

Особливості надвисокочастотної обробки зерна кукурудзи, сорго і амаранту

Тимчак Д.О., Миколенко С.Ю., Куянов Ю.Ю., Шевченко В.А.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

У структурі харчування населення більшості країн світу понад 50% добової енергетичної цінності раціону харчування припадає на зернові продукти. Поряд із високою харчовою та біологічною цінністю зернові продукти мають порівняно невисоку ціну.

Сьогодні фахівці все частіше шукають шляхи вдосконалення існуючих технологій за рахунок використання нових методів оброблення зернової сировини. Перспективними є такі фізичні методи як баротермічна обробка, високотемпературна мікронізація, надвисокочастотна (НВЧ) обробка. Нові методи обробки дають можливість створити зерновий продукт, що не потребує варіння, максимально зберігаючи поживну цінність вихідної сировини.

Використання НВЧ-обробки 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.

Технологія обробки за допомогою надвисокочастотного електромагнітного поля застосовується для нагрівання, сушіння, розморожування, знезараження та отримання таких харчоконцентратів як повітряні зерна. Дана технологія має цілий ряд позитивних якостей, тому широко використовується на переробних підприємствах.

Однією з головних переваг НВЧ-обробки є значна економія часу, так як процес обробки відбувається дуже швидко. Крім того, така технологія дозволяє зберегти в сировині всі поживні речовини, вітаміни і мінерали, що при застосуванні іншого методу обробки домогтися складно. Нагрівання зерна відбувається за рахунок поглинання продуктом енергії хвиль надвисокої частоти.

Отримання «зірваних» зерен являє собою одночасний процес клейстеризації і розширення крохмалю, протягом якого зерна піддаються впливу високих температур протягом короткого часу. Під час цього процесу нагріта пара, отримана усередині зерен шляхом миттєвого нагріву, раптово розширює ендосперм, розриваючи зовнішню оболонку.

Для отримання «зірваних» зерен використовують широкий асортимент зернових культур таких як: рис, пшениця, кукурудза, сорго, просо. Але не всі з перерахованих культур мають хороші поп-властивості. Причиною цього можуть бути наступні фактори: кліматичні умови збору врожаю, сорт та показники якості зерна (вміст вологи, склад зерна, фізичні характеристики, типи ендосперму).

Встановлено [1], що рис з високим вмістом амілози не підходить для отримання «зірваних» зерен, тому що він дає більш низький показник виходу продукту, ніж рис з середнім вмістом амілози. У кукурудзи великі зерна зазвичай дають меншу кількість «зірваних» зерен, ніж маленькі зерна, тому що вони містять високий відсоток борошністого ендосперму.

Процес отримання «зірваних» зерен також сильно залежить від анатомічної будови зернівки, до визначальних структурних складових якої відносяться перикарпій та ендосперм. 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. Збільшення об'єму «зірваних» зерен позитивно корелює із співвідношенням роговидного і борошністого ендосперму сорго [2].

Ендосперм кукурудзи складається з твердої (роговидної) та м'якої (борошнистої) частини (рис.1). Доведено, що ступінь збільшення об'єму попкорну залежить від кількості роговидного ендосперму, який щільно «складений» і не містить наповнених повітрям пустот, яких багато у борошністому ендоспермі [3].

