теоретичні механізми процесу «зривання» зерна сьогодні знаходяться у центрі уваги науковців, що пов'язано із перспективами впровадження ресурсозберігаючих підходів у харчових технологіях.

Мета досліджень. Виявлення механізмів впливу анатомічних частин зернівки, будови її складових, хімічного складу зерна, введення додаткових компонентів для попередньої підготовки сировини на процес отримання «зірваних» зерен і встановлення визначальних факторів впливу НВЧ-обробки на ефективність технологічного процесу.

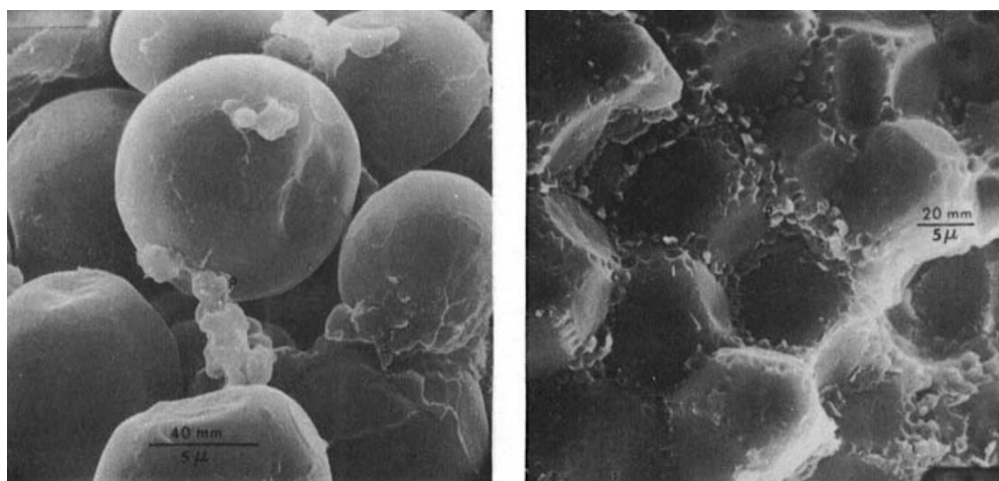
Результати досліджень

Вплив особливостей анатомічної будови зернівки і її складових на технологічний процес. Одним із основних показників ефективності процесу отримання попкорну є кількість зерен, які залишаються незірваними. Однією із причин зростання кількості таких включень виступає втрата вологи, зумовлена властивостями периферійних частин зернівки, особливо перикарпію. Відомо, що перший розрив у плодовій оболонці найбільш суттєво впливає на об'єм «зірваної» зернівки порівняно із будь-якими наступними розривами [3]. Целюлоза і арабіноксилан є основними структурними компонентами плодової оболонки, що підтверджується результатами рентгенологічного аналізу [4]. Tandjung A.S. зі співавторами встановлено, що під час мікрохвильової обробки структурні зміни целюлози були викликані вмістом вологи і температурним фактором, при цьому значне збільшення кристалічності відбувалось за умови нагрівання перикарпію у присутності води. Тому автори припускають, що саме целюлоза як компонент плодової оболонки зерна кукурудзи відповідає за розвиток екзотермічних процесів та підвищення кристалічності внаслідок мікрохвильової обробки. Таким чином, схильність целюлози до утворення кристалічних структур у перикарпію попкорну під час мікрохвильового

нагрівання підвищує утримання вологи і, відповідно, сприяє зростанню якісного показника ефективності отримання «зірваних» зерен кукурудзи.

