

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ГРЕЧАНОЇ КРУПИ

Ковальова Олена Сергіївна,

к.т.н., доцент кафедри харчових технологій,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Гречка традиційно переробляється на крупу гречану ядрицю, вона є вкрай важливим і корисним продуктом харчування. Так при переробці гречки в крупу ядрицю вихід коливається від 62 % і більше, в залежності від технології [1]. Як правило вихід 70-72% отримують при впровадженні сучасних, інноваційних технологій зернопереробки [1-2]. Максимум ядриці в зерні гречки 74-76%, тож технологічною перспективою є отримання більшого виходу крупи ядриці [1]. Існує багато різноманітних технологій отримання гречаної крупи, кожна з них має свої недоліки і переваги, проте триває пошук інноваційних технологічних рішень.

Гідротермічна обробка зерна гречки є обов'язковою технологічною операцією при виробництві гречаної крупи швидкого приготування. Гідротермічна обробка має на меті створити оптимальні умови для відділення грубих оболонок від ядра. Як правило на круп'яних заводах виробництво гречаної крупи включає наступні етапи: підігрів зерна, пропарювання, сушку і охолодження [1]. Недоліки технологічного процесу призводять до втрат ядра гречки. Тож удосконалення технологічного процесу шляхом інтенсивного зволоження зерна гречки перед пропарюванням, позитивно впливатиме на збереження цілісності ядра після лушення [1-2].

Метою досліджень стало вдосконалення технології одержання крупи з гречки шляхом інтенсивного зволоження зерна гречки перед пропарюванням. Так в якості перспективного агента зволоження запропоновано використовувати плазмохімічно активовані водні розчини.

Процес підготовки зерна гречки і покращення його якості перед переробкою відбувається шляхом ретельної очистки зернового матеріалу від сторонніх домішок з подальшою гідротермічною обробкою. В результаті такої обробки в зерні відбуваються складні фізико-хімічні процеси, які викликають зміни технологічних властивостей зернової сировини і створюють оптимальні умови для переробки зерна гречки в готовий харчовий продукт [1-2, 3].

Як правило гідротермічна обробка складається з наступних етапів: підігрів зернової сировини, пропарювання, сушіння і охолодження [1]. Так гідротермічна обробка дозволяє змінювати технологічні властивості сировини за рахунок зменшення міцності оболонок зерна гречки і збільшення міцності ядра. Також така обробка сприяє підвищенню коефіцієнта використання гречаного ядра і може покращити споживчі властивості і харчову цінність готового продукту [1]. Отже використання плазмохімічно активованих водних розчинів в процесі гідротермічної обробки може вдосконалити процес переробки зерна гречки на круп'яні продукти.

Плазмохімічно активовані водні розчини мають специфічний склад: пероксид водню та надперекисні сполуки, збуджені частки та радикали, які відіграють важливу роль в окисно-відновних процесах. Пероксид водню є антисептиком, потрапляючи в клітини під дією ферментів він розщеплюється на воду і кисень, що має протимікробну дію, але при цьому в клітинах не залишається шкідливих хімічних сполук. Такі водні розчини після обробки плазмою можуть проявляти деякі нові властивості, раніше маловивчені [4-7].

Явище активації водних розчинів викликає багаточисельні специфічні фізичні та хімічні ефекти, які можуть слугувати відправними пунктами для нових прогресивних технологій [8-11]. Використання електрохімічної активації може в багатьох випадках полегшити та здешевити отримання продукції з урахуванням затрат енергії та часу на активацію [12-15].

Вода є основним компонентом всіх біохімічних процесів, які відбуваються в живих клітинах [4]. Властивості води та водних розчинів різноманітні, парадоксальні та в своїй більшості мало вивчені, хоча існують теоретичні знання, які частково пояснюють окремі сторони зміни структури води при взаємодії з іншими речовинами або при різноманітних способах впливу електричних, магнітних та інших полів [4, 8-11].