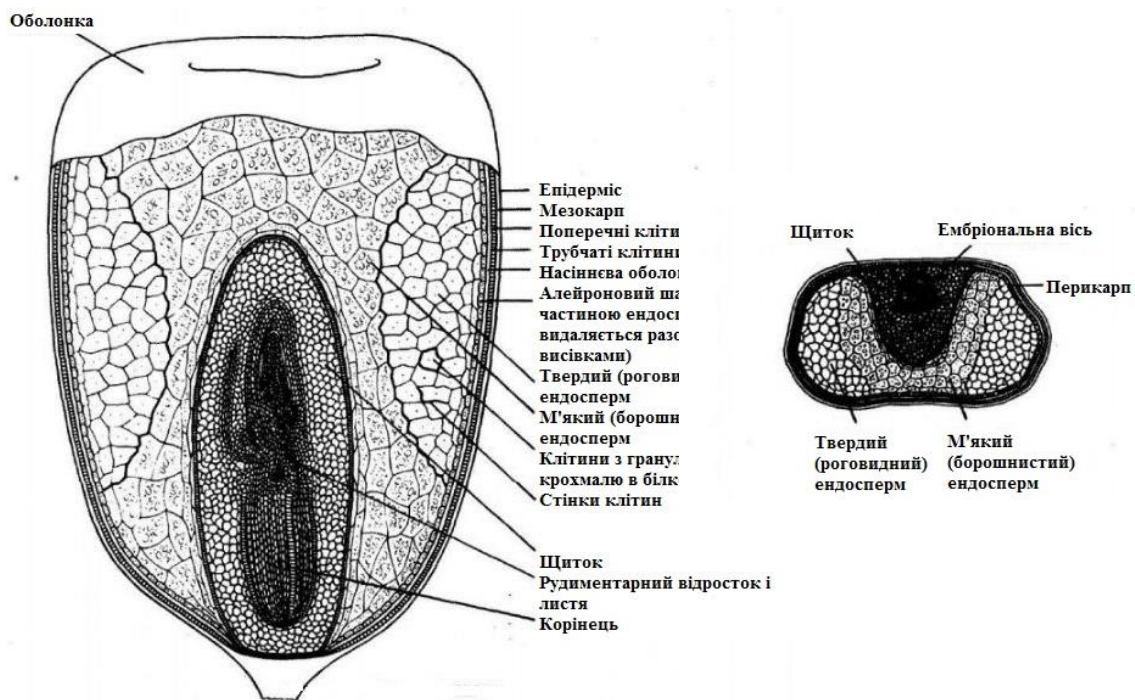


Рисунок 1 – Анатомічна будова зерна розлусної кукурудзи [3]

Перикарпій розлусної кукурудзи надає можливість воді, яка знаходиться в зерні, перегріватися. При певній температурі тиск стає настільки великим, що перикарпій розривається, дозволяючи ендосперму збільшитися в об'ємі. При виготовленні попкорну такий розрив відбувається при температурі 177°C. Крім того, що перикарпій виконує функцію ємності високого тиску, він також впливає на якість продукту. При проведенні процесу отримання «зірваних» зерен перикарп розривається і більше з ним не відбувається ніяких змін. Іноді він повністю відокремлюється від поверхні ендосперму [3].

Зерно сорго відрізняється від кукурудзи не лише хімічним складом, розмірами, а й анатомічною будовою зернівки (рис.2). У зернівки сорго роговидний ендосперм оточує борошністий повністю по всій площі, у кукурудзи – тільки з боків. За результатами світлової і скануючої електронної

мікроскопії виявлено, що клітинні стінки роговидного ендосперму як кукурудзи, так і сорго розділені на дрібні фрагменти, які розміщені за напрямом розширення клітини під час розриву зернівки [2]. Форма крохмальних гранул роговидного ендосперму полігональна, тоді як борошністого – кругла [2].

