

MODES OF TEMPERING TREATMENT IN THE PRODUCTION OF SMALL CORN FLAKES UNDER LABORATORY CONDITIONS

O. Shapovalenko, R. Ribchinskiy
National University of Food Technologies

Key words:

Corn
Small flakes
Tempering treatment
Moisture
Steam pressure
Steaming time

Article history:

Received 01.10.2019
Received in revised form
17.10.2019
Accepted 13.11.2019

Corresponding author:

R. Ribchinskiy
E-mail:
Rodion1971@gmail.com

ABSTRACT

The article investigates the effect of modes of tempering treatment on the yield and quality of small corn flakes under laboratory conditions. The diagram of technological process of production of small corn flakes included the following technological operations: moistening and cold-tempering of grits in special bins; steaming of pre-moistened grits in a periodic steam chamber; short-term tempering for 10—15 minutes in thermo-stable conditions; flattening of the obtained product on the Nagema roller machine; drying the flattened product on a laboratory dryer; control on the laboratory sifter RLU-1 for extraction of powdery fraction. The effect of pre-steaming grain moisture, steam pressure, and steaming time were investigated.

It was found that the moisture of the grits before steaming and the steam pressure have a greater influence on the yield and quality of small corn flakes. Reducing the moisture content of grits before steaming less than 20% or reducing the steam pressure less than 0.1 MPa does not allow a complete change in the physical, chemical and technological properties of grits, as indicated by the significant amount of powdery fraction produced during flattening. Increase in moisture of the grits above 24% or increase in processing time above 12 min allows to increase the yield of the flattened product, but excessive moisture of the grits leads to partial sticking of the products in the technological process and is economically impractical.

Technologically feasible mode of tempering grits in the production of small corn flakes under laboratory conditions according to the technological process, including pre-moistening of grits, steaming it in a steamer (autoclave) of periodic action, short-term tempering, flattening, drying and control of flakes is: moisture of grits before steaming — 22—24%, steam pressure in the steamer — 0.15—0.20 MPa, steaming time — 10—12 minutes. The duration of cooking of corn small flakes obtained in such modes is 4—5 minutes.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВОЛОГОТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ДРІБНИХ КУКУРУДЗЯНИХ ПЛАСТІВЦІВ

О. І. Шаповаленко, Р. С. Рибчинський

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив режимів вологотеплової обробки на вихід та якість дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних умовах. Схема технологічного процесу виробництва пластівців включала такі технологічні операції: зволоження та відволоження крупи у спеціальних герметичних ємностях; пропарювання попередньо зволоженого зразка крупи у камері пропарювача періодичної дії; короткочасне темперування протягом 10—15 хв у термостабільних умовах; плющення отриманого продукту на вальцьовому верстаті «Nageta»; сушіння плющеного продукту на лабораторній сушарці; контроль на лабораторному розсіювачу PLY-1 для вилучення мучки.

Встановлено, що вологість крупи перед пропарюванням і тиск пари сильніше впливають на вихід та якість дрібних кукурудзяних пластівців. Зменшення вологості крупи перед пропарюванням до 20% або зменшення тиску пари до 0,1 МПа не дає змоги провести зміну фізико-хімічних і технологічних властивостей крупи у повному обсязі, на що вказує значна кількість борошенця, яке утворюється при плющенні. Збільшення вологості вище 24% або збільшення тривалості обробки більше 12 хв дає змогу збільшити вихід плющеного продукту, однак надмірна вологість призводить до часткового злипання продуктів у процесі їх обробки та є економічно недоцільною.

Технологічно доцільним режимом ВТО крупи з кукурудзи при отриманні дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних умовах за схемою попереднього зволоження крупи, пропарювання її у пропарювачі (автоклаві) періодичної дії, короткочасного темперування, плющення, сушіння та контролю пластівців з метою вилучення мучки є вологість крупи перед пропарюванням 22,0—24,0%, тиск пари у пропарювачі 0,15—0,20 МПа, тривалість пропарювання 10—12 хв. Тривалість варіння отриманих при таких режимах пластівців складає 4—5 хв.

Ключові слова: кукурудза, дрібні пластівці, вологотеплова обробка, вологість, тиск пари, тривалість пропарювання.