Плазма - це частково або повністю іонізований стан речовини, при якому система містить вільні позитивні (іони) і негативні (електрони, рідше іони) заряджені частки, концентрації яких у середньому однакові [4]. Присутність заряджених і збуджених часток у плазмі, реакції з їхньою участю є однією з головних особливостей механізмів і кінетики плазмохімічних реакцій. Утворення й загибель часток відбуваються в процесі збудження, дисоціації, іонізації, дезактивації й рекомбінації. Основна властивість плазми - квазинейтральність, що означає малу величину сумарного заряду плазми в порівнянні із сумою зарядів одного знака [16]. Розрізняють - повністю іонізовану плазму й частково іонізовану плазму, рівноважну й нерівновагу, високотемпературну й низькотемпературну, гарячу й холодну [4, 16]. У плазмі, що складається з різних часток з різною швидкістю теплового руху, розрізняють температури електронів, іонів і нейтральних часток, атомів, молекул і кластерів [16]. Оскільки енергія теплового руху часток істотно залежить від їхньої маси, то в плазмі найбільше відрізняються електронна й іонна температури. Температура іонів і нейтральних часток відрізняється мало. Ступінь розходження температур залежить від щільності цих часток, тобто від тиску в системі [4, 10-12, 16].

Істотну роль у плазмохімічних реакціях грають вільні електрони, під ударами яких у більшості випадків реакції є визначальними в ініціюванні складних багатостадійних хімічних процесів [4, 16]. Їх зіткнення із частками плазмоутворюючого газу призводять до іонізації (утворенню електрона й позитивного іона), і умовою стаціонарного існування плазми є рівність швидкостей утворення й загибелі заряджених часток. Оскільки енергія іонізації молекули перевищує енергію збудження будь-яких її внутрішніх ступенів волі то в плазмі одночасно відбуваються утворення обертально-коливальних і електронно-збуджених станів молекул, у тому числі й випромінюючих, а також

їхній розпад (дисоціація) [16]. Частки, що утворилися під дією електронного удару, можуть реагувати як між собою, так і з матеріалами, що перебувають у контакті із плазмою. Велике значення мають і різні фізичні поля - електромагнітні, електричні, магнітні, гідродинамічні. Хімічна реакція є одним з каналів перерозподілу енергії в системі, що приводить її, в остаточному підсумку, до стану з мінімальною потенційною енергією. Безупинно здобуваючи енергію, електрони шляхом зіткнень передають її атомам і молекулам. У цілому, слід зазначити, що механізм плазмохімічної дії вивчений недостатньо. Тож плазмохімічно активовані розчини здатні виявляти різноманітні технологічні властивості [4, 16].

Вода і водні розчини є основною складовою частиною харчової технології і безпосередньо є основним чинником в процесі підготовки зерна гречки для подальшої переробки. Вода володіє дуже високою розчинною здатністю, що пов'язують з її специфічною структурою та наявністю водневих зв'язків [16]. Особливого значення набуває сформоване останнім часом уявлення про те, що фізичні властивості води і численні короткоіснуючі водневі зв'язки між сусідніми атомами водню і кисню в молекулі води створюють сприятливі умови для утворення специфічних структурних асоціатів молекул води – кластерів [4]. У кластерній моделі вода представлена у вигляді суміші з'єднаних водневими зв'язками молекул води, які знаходяться серед вільних незв'язаних молекул води [16]. Внаслідок наявності таких зв'язків в окремих макрооб'ємах води безперервно з'являються структурні елементи – кластери води. Відносна стабільність кластерів залежить від зовнішніх факторів – впливу електромагнітних полів, температури, тиску. Внаслідок дії чинників різної фізико-хімічної природи вода може набувати специфічних властивостей, що називається ефектом активації. Вода і водні розчини здатні протягом певного часу зберігати набуті характеристики, а потім знову шляхом рекомбінаційних процесів переходити у рівноважний стан. Зміна структурної будови води впливає на її фізико-хімічні властивості, як-то в'язкість, густина, електропровідність, розчинна здатність та ін., а також на реакційну здатність води за рахунок утворення нової кластерної структури [4, 16].

Так попереднє зволоження зерна гречки плазмохімічно активованими водними розчинами зможуть збільшити масову долю цілого ядра і загальний вихід готового продукту. При зволоженні зерна поверхні ядра і оболонки можуть деформуватися, особливо якщо процес зволоження відбувається дуже інтенсивно. Можливим є збільшення цілісності ядра гречки при використанні активованих розчинів для зволоження, що пов'язано з ослабленням зв'язку між оболонкою і ядром.

Вологість суттєво впливає на структурно-механічні і технологічні властивості зерна. Збільшення вологості ядра гречки призводить до зниження твердості і підвищенню пластичної деформації, яку ядро може зазнавати до руйнування, в тому числі при лущенні зерна [2]. Тож для інтенсивного зволоження зерна гречки використовували плазмохімічно активовані водні

розчини, які здатні інтенсифікувати процес транспорту вологи в зерновий матеріал.