Отримання «зірваних» зерен можливо із різних видів зернових культур, проте найбільша їх кількість виробляється із кукурудзи [5]. Також до відомих поп-культур відноситься і менш популярне в Україні поп-сорго. Для обох злакових культур у результаті термічної або НВЧ-обробки утворюються збільшені у об'ємі зерна, що складаються із піни – губчастого ендосперму, а також прикріпленої тканини плодової оболонки і зародку. Кожний пухирець піни при цьому утворюється із окремої гранули крохмалю, що розширюється надлишковим внутрішнім тиском пари із середини гранули. За результатами світлової і скануючої електронної мікроскопії виявлено, що клітинні стінки роговидного ендосперму як попкорну, так і сорго роздіблені на дрібні фрагменти, які розділяються за напрямом розширення клітини під час розриву зернівки. Але при цьому клітини непрозорого ендосперму зберігають полігональний контур. Перетравлюваність білків і крохмалю *in vitro* «зірваних» зерен сорго є незмінною порівняно із необробленим. На відміну від цього, традиційне варіння сорго викликає зниження його перетравлюваності. Це пов'язують із руйнуванням клітинних стінок ендосперму під час вибуху з наступним підвищенням доступності поживних речовин ендосперму дії травних ферментів.

Наявність роговидного ендосперму у структурі зернівки впливає на її здатність збільшення у об'ємі під впливом температурного фактору. Роговидний ендосперм відрізняється від борошністого (рис. 1) відсутністю повітряних проміжків між крохмальними гранулами та сильним зв'язком крохмальних гранул і білка, що їх оточує. Форма крохмальних гранул роговидного ендосперму полігональна, тоді як борошністого – кругла [6]. Роговидний ендосперм присутній у анатомічній структурі зерна кукурудзи, рису, сорго, які належать до відомих поп-культур зернових, проте його кількість суттєво коливається у межах їх різновидів і сортів.



А

Б

Рис. 1. Мікрофотографії фрагменту борошністого (А) і роговидного (Б) ендосперму сорго [6]

Ряд дослідників значну увагу приділяє хілуму (рис. 2), який представляє собою мікроскопічну пору у лейкопласті, навколо якої формуються шари запасного крохмалю крохмальної гранули під час формування зернівки рослини. Хілум вважається центром нуклеації та зародження газоподібного ембріону із наступним його зростанням до більших розмірів [1]. Також пухирці повітря можуть знаходитися у пустотах ендосперму, забезпечуючи додаткове джерело зародження більш крупних повітряних пор. Перед початком вибуху перикарпій трохи набухає і невеликі пухирці повітря з'являються у роговидному ендоспермі і потім зливаються у центральну пору розміром близько 1 мм. Це відбувається тоді, коли тиск пари збільшується у проміжках між крохмальними гранулами непрозорого ендосперму, розділяючи їх одна від одної. Тобто гранули борошняного ендосперму не розширюються і зберігають подвійне променезаломлення, у той час як у прозорому роговидному ендоспермі перегріта вода випаровується у хілум (рис. 2), викликаючи розширення крохмалю і утворення тонкої плівки [3]. Розрив перикарпію відбувається за умови перевищення тиску перегрітої пари всередині зернівки над сумарним тиском розриву плодової оболонки і атмосферного тиску. Для попкорну вологістю 11–15 % такий вибух відбувається при внутрішньому тиску ядра 760–930 кПа, коли

температура всередині зернівки сягає 177–185 ° С [1, 3]. Під час розривання перикарпію перегріта вода випаровується і швидко дифундує у ділянки зародкоутворення, чим у свою чергу забезпечується рушійна сила розширення ендосперму.

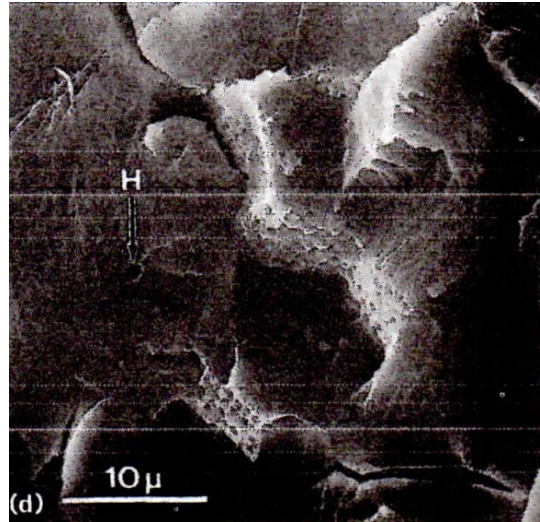


Рис. 2. Мікрофотографія хілуму в центрі зруйнованої крохмальної гранули зернівки попкорну, що залишилась незірваною після обробки [3]