Постановка проблеми. Кукурудза одна з восьми круп'яних культур, яка переробляється у крупи різної крупності та борошно. За обсягами вирощування вона залишається лідером вітчизняного рослинництва — понад 30 млн т щорічно. При цьому 80% зерна кукурудзи експортується, а розподіл зерна кукурудзи, що залишається на внутрішньому ринку, використовується в пропорції 20% на продовольчі потреби, 65% — на кормові та 15% — на технічні цілі [1].

Кукурудзу використовують у харчовій (борошно, крупа, кукурудзяні пластівці й палички, консерви, крохмаль, сироп, спирт, пиво, деякі ліки, екс-

тракти, пасти, кукурудзяна олія тощо), крохмалепатоковий, пивоварний, спиртовий промисловості, а також у виробництві ксиліту — дієтичного цукру [2; 3]. Досить різноманітний асортимент консерв з кукурудзи різних підвидів. Серед них: кукурудзяні каші з м'ясним фаршем, з м'ясом, з гарбузовим, морквяним, яблучним, абрикосовим і сливовим пюре, голубці з фаршем з кукурудзяної каші й м'ясо під томатним соусом тощо [4; 5]. Кукурудзяне борошно використовують як добавку до пшеничного борошна при виготовленні хлібопекарських, кондитерських виробів, у пивоварстві тощо [6; 7]. Кукурудза вигідно відрізняється від ячменю як сировина для пивоварної промисловості, тому що в ній міститься більше екстрактивних речовин, а склад білків кукурудзяного борошна більше відповідає вимогам технології виробництва пива, адже в кукурудзі майже немає, наприклад, розчинних у воді альбумінів, які містяться в ячмені й можуть викликати помутніння пива [8; 9].

За останнє десятиріччя в Україні зросли обсяги виробництва зерна кукурудзи. Якщо у 2008 р. вироблялось 10,8 млн т, то в минулому році було зібрано близько 35,5 млн тонн. У зв'язку з цим удосконалення існуючих або розробка нових технологій переробки на різні види харчових продуктів, розширення асортименту продукції та популяризація кукурудзи серед населення як різнопланового харчового продукту є актуальним. Зокрема, вирішенням цієї проблеми може стати виробництво дрібних кукурудзяних пластівців, що не виробляються на території України (табл. 1), окрім Сквирського КХП, який в останні роки почав випускати таку продукцію у невеликій кількості.

Таблиця 1. Асортимент та норми виходу круп, побічних продуктів і відходів при переробці зерна кукурудзи

Продукт переробки	Асортимент і вихід продукції, %			
	Крупи кукурудзяні шліфовані п'ять номерів	Крупи кукурудзяні крупні для виробництва пластівців і повітряних зерен, а також дрібні для виробництва паличок	Крупи кукурудзяні дрібні для виробництва паличок	Крупи кукурудзяні подрібнені
1	2	3	4	5
Крупи:				
шліфовані п'ятий номер	40,0	—	—	—
крупні для пластівців	—	30,0	—	—
дрібні для паличок	—	10,0	40,0	—
подрібнені	—	—	—	80,5
Борошно	15,0	15,0	15,0	12,2
Разом	55,0	55,0	55,0	92,7
Мучка	34,0	34,0	34,0	—
Зародок*	7,0	7,0	7,0	3,3
Відходи I—II категорій	3,0	3,0	3,0	2,0

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5
Відходи III категорії та механічні втрати	0,5	0,5	0,5	2,0
Усушка, %	0,5	0,5	0,5	—
ВСЬОГО	100,0	100,0	100,0	100,0

Примітка: *Допускається виготовлення круп без відбору зародка. В такому разі встановлюється сумарний базисний вихід борошна із зародка в кількості 22%.

Як видно з табл. 1, із зерна кукурудзи виробляють тільки крупи кукурудзяні шліфовані п'ять номерів), кукурудзяне борошно, крупи кукурудзяні подрібнені, крупи кукурудзяні крупні для виробництва пластівців і повітряних зерен, а також крупи дрібні для виробництва паличок [10].

Дрібні кукурудзяні пластівці не є традиційним продуктом для України і тому на технологію їх виробництва з вітчизняної сировини не існує нормативної документації з науково обґрунтованими режимами та нормами з якості готової продукції і термінів її зберігання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливими процесами при виробництві пластівців є процеси вологотеплової обробки крупи (пропарювання) та її пластифікації.