Активацію води проводять за допомогою лабораторної плазмохімічної установки що зображена на рисунку 1. Також є промислова версія установки, яка здатна забезпечити активованою водою технологічний процес на виробництві зі значною потужністю [4].

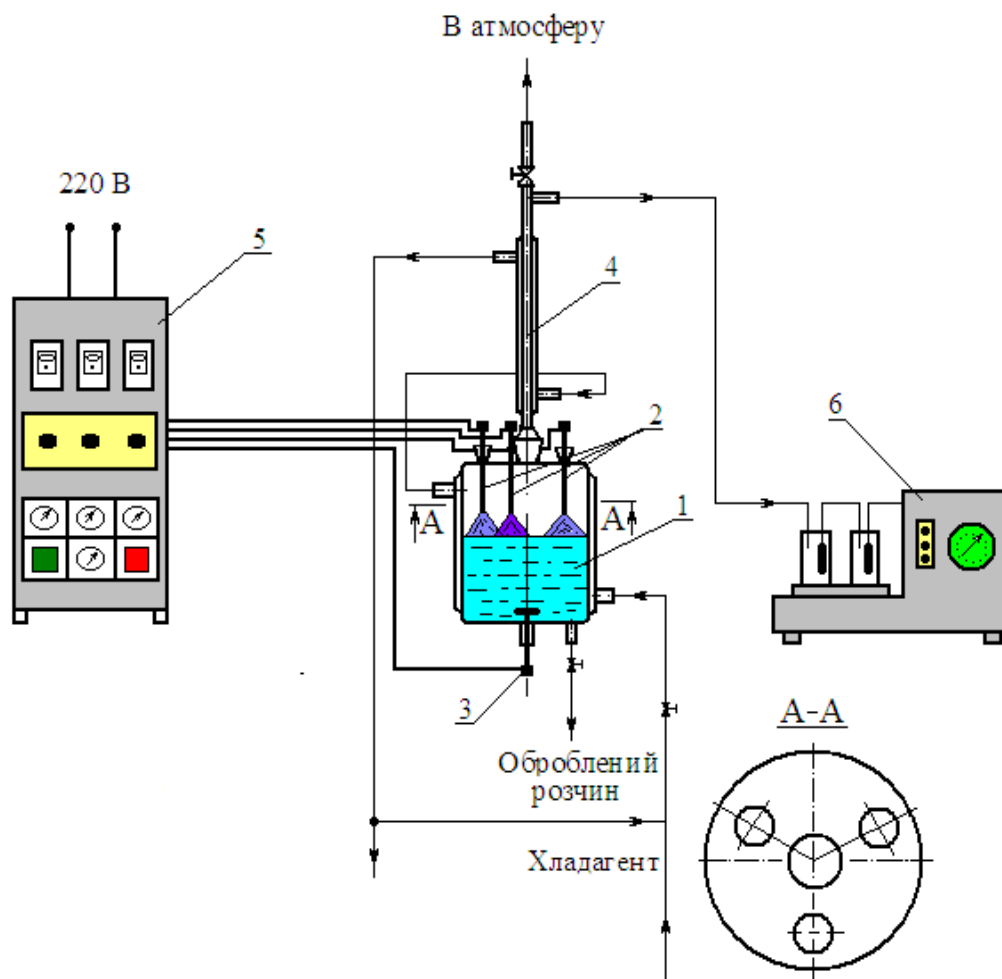


Рисунок 1. Схема лабораторної трьохдугової плазмохімічної установки: 1 – реактор; 2 – аноди; 3 – катод; 4 – зворотний холодильник; 5 – джерело живлення; 6 – вакуумний насос

Активують водопровідну воду з направленою зміною властивостей та реакційної здатності в результаті ведення процесу в плазмових розрядах зниженого тиску з напругою 1000–1200 В, силою струму 30,0–200,0 мА з наступним переходом по мірі підвищення електропровідності в режим контактної нерівноважної плазми з параметрами: напруги від 400 до 600 В та сили струму до 150 мА. Технічні характеристики та експлуатаційні параметри лабораторної дослідної установки наведені в табл. 1-2 [4].

Таблиця 1.