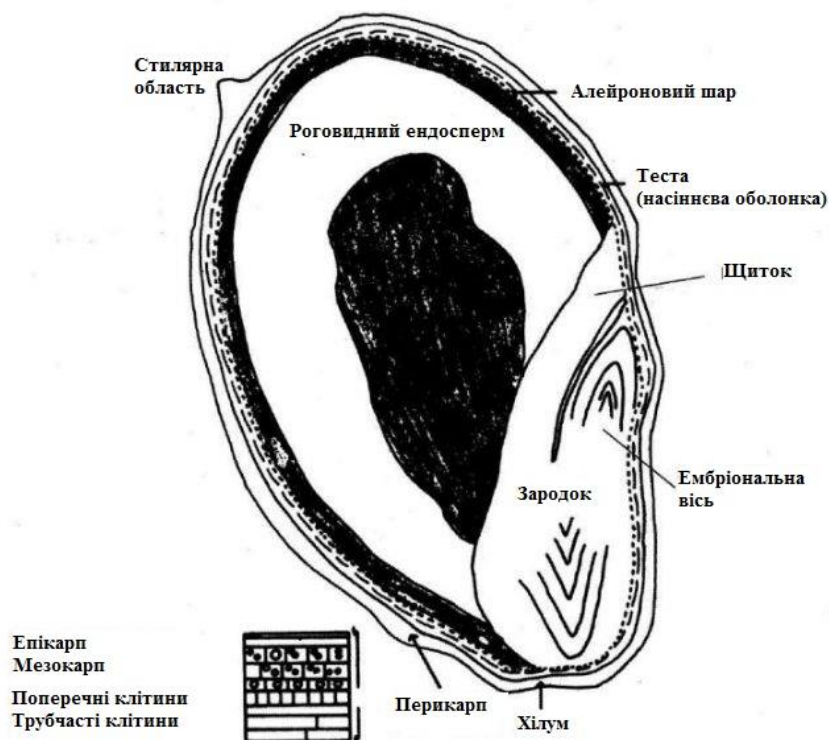


Рисунок 2 – Анатомічна будова зерна сорго [3]

Встановлено, що застосування НВЧ-обробки покращує засвоюваність крохмалю [1]. Білки сорго менше засвоюються в порівнянні з іншими злаками через ряд факторів. У роговому ендоспермі нативного сорго альбуміни, глобуліни і глютеліни ефективно «склеюють» гранули крохмалю. Однак білки сорго більш гідрофобні, що пояснює їх більш високу схильність до утворення дисульфідних зв'язків. Тому обробка надвисокочастотним випромінюванням також покращує засвоюваність і білків сорго.

Перспективною культурою для отримання повітряних зерен є амарант, що відноситься до псевдозернових культур. Отримання «зірваних» зерен амаранту має свої особливості, що в першу чергу обумовлені анатомічною будовою його зернівки (рис.3), яка різко відрізняється від злакових культур. У

зернівці сорго зародок кільцеподібно оточує перисперм, багатий крохмалем. Оболонки зерна амаранту тонкі і гладкі, тому не виникає проблем у їх видаленні. Крохмаль розташований у периспермі, де в амілопластах утворюються агломеровані зерна крохмалю, які можуть сягати 90 мкм у діаметрі, що у свою чергу утворені з дрібних 1–3 мкм крохмальних гранул. [4] При цьому крохмальні зерна кукурудзи мають розміри 10-30 мкм, а сорго – 10-12 мкм.