Щодо об'єму «зірваних» зерен Podesimo L.O. зі співавторами [7] встановлено, що він позитивно корелює із співвідношенням роговидного і борошнистого ендосперму, при цьому об'ємний вихід продукту, отриманого у НВЧ-полі, буде зростати зі збільшенням частки зародку кукурудзи. У свою чергу, за відсутності роговидного ендосперму також можливе отримання «зірваних» зерен, наприклад, гречки, анатомічна будова якої характеризується наявністю лише борошнистого ендосперму. Фурмановою Ю.П. було розроблено технологію отримання «повітряних» зерен гречки, за якою круп'яне зерно вологістю 15% протягом 55 с піддавали дії мікрохвильової обробки за потужності НВЧ-випромінювання 700 В [8].

Зміни крохмалю під час НВЧ-обробки і його роль у процесі «зривання».

У роботі [9] проводили порівняльний аналіз конвективного нагрівання кукурудзяних і картопляних крохмалів при 130 і 200 °С та їх мікрохвильової обробки. У обох випадках було встановлене зменшення вмісту амілози, однак

авторами відмічається, що мікрохвильове випромінювання не викликало суттєвих змін властивостей крохмалів.

Levandowicz G. і Jankowski J. [10] показано, що НВЧ-обробка протягом 60 хв. при 2450 МГц частоти і витрат випромінювання 0,5 В/г викликає зміну структури крохмальних зерен пшениці, кукурудзи, зокрема восковидної, за умови обробки крохмалю вологістю 30%. При цьому відбувається збільшення температури клейстеризації і зменшення ступеня кристалічності оброблених крохмалів. Найбільш суттєві зміни виявлені для пшеничного крохмалю, а найбільш стійкими до мікрохвильового нагріву є крохмалі восковидної кукурудзи, які залишаються майже незмінним. Відомо, що характерною властивістю восковидної кукурудзи є відсутність у його структурі амілози, у той час як пшеничний і кукурудзяний крохмаль містять 28% цього полісахариду. Зернові крохмалі, що містять амілозу, мають відносно високу чутливість до мікрохвильової обробки: кристалічність, ступінь їх набухання і розчинність завдяки НВЧ-обробці значно знижуються, а температура клейстеризації підвищується. Автори [10] допускають, що мікрохвильова обробка крохмалю скоріше викликає утворення асоціативних зв'язків амілоза-амілопектин і часткові зміни аморфної амілози крохмальної гранули, ніж кристалізацію структурних полімерів крохмалю. Тобто здійснення мікрохвильової обробки за певних параметрів процесу може виступати методом модифікації фізико-хімічних властивостей крохмалів.

Вплив вологості і введення додаткових компонентів на отримання «повітряних» зерен. Вважається, що волога відіграє важливу роль у процесі отримання «зірваних» зерен, оскільки саме утворення перегрітої пари і надлишкового тиску в середині зернівки викликає миттєве збільшення її об'єму і формування губчастої тонкостінної структури зірваного зерна. У роботі [3] визначені оптимальні значення вологості попкорну на рівні 13–17%. При таких значеннях об'ємний вихід зернівки сягав максимальних значень при мінімальній кількості незірваних зерен. Знижена кількість вологи є недостатньою для повного розширення роговидного ендосперму, а надто висока сприяє

ослабленню плодової оболонки і, як наслідок, створення недостатнього тиску, який негативно впливає на ступінь збільшення об'єму зернівки. З таким твердженням узгоджуються результати досліджень Shimoni E. зі співавторами [11], за якими встановлено, що підвищення вмісту вологи з 6 до 16,5% викликає еластичний колапс перикарпію зі зниженням на 7 °С температури зривання попкорну шляхом конвективного нагрівання. Зі зростанням вологовмісту всередині зернівки тиск у момент вибуху нижчий, що викликає зменшене розширення ендосперму і менший об'ємний вихід кінцевого продукту.