Експлуатаційні параметри лабораторної дослідної установки

Параметри	Електроживлення	Величина
Вхідна напруга	Перемінне однофазне	~ 50 Гц – 220 В
Вихідна напруга	Постійне, пульсуюче, яке можливо регулювати в межах	700- 1500 В
Струм навантаження	Максимальне значення	0,3 А
Навантаження підпалу	Амплітуда Тривалість імпульсу	12000-15000 В 1,0-1,5 мс

Таблиця 2.

Технічна характеристика реактора

Об'єм реактора	4 x 10 ⁻⁵ м ³
Діаметр	3,4 x 10 ⁻² м
Висота	0,2 м
Матеріал	Молібденове скло
Електрод	Нержавіюча сталь
Рухомий електрод	Тугоплавкий матеріал

Характеристика активованої води, яка використовується при зволоженні зерна гречки наведена в табл. 3.

Таблиця 3.

Характеристики води активованої під дією контактної
нерівноважної плазми

Дослід	Вода	Час активації, хв.	Концентрація пероксиду водню, мг/л
1 (контроль)	Водопровідна	-	-
2	Активована	10	300
3	Активована	20	400
2	Активована	30	600
4	Активована	40	650
5	Активована	60	700

Технологічний процес обробки гречки здійснюють наступним чином: гідротермічна обробка включає підігрів зерна, зволоження плазмохімічно активованими водними розчинами до 18-22%, пропарювання, низькотемпературна сушка, високотемпературна сушка, охолодження.

Інтенсивне зволоження проводилось шляхом перемішування зерна з розпиленими активованими розчинами, які подавались в шнек під тиском за допомогою форсунок. Так використовували шнековий змішувач і бункер відволожування, час відволожування 5-15 хв., це забезпечило необхідний рівень зволоження зернової сировини.

Для оптимізації гідротермічної обробки зерна гречки перед пропарюванням його зволожували плазмохімічно активованими водними розчинами з концентрацією пероксидів 300-700 мг/л. Це дозволило збільшити масову долю крупи гречаної ядриці при оптимальному рівні збільшення трудових, енергетичних затрат і збереженням мінімальної собівартості продукту.

Тож виготовлення гречаної крупи за інноваційною технологією відбувається за наступною схемою. Зерно, очищене від сторонніх домішок потрапляє в бункер підігріву, далі в шнек для зволоження, в який за допомогою форсунок подаються плазмохімічно активовані водні розчини з промислової установки для активації. Вміст пероксиду в активованих водних розчинах складає 300-700 мг/л. В результаті контакту зерна гречки з активованими розчинами і рівномірного перемішування відбувається активне поглинання активованого розчину зерном гречки. Для рівномірного зволоження зернового матеріалу його відправляють в бункер для відволожування. Вологість перед пропарюванням складає 18-22%. Зерно з такою вологістю направляли в пропарювач, після чого його сушать в два етапи в низькотемпературній сушарці, далі в високотемпературній сушарці і направляють на переробку. Після гідротермічної обробки зерно надходить на сортування. Особливістю переробки гречки є його розділення перед лущенням на шість фракцій по розмірам. Далі зерно направляють на лущення, так при дії робочих органів лущильних машин в зазорі між валом і деками зерно гречки зазнає складної деформації, в результаті чого оболонка відділяється від ядра.

Оцінку ефективності запропонованої інноваційної технології оцінювали по масовій частині цілого гречаного ядра після лущення (табл. 4).

Таблиця 4.

Вихід готової продукції при використанні
плазмохімічно активованих водних розчинів, %

Показник	Класична технологія	Технологія з використанням плазмохімічно активованих розчинів
Крупа ядриця	68-70	72-74
Крупа проділ	0,8-0,9	0,2-0,4
Борошно кормове	1,0-1,4	0,1-0,3

З наведених результатів можна зробити висновок, що запропонована удосконалена технологія дозволить збільшити масову долю цілого ядра на 2-4% у порівнянні з класичною технологією. Це пов'язане з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів для зволоження. Вони якісно змінюють технологічні властивості зернового матеріалу, а саме, послабляють зв'язок між оболонкою і ядром. При зволоженні активованими розчинами матеріалу спостерігалось інтенсивне переміщення вологи в середину зерна, що призводить до набухання білків і зменшення кількості порожнин між крохмальними зернами, в результаті чого пориста і рихла структура ендосперму стає більш щільною та збільшується в розмірі. Це призводить до деформації

мікроструктури поверхні як ядра, так і оболонки. Деформування поверхонь призводить до виникнення внутрішньої напруги, за рахунок різниці між розширенням ядра і оболонки зерна гречки, а також до ослаблення зв'язку між ними [1]. Це дозволяє зробити процес лушення більш ефективним, оскільки сприяє якісному відділенню оболонки від ядра. При цьому інтенсифікація зволоження, що спричинена застосуванням активованих розчинів, тільки підсилює цей ефект.