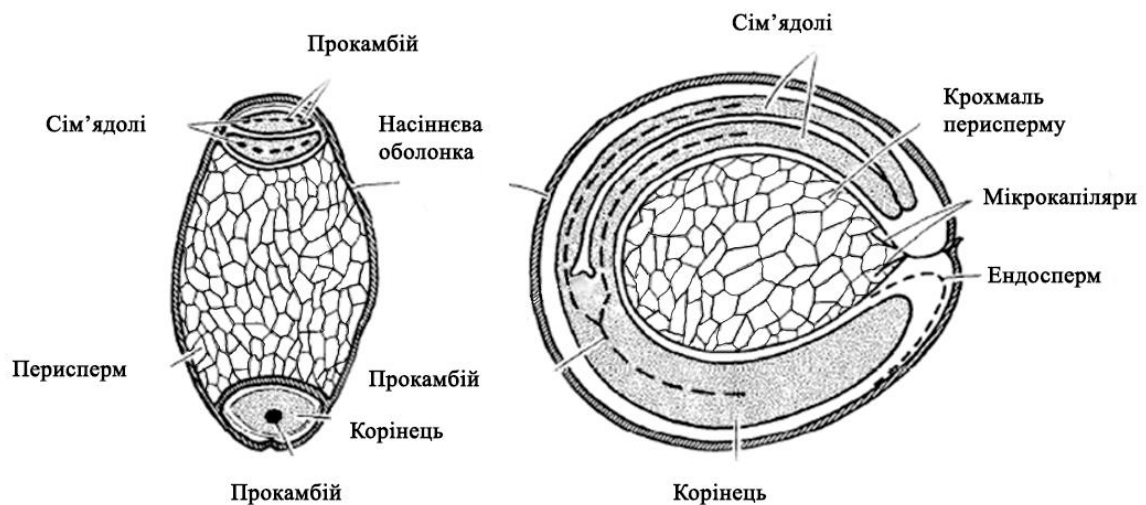


Рисунок 3 – Анатомічна будова зернівки амаранту [4]

Повітряні зерна амаранту характеризуються високими споживчими якостями та можуть бути використані для виробництва цілого ряду харчових продуктів.

Для підвищення харчової цінності зерна амаранту та продуктів його переробки пропонується проводити їх термічну обробку різними методами, в тому числі у НВЧ-полі. При цьому масова частка сирого протеїну внаслідок такої обробки практично не змінюється (табл.1) [5].

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз хімічного складу нативного і «зірваного» зерна амаранту [5]

Зерно	Масова частка, % на СР				
	вода	сирий протеїн	водорозчинні цукри	полісахариди	ліпіди
Нативне	10,25	16,25	1,16	77,20	6,95
«Зірване»	3,54	16,58	0,80	71,20	6,90

За допомогою скануючої електронної мікроскопії (SEM) було визначено, що гранули нативного крохмалю амаранту мають полігональну форму, тоді як у «зірваного» зерна з'явилися порожнини неправильної форми, внаслідок набряку та порушення гранул крохмалю [6].

Окрім анатомічної будови, важливу роль у технології отримання «зірваних» зерен шляхом НВЧ-обробки відіграє вміст вологи у складі зернівки. Так максимальний коефіцієнт збільшення об'єму кукурудзи досягається при вологості в межах від 13,0 до 17,0%. Оптимальний вміст вологи для максимального збільшення об'єму зернівки залежить від сорту кукурудзи та розміру ядра [7].

Під час НВЧ-обробки сорго практично стерилізується, і велика частина насінневої мікрофлори руйнується і має значне зниження (20-25%) фітинової кислоти. Більшість попередніх досліджень показали, що фактори, які впливають на характеристики процесу отримання «зірваних» зерен сорго, включають в себе сезон вирощування і збору врожаю, структуру зерна і фізичні характеристики зерна, хімічний склад, попередню обробку, а також метод попінгу [8].

Сорго з невеликим розміром, високим вмістом амілози, середнім і твердим ендоспермом має хороше співвідношення коефіцієнту розширення і виходу. Вміст вологи і попередні обробки, що полягають у додаванні солі і олії, також відіграють важливу роль для одержання високоякісного зірваного зерна з кращими характеристиками.

Подібно до підготовки зерна кукурудзи, сорго можна довести до оптимального вмісту вологи і покривати різними інгредієнтами в якості попередньої обробки, щоб збільшити кількість «зірваних» зерен і поліпшити їх якість. Характеристики процесу отримання «зірваних» зерен сорго також залежать від параметрів мікрохвильового процесу, таких як щільність потоку хвиль і часу обробки (експозиція). Найвищий вихід продукту був виявлений при 18 Вт/г обробки протягом 140 с в мікрохвильовій печі [8].

У табл.2 наведено оптимізовані параметри обробки зерна кукурудзи, сорго, амаранту [1, 6-8].