Основна функція пропарювання полягає у зменшенні зламу та одержанні більш міцних пластівців [11]. Додавання тепла і вологи пом'якшує крупу, роблячи її більш пластичною і менш схильною до крихкого перелому. Зміцнення пластівців відбувається при посиленні адгезії між структурними елементами пластівців. Також під час загартування та відшаровування пари крохмалю вилуговується із гранул та утворює безклеюву фазу, яка утримує гранули крохмалю разом і скріплює розритий шар оболонки на поверхні пластівців [12].

При пластифікації крупа проходить між двома валками, які, зазвичай, мають діаметр 400—500 мм. Використання більшого діаметра валків на плющильних верстатах, якщо порівняти з вальцьовими верстатами, де використовується діаметр вальців 250 або 300 мм, обумовлено тим, що за допомогою спеціального механізму можливо встановлювати менший зазор між валками, що призводить до збільшення деформації стиску [14] і дає змогу отримувати меншу товщину пластівців. Унаслідок сильної пружної деформації товщина отриманих пластівців завжди більша (0,5—0,6 мм) порівняно з міжвальцьовим зазором (0,3—0,4 мм). Однак розмір частинок збільшується, тому краї пластівців ламаються. Цей ефект проявляється тим більше, чим більший розмір частинок (дрібні або розрізані крупи розширюватимуться менше і, отже, матимуть менше зламаних країв) і менший робочий зазор, що має особливе значення для обладнання з меншим діаметром вальців [11].

Що стосується режимів ВТО, то при виробництві крупних кукурудзяних пластівців кукурудзяну крупу протягом певного часу обробляють у пропарювачі під тиском при температурі понад 100°C. Така обробка пом'якшує тверді крупи. Під час варіння додаткова вода вводиться у вигляді пари, яка конденсується, а вміст вологи після обробки підвищується до 30—35%. Потім гарячу крупу підсушують у сушарках з гарячим повітрям, перемене-

люють за допомогою вальців, які плоско стискають крупу. Пластівці згортаються у величезних циліндричних печах, температура повітря в яких досягає 600°C, і перекидаються навколо обертового барабана. Барабан розташований під кутом, щоб пластівці кружляли навколо і проходили крізь нього досить швидко, що перешкоджає знаходженню їх занадто довго при високій температурі [13].

Дані про режими обробки кукурудзяної крупи при виробництві дрібних пластівців у літературі відсутні.

Мета дослідження: обґрунтувати режими волого-теплової обробки при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців.

Матеріали і методи. Предметом досліджень була кукурудзяна крупа № 4, отримана у заводських умовах з такими показниками якості: вологість — 13,1%; зольність — 0,58%; вмісту крохмалю — 71,1%.

Об'єкт дослідження: встановлення оптимальних волого-теплових режимів, які б забезпечили найбільший вихід і найкращу якість плющених продуктів. Було проведено три серії дослідів:

– у першій серії дослідів крупу зволожували шляхом холодного кондиціонування до заданої вологості: 18, 20, 22, 24 та 26%. Інші режими були застabilізовані: тривалість відволоження — 10 год, тиск пари — 0,2 МПа;

– у другій серії дослідів змінювали тиск пари від 0,05 до 0,20 МПа з кроком 0,05 МПа при стабільній вологості крупи перед пропарюванням — 22% і тривалості відволоження — 10 год;

– у третій серії дослідів змінювали тривалість пропарювання від 6 до 14 хв (з кроком 2 хв). Тиск пари складав — 0,20 МПа, вологість крупи перед пропарюванням — 22%.

Технологічна схема виробництва дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних умовах включала такі етапи:

– зволоження за допомогою спеціального пристрою, що розприскує воду протягом 15—20 с, та відволоження у спеціальних герметичних ємностях зразків крупи;

– пропарювання попередньо зволжених зразків крупи у камері пропарювача періодичної дії;

– короткочасне темперування протягом 10—15 хв у термостабільних умовах;

– плющення отриманого продукту на вальцьовому верстаті «Nagema» з гладкими вальцями при зазорі 0,3—0,4 мм;

– сушіння плющеного продукту на лабораторній сушарці;

– контроль на лабораторному розсійнику РЛУ-1 (просіювання на ситі № 067) для вилучення мучнистих продуктів.

Отримані продукти при різних режимах оцінювали за: органолептичною оцінкою (візуальний вигляд і форма); кількісною оцінкою (вихід пластівців, крупність, %); якісною оцінкою (вологість, зольність, крохмаль); споживчою оцінкою (пробна варка та коефіцієнт розварюваності).