Тож використання явища активації водних розчинів дозволяє удосконалити технологію отримання гречаної крупи. Запропоновані прийоми зволоження зернового матеріалу можуть слугувати відправними пунктами інноваційних прогресивних технологій переробки зерна гречки.

Список літератури:

1. Марьин В.А., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Влияние увлажнения зерна гречихи перед пропариванием на эффективность шелушения. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. 7(141). С. 163-168.
2. Марьин В.А., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Влияние влажности на структурно-механические свойства ядра гречихи. Хлебопродукты. 2015. 10. С. 41-43.
3. Kovalova O.S., Chursinov Yu.O., Kofan D.D. Research of hydrothermal processing of dry barley malt // Grain Products and Mixed Fodder's. 2018. Vol.18, Issue 4. P.13-18.
4. Піоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солододорощення: монографія. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 242 с.
5. Піоваров О.А., Ковальова О.С. Дослідження адсорбційних властивостей зерна при використанні водних розчинів, оброблених контактною нерівноважною плазмою. Вопросы химии и химической технологии. – 2011. 5. С. 18-21.
6. Адсорбційні властивості солодового зерна при використанні активованих водних розчинів / О.С. Ковальова, І.С. Семенжа, К.В. Маляр, О.А. Піоваров // Хімія та сучасна технологія: Тези доп. V Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, I том, Дніпропетровськ, Україна, 20-22 квіт. 2011 р. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2011. С. 480.
7. Pivovarov A.A., Tyshchenko A.P., Kovalyova E.S. Ecological aspects of developement and modernization of food industru enterprises of Ukraine. / NATO Advanced Research Workshop (ARW): "ENVIRONMENTAL AND FOOD SECURITY AND SAFETY IN SOUTHEAST EUROPE AND UKRAINE"; Scientific Program and Abstracts, Dnipropetrovs'k, Ukraine, 16-19 May, 2011.– P. 28-29.
8. Піоваров О.А. Дослідження адсорбційних властивостей пророщуваного зернового матеріалу при використанні активованих водних розчинів / О.А. Піоваров, Ю.В. Пономаренко, О.С. Ковальова // Наукові здобуття молоді

- вирішенню проблем харчування людства у ХХІ ст.: Тези доп. 77-ї наук. конф. Молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, 11-12 квіт. 2011 р. К.: НУХТ, 2011. Ч. 1. С. 96.
9. Півоваров О.А. Математичне моделювання процесу водопоглинання в проростаючому зерні з використанням активованих водних розчинів / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, Г.П. Тищенко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2012. № 2. С. 91-95.
10. Вплив плазмохімічно активованих водних розчинів на процеси адсорбції та десорбції зернового матеріалу у виробництві солоду / О.А. Півоваров, Г.П. Тищенко, Ю.О. Чурсінов, О.С. Ковальова // Хранение и переработка зерна. 2013. 9 (174). С. 56-60.
11. Ковальова О.С. Новітні плазмохімічні технології на службі агропромислового виробництва // Матеріали міжнародного семінару «Практичне природне землеробство: якість продукції, ефективність, перспективи», Мелітополь, 15 листопада, 2013 р. Мелітополь: «Люкс», 2013. С. 181-189.
12. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Чурсінов Ю.О. Виробництво солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плазми водних розчинів. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2009. № 2. С. 194-197.
13. Ковальова О.С. Солодові крупи та їх використання в дієтичному харчуванні / О.С. Ковальова, О.Ю. Ачкасова // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ ст.: Матеріали 81-ї міжнародної наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, 23-24 квіт. 2015 р. К.: НУХТ, 2015. Ч. 1. С. 27-28.
14. Чурсінов Ю.О. Особливості виробництва круп із солоду / Ю.О. Чурсінов, О.А. Півоваров, О.С. Ковальова // Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2015. 1 (91). С. 91-97.
15. Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions // Food science and technology. 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 113-121 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1799>
16. Півоваров А.А., Тищенко А.П. Неравновесная плазма: процессы активации воды и водных растворов. Днепропетровск: Издательство DS-Print, 2006. 225 с.