У роботі [12] показано найвищу ефективність процесу, найбільший об'ємний вихід продукту і мінімальний відсоток незірваних зерен попкорну при вологості кукурудзи 14%, при цьому у дослідженнях цей параметр коливався в межах 8–20%. Також авторами були використані різні методи отримання «зірваних» зерен попкорну – мікрохвильова обробка, конвективне нагрівання, варіння із маслом і сіллю. НВЧ-випромінювання виявилось більш ефективним з огляду на об'ємний вихід готової продукції та відсоток незірваних зерен, на відміну від варіння із маслом і сіллю, що показало найгірші результати.

Huang R. зі співавторами [13] розглянуто вплив етилового спирту на отримання попкорну мікрохвильовою обробкою під вакуумом. Виявлено зміни крохмальних гранул клітин ендосперму та доцільність використання 10% розчину етилового спирту для попередньої обробки зерна, що дозволяє підвищити об'ємний вихід готової продукції.

Singh J. і Singh N. встановили, що досягнення 75% виходу «зірваних» зерен попкорну можливе за умови додаткового використання 10% гідрогенізованої олії, 2% масла і 0,5% хлориду натрію при обробці НВЧ-випромінюванням за потужності 660 Вт і частоти випромінювання 2450 МГц [14].

У деяких наукових працях робили спроби зниження калорійності попкорну за умови збереження його привабливих органолептичних властивостей. Chedid L. зі співавторами [15] запропонували отримання попкорну з поліпшеним запахом і кольором шляхом використання крохмалю низької в'язкості,

підданого дії амілази, замість традиційного застосування жиру чи олії перед мікрохвильовою обробкою.

Широким попитом у світі, особливо азіатських країнах, користуються «зірвані» зерна сорго. Звичайно здатність сорго до утворення «повітряних» зерен під впливом конвективного нагрівання чи НВЧ-обробки залежить від його різновиду. У роботі [16] досліджували чотири різні сорти сорго, що відрізнялись за фізико-хімічними показниками. Усі сорти сорго перед мікрохвильовою обробкою (900 В, 2450 МГц) протягом 140 с зволожували до $16,5 \pm 0,5\%$ і додавали до зерна 0,5% солі та 10% олії з метою формування покриття поверхні зернівки. Виявлено, що для поп-сорго діаметр зернівки, сферичність і маса 1000 зерен негативно корелювала із ефективним і об'ємним виходом продукції, тоді як позитивна кореляція була відмічена із питомим об'ємом сорго, твердістю і вмістом амілози, який, проте, у межах досліджених сортів коливався 20,3–23,4% до загального вмісту крохмалю. Також шляхом скануючої електронної мікроскопії показана важлива роль товщини перикарпію щодо впливу на здатність зерна сорго зриватися у НВЧ-полі.

У проведених нами попередніх дослідженнях у якості концентраторів енергії для моделювання процесу «зривання» зерен було обрано мінерали (карбонат кальцію), природа руйнування яких у НВЧ-полі до сих пір не встановлена. Використання інших видів енергії для впливу на вапняк при цьому не призводить до таких ефектів. Було проведено нагрівання трьох різновидів вапняку в муфельній печі до температури 800 К і газовою горілкою до 1200 К. При цьому руйнування дослідних зразків не відбувалось. У свою чергу, внаслідок НВЧ-обробки вибухове руйнування починалось за температури, що незначно перевищувала кімнатну. Випромінювання проводилось у вільному просторі за довжини хвилі 12,63 см, потужність джерела випромінювання складала 3 кВт, а випромінювачем слугував відрізок прямокутного хвильоводу. Загальні розміри зразків становили 1000 см^3 .

Фактори впливу на ефективність процесу. Реалізація технології отримання «зірваних» зерен оцінюється шляхом визначення ряду показників ефективності виробничого процесу, до яких відносяться:

- вміст зерен, що не були зірвані;
- високі органолептичні властивості «зірваних» зерен – форма, колір, запах, смак;
- збільшення об'ємного виходу продукту зі зменшенням питомої ваги зерна;
- збереження біологічно активних речовин (амінокислот, ПНЖК, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон) у стані максимального засвоювання організмом людини;
- відсутність шкідливих речовин, утворених під час мікрохвильової обробки зі сторони гострих, а особливо хронічних наслідків.