Кількість води (К), необхідної для зволоження, визначали за формулою:

$$B = 3 \left(\frac{(100 - A)}{(100 - B)} - 1 \right), \quad (1)$$

де В — кількість води, що додається при зволоженні, г; З — маса зволоженого зерна, г; А — початкова вологість зерна, %; Б — кінцева вологість зерна, %.

Вихід пластівців визначали кількістю сходу з сита № 067 при просіюванні 100 г плющеного продукту; крупність пластівців — за модулем крупності при просіюванні на наборі сит з \varnothing 2,8; 2,6; 2,3; 2,0; 1,6 мм.

Для дослідження фізико-хімічних показників кукурудзяних продуктів (вологість, зольність, вміст крохмалю) використовували стандартні методики: вологість визначали шляхом висушування в сушильній шафі при температурі 130°C згідно з ГОСТ 13586.5-93, зольність — озоленням у муфельній печі при температурі 800°C згідно з ДСТУ ISO 2171:2009, вміст крохмалю — поляриметричним методом за Еверсом згідно з ГОСТ 10845-98.

Результати і обговорення. На першому етапі (серія 1, досліди 1—5) досліджень режимів вологотеплової обробки (ВТО) визначали вплив зволоження крупи на вихід, якість продуктів плющення та отриманих пластівців (табл. 2).

При низькій вологості крупи (18 та 20%) утворювалось багато мучки — 28,1 та 22,7% відповідно, із зольністю 0,68—0,72% та вмістом крохмалю 64,0—68,0%. При зольності вихідної крупи 0,63% та вмісту крохмалю 71,1% це свідчило про те, що волога при кондиціонуванні проникла у внутрішні шари крупинок, але на поверхні її було недостатньо. Тому високозольні периферичні частинки крупинок гірше піддавались плющенню, подрібнювались та утворювали мучку.

При вологості крупи 22% та вище кількість мучки була 8,6—9,2%, що для лабораторних умов є максимально можливим результатом. Однак висока вологість крупи до пропарювання призводить до високої вологості пластівців, що потребує збільшення енерговитрат при їх сушінні та доведенні до норм (не більше 13,0%), що гарантують їх зберігання протягом 6—9 міс. Крім того, при вологості крупи перед пропарюванням 24 та 26% в отриманих продуктах було помітно злипання часток, що в промислових умовах призведе до зменшення сипкості продуктів, зменшення продуктивності обладнання та порушення технологічного процесу. Тому за оптимальну було прийнято вологість крупи перед пропарюванням 22%.

Після визначення необхідної вологості крупи досліджували вплив тиску пари (серія 2, досліди 6—9). При тривалості пропарювання 10 хв, тиску пари 0,05 та 0,10 МПа недостатньо для рівномірного захоплення води усією крупинкою. При тиску пари 0,15 та 0,20 МПа вихід мучки був 11,9 та 9,6%, а її зольність (0,61 та 0,58%, відповідно) та вміст крохмалю (74,1 та 78,0%, відповідно) свідчили про те, що в її складі частка центральної частини (ендосперму) перевищувала частку периферичних частин.

При більш жорстких режимах відбувалось збільшення зольності пластівців на 0,01—0,02%, що пояснюється міграцією зольних речовин з внутрішніх частин на периферію [15], і зменшення вмісту крохмалю, що, у свою чергу, відбувалось у зв'язку з переходом частки ендосперму в мучку, а також унаслідок його клейстеризації з подальшим набуханням і порушенням натив-

ної структури крохмальних зерен при термічній обробці вище 50—60°C. Також це свідчить про ефективність проведення процесу пропарювання.

Оптимальним тиском пари прийнято 0,20 МПа, подальше його підвищення було обмежено конструкцією лабораторного пропарювача, тому здійснено третю серію дослідів (досліди 10—14), де при встановлених раніше режимах (вологості крупи та тиску пари) змінювали тривалість пропарювання. Варто зазначити, що тривалість пропарювання порівняно з іншими факторами менше вплинула на кількісні результати процесу пластифікації. При збільшенні тривалості пропарювання з 6 до 14 хв вихід мучки знизився тільки на 4,6% — з 13,5 до 8,9%. При тривалості пропарювання від 10 до 14 хв якість пластівців була практично однаковою — зольність 0,64—0,65%, вміст крохмалю — 69,5—70,4%, однак при 14 хв обробки спостерігалось частково злипання продукту, тому тривалість обробки слід витримувати в межах 10—12 хв.