Таблиця 2 – Оптимізовані параметри обробки кукурудзи, сорго, амаранту для отримання зірваних зерен

Параметри	Зерно		
	Кукурудза	Сорго	Амарант
Вологість, %	13...17	12...20	12...16
Потужність мікрохвильової печі, Вт	660...900	450...900	–
Температура конвективного нагріву, °С	–	–	240...260
Тривалість обробки, с	140...160	100...180	15...32
Використання додаткових компонентів	10% гідроген. олії; 2% олії; 0,5% NaCl	0,55% NaCl; 10% олії	–
Вихід продукту,%	50...75	43...82	4...75

Оптимальна вологість зерна до НВЧ-обробки знаходиться в однакових межах, лише для зерна сорго в деяких випадках досягали вищого виходу продукту, збільшуючи його вологість ще на 3-4%. При цьому неоптимізовано параметри НВЧ-обробки зерна амаранту, але дані багатьох досліджень свідчать про те, що «зірвані» зерна амаранту можна отримати способом термічного нагріву до температури не вище 260°С. Тривалість обробки даним

методом менша, ніж тривалість надвисокочастотної обробки злакових культур, яка становить не більше 180 с. Кількість олії, що додається до зерна перед НВЧ-обробкою обмежується 5-10%, а солі – 0,5%. Збільшення масової частки введення додаткових компонентів негативно впливає на органолептичні властивості готового продукту. За результатами проведених досліджень різних авторів при дотриманні оптимальних параметрів процесу найвищий вихід продукту, який можна отримати, становить: для кукурудзи – 75%, для сорго – 82%, для амаранту – 75%.

Висновки

Кукурудза виступає найбільш поширеною сировиною для одержання повітряних зерен через свою доступність, високі коефіцієнт збільшення об'єму зернівки та вихід продукту, звичні усім поціновувачам смакові властивості.

Поряд з цим перспективним є застосування у якості сировини зерна сорго, яке також характеризується високими поп-характеристикам, є досить поширеною культурою у країнах Африки та Південної Азії. При цьому перетравлюваність сорго внаслідок «зривання» суттєво підвищується.

Амарант є цінною псевдозерновою культурою, застосування якої у харчових цілях лише починає набувати поширення на українському ринку. Отримання «зірваних» зерен амаранту дозволяє розширити асортимент вітчизняного зернових продуктів.

Список використаних джерел

1. 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.
2. Куянов Ю.Ю. Технологічні аспекти отримання «зірваних» зерен НВЧ-випромінюванням / Ю.Ю. Куянов, С.Ю. Миколенко (препринт)

3. Хосни Р.К. Зерно зернопереработка (Серия: Научные основы и технология) / К.Р. Хосни; пер. с англ. под общ. ред. Н.П. Черняева. – СПб: Профессия. 2006. 336 с.

4. Valcárcel-Yamani B. Applications of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) and Amaranth (*Amaranthus* Spp.) and Their Influence in the Nutritional Value of Cereal Based Foods / B. Valcárcel-Yamani, S. Caetano da Silva Lannes // *Food and Public Health*. 2012. Vol. 2. №6. P. 265-275.

5. Шмалько Н.А. Способы получения продуктов термической обработки зерна амаранта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/technical-sciences/technology-of-food-products/1072-shmalko-on>

6. Lara N. Popped amaranth grain and its products breakfast cereal and crunchy bars: popping process, nutritive value and shelf life / N. Lara, A. Mejía, A. Cangás // Department of Nutrition and Quality, Santa Catalina Experimental Station of the Agriculture Research Institute (INIAP), Quito, 340, Ecuador [Electronic resource]. – Regime of access: <http://www.sp.se/sv/units/risebiovet/fb/network/traditionalgrains/Documents/Lara.pdf>

7. Farahnaky A. Popping properties of corn grains of two different varieties at different moistures / A. Farahnaky, M. Alipour, M. Majzoobi // *J. Agr. Sci. Tech*. 2013. Vol. 15. P. 771-780

8. Mishra G. Optimization of pretreatments and process parameters for sorghum popping in microwave oven using response surface methodology / G. Mishra, D.C. Joshi, D. Mohapatra // *J Food Sci Technol*. 2015. Vol. 52. №12. P. 7839–7849.