На технологічний процес одержання кінцевої продукції при цьому буде впливати комплекс факторів, які можна поділити на три основні групи (рис. 3).

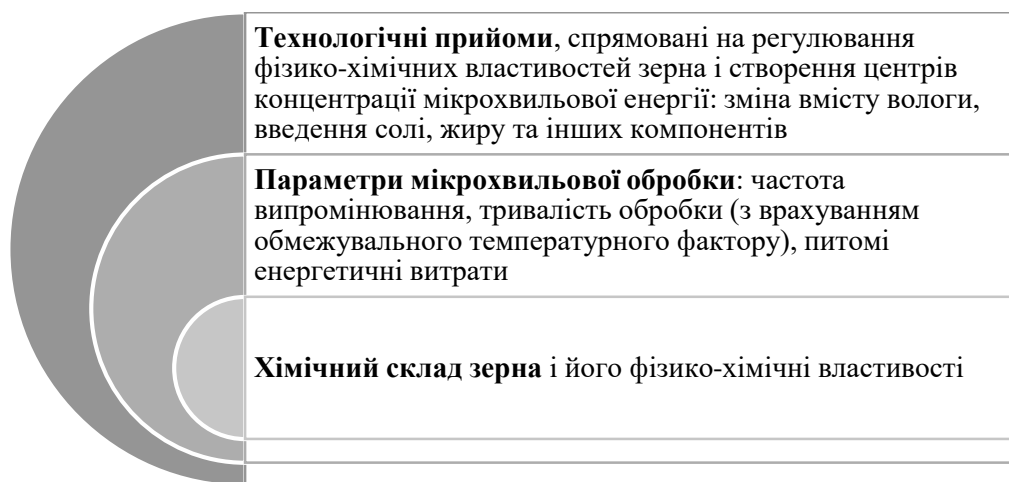


Рис. 3. Фактори впливу на процес отримання «зірваних» зерен шляхом НВЧ-обробки

Увагу привертає той факт, що фактично відсутніми є відомості щодо отримання «зірваних» зерен за допомогою штучних і природніх концентраторів енергії у НВЧ-полі. Тому на даному етапі робіт коло експериментів було значно розширене – були застосовані нові еквівалентні матеріали і більш різноманітні

концентратори енергії, гранулометричний склад останніх змінювався до порошкоподібного.

Слід відзначити, що до теперішнього часу в літературі не знайдено жодних відомостей щодо дії штучних внутрішніх концентраторів енергії на матеріали у НВЧ-полі. Близькими за направленістю проблемами займається радіоінтроскопія, у задачі якої входить знаходження неоднорідності всередині (будови) матеріалів, у тому числі зернової сировини. Проте у даному випадку мова йде лише про надходження інформативних параметрів електромагнітних хвиль, за якими можна судити про геометрію, склад чи глибину знаходження неоднорідності у середовищі.

Попередні експериментальні дослідження показали, що і природні включення з високими діелектричними втратами, що знаходяться всередині ізотропного середовища, за певних умов можуть проявлятися самі собою, тобто внаслідок зміни під впливом НВЧ-випромінювання об'єму, фазових перетворень, характеру зривання. Такі включення здатні відокремлювати від загального масиву частки матеріалу різноманітного об'єму.

Таким чином, якщо знайти спосіб введення концентраторів НВЧ-енергії у зерно, то під впливом випромінювання незалежно від хімічного складу оброблюваного матеріалу стане можливим отримання «зірваних» зерен. Для досягнення такої мети необхідне вирішення наступних задач:

- визначення параметрів НВЧ-обробки зерна й еквівалентних матеріалів зі штучними концентраторами енергії, що необхідні для їх зривання;
- вибір матеріалів, які забезпечують внутрішню концентрацію енергії і співвідношення між розмірами концентраторів і довжиною хвилі випромінювання;
- визначити ефективність і характер вибуху в залежності від матеріалу і розмірів включень, що виступають концентраторами енергії;
- розробити методику експериментальних досліджень і підготувати лабораторний стенд для вивчення процесу зривання зерен електромагнітною енергією НВЧ.