Наступним показником, за яким було оцінено якість проведення ВТО, став модуль крупності: чим вища крупність отриманих пластівців — тим краще. Найбільша крупність пластівців та їх найкраща вирівнюваність за крупністю була отримана при більш «жорстких умовах» (табл. 2).

Оцінка зовнішнього вигляду стала однією з ключових при виборі оптимальних режимів ВТО. При органолептичній оцінці пластівців важливо, щоб кукурудзяні пластівці були міцними, однакової крупності та консистенції, не кришилися. У зв'язку з тим, що вони дрібніші за вівсяні, такий показник, як товщина пластівців, для них не нормований. На рисунку показано зовнішній вигляд отриманих продуктів при різних режимах ВТО.

На підставі вищенаведених фактів та за органолептичною оцінкою технологічно доцільними режимами ВТО крупи при отриманні дрібних кукурудзяних пластівців є вологість перед пропарюванням 22—24%, тиск пари 0,15—0,20 МПа, тривалість пропарювання 10—12 хв. Пропарювання крупи при таких режимах дає змогу отримувати вихід пластівців на рівні 88,2—91,4%. За попередньою органолептичною оцінкою плющений продукт, отриманий при таких режимах, характеризується як пластівці (рис. Б).

Таблиця 2. Гранулометричний склад (вихід фракції, %) та органолептична оцінка пластівців

Фракція	Серія 1. Вологість перед пропарюванням, W, %					Серія 2. Значення тиску, P, МПа				Серія 3. Тривалість пропарювання, τ, хв				
	18	20	22	24	26	0,05	0,10	0,15	0,20	6	8	10	12	14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ дослідю	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø -/2,8	4,9	4,5	4,1	4,9	5,3	7,4	6,0	5,6	4,1	5,0	4,6	4,1	5,1	5,4
Ø 2,8/2,6	6,6	6,2	5,0	5,4	5,0	9,6	9,0	8,3	5,0	5,1	5,7	5,0	5,7	6,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø 2,6/2,3	12,9	11,7	10,2	9,9	10,2	11,7	14,0	12,0	10,2	10,0	9,5	10,2	9,5	9,8
Ø 2,3/2,0	10,5	12,0	11,3	11,2	11,4	13,5	13,5	12,5	11,3	10,2	10,6	11,3	9,8	10,3
Ø 2,0/1,6	35,2	43,4	52,8	54,2	56,2	28,0	30,3	38,2	52,8	44,2	50,2	52,8	55,9	56,6
Ø 1,6/-	29,9	22,2	16,6	14,4	11,9	29,8	27,2	23,4	16,6	25,5	19,4	16,6	14,0	11,7
Всього	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Модуль крупності, мм	1,65	1,72	1,77	1,80	1,83	1,66	1,69	1,71	1,77	1,69	1,74	1,77	1,79	1,82
Зовнішній вигляд	Схоже на пластівці	Пластівці	Пластівці, кращій результат	Найвне часткове злипання продукту	Найвне злипання продукту	Ядро плющене	Схоже на пластівці	Пластівці, кращій результат	Пластівці, кращій результат	Схоже на пластівці	Пластівці, кращій результат	Пластівці, кращій результат	Найвне часткове злипання продукту	Найвне часткове злипання продукту

Зменшення вологості ядра перед пропарюванням до 20% або зменшення тиску пари до 0,1 МПа не дає змоги провести зміну фізико-хімічних і технологічних властивостей крупи у повному обсязі, на що вказує значна кількість мучки, яка утворюється при плющенні. Велика кількість мучки на етапі плющення вказує на недостатньо пластичні властивості крупи. Окрім цього, при плющенні крупи, підготовленої за такого режиму, від пластівців відколюються частини і кінцевий продукт характеризується несиметричною формою (рис. А).



А



Б



В

Рис. Зовнішній вигляд пластівців при різній вологості крупи
($P = 0,20$ МПа, $t = 10$ хв): А — $W_n = 20,0\%$; Б — $W_n = 22,0\%$; В — $W_n = 24,0\%$

Збільшення вологості продукту вище 24% або збільшення тривалості його обробки більше 12 хв, у свою чергу, дає змогу збільшити вихід плющеного ядра, однак надмірна вологість крупи перед пропарюванням призводить до подальшого розмазування крупи, забивання технологічного обладнання, ви-

сокої вологості. Тож пластівці, отримані при такому режимі, характеризуються частковим злипанням і неоднорідною крупністю (рис. В).