Здійснення експериментальних досліджень у заданому напрямку надасть можливість суттєво розширити асортимент снекової продукції на вітчизняному і світовому ринку.

Висновки. Анатомічні особливості будови зернівки суттєво впливають на здатність зерна до «зривання». До визначальних структурних складових відносяться перикарпій і ендосперм. Збільшення об'єму «зірваних» зерен позитивно корелює із співвідношенням роговидного і борошністого ендосперму. Вирішальну роль у нуклеації відіграє хілум, який слугує центром зародкоутворення крохмальної гранули роговидного ендосперму.

Крохмаль є чутливими до електромагнітної обробки НВЧ. Мікрохвильова обробка протягом 60 хв. при 2450 МГц частоти і витрат випромінювання 0,5 В/г викликає зміну структури крохмальних зерен пшениці, кукурудзи, зокрема восковидної, за умови обробки крохмалю вологістю 30%. Чутливість крохмалю до обробки обумовлюється наявністю у крохмальній гранулі амілози, тому найбільш стійкими до НВЧ-обробки є безамілозні крохмалі.

Показники ефективності процесу отримання «зірваних» зерен злакових культур залежать від вмісту вологи у зернівці, яка перед обробкою повинна знаходитись у межах 13–17%. Досягнення 75% виходу «зірваних» зерен можливе за умови додаткового використання 10% гідрогенізованої олії, 2% масла і 0,5% хлориду натрію при обробці НВЧ-випромінюванням за потужності 660 Вт і частоти випромінювання 2450 МГц.

Для моделювання процесу «зривання» зерен використано карбонат кальцію, який є стійким до термічної обробки. Природні включення з високими діелектричними втратами, що знаходяться всередині ізотропного середовища, за певних умов можуть проявлятися самі собою, тобто внаслідок зміни під впливом НВЧ-випромінювання об'єму, фазових перетворень, характеру зривання. Такі включення здатні відокремлювати від загального масиву частки матеріалу різноманітного об'єму

ЛІТЕРАТУРА

1. Understanding and characterizing flake polymorphisms as a quality attribute for microwave popcorn, 2012 [Electronic resource]. – Accessed mode: <https://search.proquest.com/openview/ca14010ff56dfbb3aecac8d20bd8a93d/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>.
2. Mishra G. Popping and puffing of cereal grains: a review / G. Mishra, D.C. Joshi, B.K. Panda // *Journal of grain processing and storage*. – 2014. – Vol. 1. – №2. – P. 34–46.
3. Hosney R.C. Mechanism of popcorn popping / R.C. Hosney, K. Zeleznak, A. Abdelrahman // *Journal of cereal science*. – 1983. – Vol. 1. – №1. – P. 43–52.
4. Role of the pericarp cellulose matrix as a moisture barrier in microwaveable popcorn / Tandjung A.S., Janaswamy S., Chandrasekaran R., Aboubacar A., Hamaker B.R. // *Biomacromolecules*. – 2005. – Vol. 6. – №3. – P. 1654–1660.
5. Sweley J.C. Composition and sensory evaluation of popcorn flake polymorphisms for a select butterfly-type hybrid / J.C. Sweley, D.J. Rose, D.S. Jackson // *Cereal chemistry*. – Vol. 88. – №3. – 2011. – P. 321–327.
6. Hosney R.C. Pericarp and endosperm structure of sorghum grain shown by scanning electron microscopy / R.C. Hosney, A.B. Davis, L.H. Harbers // *Cereal chemistry*. – 1974. – Vol. 51. – C. 552–558.
7. Pordesimo L.O. Quantification of horny and floury endosperm in popcorn and their effects on popping performance in a microwave oven / L.O. Pordesimo, R.C. Ananteswaran, P.J. Mattern // *Journal of cereal science*. – 1991. – Vol. 14. – №2. – P. 189–198.
8. Фурманова Ю.П. Технологія харчового продукту із зерна гречки: автореферат дис. канд. техн. наук / Ю.П. Фурманова. – К., 2012. – 20 с.
9. Changes in some physico-chemical properties of starch granules induced by heating and microwave radiation / Palasinski M., Fortuna T., Juszczak L., Fornal J. // *Polish journal of food and nutrition sciences*. – Vol. 9. – 2000. – P. 17–22.

10. Lewandowicz G. Fornal effect of microwave radiation on physico-chemical properties and structure of cereal starches / G. Lewandowicz, T. Jankowski // Carbohydrate polymers. – Vol. 42. – 2000. – P. 193–199.
11. Shimoni E. The relation between final popped volume of popcorn and thermal-physical parameters / E. Shimoni, E.M. Dirks, T.P. Labuz // LWT – Food science and technology. – Vol. 35. – Iss. 1. – 2002. – P. 93–98.
12. Sabri G., Effects of moisture content and popping method on popping characteristics of popcorn / G. Sabri // Journal of food engineering. – Vol. 65. – Iss. 3. – 2004. – P. 357–362.
13. Huang R. Effect of alcohol on microwave vacuum popping of popcorn / R. Huang, H. Rui, Q. Zeng // Journal of south china university of technology natural science. – Vol. 5. – 2003. – P. 128–131.
14. Jaspreet S. Effect of different ingredients and microwave power on popping characteristics of popcorn / S. Jaspreet, S. Narpinder // Journal of food engineering. – Vol. 42. – №3. – 1999. – P. 161–165.
15. Patent US 5753287 A Flavored popping corn with low or no fat / Chedid L., Huang D.P., Baytan P.; assignee National starch and chemical investment holding corporation; published 19.05.1998.
16. Varietal influence on the microwave popping characteristics of sorghum / Gayatri M., Dinesh C. J., Debabandya M., Bhushan V.B. // Journal of cereal science. – Vol. 65. – 2015. – P. 19–24.

Ю.Ю. Куянов, к.т.н., С.Ю. Мыколенко, к.т.н.

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

Технологические аспекты получения взорванных зерен СВЧ-излучением

Проанализирована роль анатомического строения зерновки, изменения основных компонентов химического состава под воздействием СВЧ-излучения. Анатомические особенности перикарпия и эндосперма влияют на возможность формирования пенообразной структуры зерна путем термической или СВЧ-обработки. Показано, что микроволновая обработка изменяет свойства

крахмалов, чувствительность которых к действию СВЧ-излучения зависит от наличия амилозы. Важным фактором эффективности процесса выступает влажность зерна в пределах оптимальных значений. Применение соли, жира перед СВЧ-обработкой позволяет достичь повышения выхода и качества конечной продукции. Особое внимание привлекают возможности введения искусственных центров концентрации СВЧ-энергии. Обосновано ряд показателей эффективности технологического процесса и показано факторы, которые являются определяющими для технологии.

Ключевые слова: зерно, взрыв, СВЧ-обработка, перикарпий, эндосперм, концентраторы СВЧ-энергии

Yu. Kuyanov, PhD., S. Mykolenko, PhD.

Dnipropetrovsk state agrarian and economic university

Technological aspects of grain popping by microwave treatment

This study reveals the role of the anatomical structure of grain, changes of the major chemical components under the influence of microwave radiation when cereals pop. Pericarp and endosperm anatomic features directly impact on the possibility of forming foamy grain structure by thermal or microwave treatment. It is shown that microwave treatment changes starches characteristics, the sensitivity of which to the action of microwave radiation depends on amylose content. Significant factor for efficiency of the process is the moisture content of the grain within the optimal values. The use of salt, fat before microwave treatment allows achieving an increase in the yield and quality of the final product. Particular attention is drawn to the possibility of introducing artificial centers for concentration of microwave energy. Indicators of the processing efficiency as well as the factors determining for the technology are substantiated.

Keywords: grain, popping, microwave treatment, pericarp, endosperm, microwave energy concentrators

Одержана редколлегією 23.09.2017 р.