При оцінці споживчих властивостей пластівців встановлено, що тривалість варіння отриманих пластівців була практично однаковою і складала 4—6 хв, незначно змінюючись залежно від «жорсткості» режимів вологотеплової обробки. Із зміною режимів у більшу сторону тривалість варіння дещо зменшувалась. При визначених оптимальних режимах ВТО тривалість варіння дрібних кукурудзяних пластівців складає 4—5 хв.

Висновки

Технологічно доцільним режимом ВТО крупи з кукурудзи при отриманні дрібних кукурудзяних пластівців за схемою попереднього зволоження крупи, пропарювання її у пропарювачі (автоклаві) періодичної дії, короткочасного темперування, плющення, сушіння та контролю пластівців з метою вилучення мучки є вологість крупи перед пропарюванням — 22—24,0%, тиск пари у пропарювачі — 0,15—0,20 МПа, тривалість пропарювання — 10—12 хв. Тривалість варіння отриманих при таких режимах кукурудзяних дрібних пластівців складає 4—5 хв.

Враховуючи, що сьогодні все більшим попитом користуються продукти, які не потребують варіння, перспективним напрямком подальших досліджень є обґрунтування структури і режимів ВТО кукурудзяної крупи для виробництва дрібних пластівців, для приготування яких достатньо залити їх окропом і дати постояти протягом 3—5 хв під закритою кришкою.

Література

1. Дробот В. И., Писарец О. П., Кравченко И. Н. Использование продуктов переработки кукурузы в производстве хлеба из композиционных смесей. *Наука. Образование. Молодежь: республиканская конференция молодых ученых, 18—19 апреля 2013 г.*: материалы докладов и выступлений. Алматы: АТУ, 2013. С. 64—66.
2. Suri D. J., Tanumihardjo S. A. Effects of Different Processing Methods on the Micro-nutrient and Phytochemical Contents of Maize: From A to Z. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016. Vol. 15, No. 5. С. 912—926.
3. Guo L., Liu R., Lia X. The physical and adsorption properties of different modified corn starches. *Starch*. 2015. Vol. 67, No. 3—4. С. 237—246.
4. Merwe B. Van der, Erasmus C., Taylor J. R. N. African maize porridge: A food with slow in vitro starch digestibility. *Food Chemistry*. 2001. Vol. 72, No. 3. С. 347—353.
5. Merwe B. Van der. Maize porridge starch digestibility: Thesis, Pretoria, University of Pretoria, 1999. 134 с.
6. la Hera E. De, Talegón M., Caballero P. Influence of maize flour particle size on gluten-free breadmaking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013. Vol. 93, No. 4. С. 924—932.
7. Case S. E., Hamann D. D., Schwartz S. J. Effect of starch gelatinization on physical-properties of extruded wheat-based and corn-based products. *Cereal Chemistry*. 1992. Vol. 69, No. 4. С. 401—404.
8. Кузьменкова Н. М. Разработка комплексной технологии этанола из кукурузы на основе дифференцированных способов переработки сырья: автореф. дис. ... к.т.н. Москва, МГУПП, 2014. 24 с.
9. Ore G., Mironov M., Shootov A. Design and production of maize beer. *MOJ Food Processing & Technology*. 2018. Vol. 6, No. 1. С. 78—87.

10. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах: К.: Київський ін-т хлібопродуктів, 1998. 162 с.
11. Gates F. Role of heat treatment in the processing and quality of oat flakes: Thesis, Helsinki, 2007, University of Helsinki. 69 с.
12. McDonough C. M., Anderson B. J., Rooney L. W. Structural characteristics of steam-flaked sorghum. *Cereal Chemistry*. 1997. Vol. 74. С. 542—547.
13. Comparative tests performance scores of corn flakes. *Consumer voice*. 2012. No. September. С. 7—12.
14. Dieter G. E. Mechanical metallurgy: New York: 1986. 751 с.
15. Соц С. М. Удосконалення технології підготовки зерна рису до переробки: Автореферат дис. ... к.т.н. Одеса, ОНА, 2006. 16 с.