

С. І. БУХКАЛО**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ КРОХМАЛЮ З КАРТОПЛІ ТА КУКУРУДЗИ**

В статті наведено огляд з аналізу можливостей вирішення деяких задач навчання студентів НТУ «ХПІ» у межах розвитку комплексних технологій виробництва різновидів крохмалю (частина 1). Метою дослідження визначено підвищення ефективності використання різновидів продукції для різних галузей промисловості на комплексних підприємствах. Дослідження спрямовані на вивчення таких питань як організація збирання і транспортування сировини, її ідентифікація та методи контролю якості; вибір науково-обґрунтованих методів переробки та подальшої модифікації; розробка необхідних технологічних схем та обладнання для переробки сировини; вибір підприємств для виробництва і обґрунтування вибору усіх видів ресурсів для реалізації цих проектних рішень. Можливості теми представлені у вигляді матеріалів для комплексних проектів студентів на прикладах переробки різноманітної сировини або різновидів модифікації її властивостей.

Ключові слова: комплексні технології, науково-обґрунтовані методи, переробка та аналіз властивостей.

С. И. БУХКАЛО**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ КРАХМАЛА ИЗ КАРТОФЕЛЯ И КУКУРУЗЫ**

В статье приведен обзор и анализ возможностей решения некоторых задач обучения студентов НТУ «ХПИ» в рамках развития комплексных технологий производства крахмала (часть 1). Целью исследования определено повышение эффективности использования разновидностей продукции для различных отраслей промышленности на комплексных предприятиях. Исследования направлены на изучение таких вопросов, как организация сбора и транспортировки сырья, его идентификация и методы контроля качества; выбор научно-обоснованных методов переработки и дальнейшей модификации; разработка необходимых технологических схем и оборудования для переработки сырья; выбор предприятий для производства и обоснование выбора всех видов ресурсов для реализации этих проектных решений. Возможности темы представлены в виде материалов для комплексных проектов студентов на примерах переработки различного сырья и разновидностей модификации его свойств.

Ключевые слова: комплексные технологии, научно обоснованные методы, переработка и анализ свойств.

S. I. BUKHALO**PROSPECTS FOR STARCH TECHNOLOGIES FROM POTATO AND MAIZE DEVELOPMENT**

The paper provides an overview and analysis of the possibilities of solving some problems in students of NTU "KhPI" training in the framework of integrated starch production technologies development from potato and maize (part 1). The aim of the study is to increase the efficiency of use of varieties of products for various industries at complex and integrated sites for the starches production. Research is aimed to study such issues as the organization of the collection and transportation of raw materials, its identification and quality control methods; selection of scientifically based processing methods and further modifications; development of the necessary process flowsheets and equipment for processing raw materials; selection of enterprises for production and justification to select each types of resources for the implementation of these design decisions. Opportunities of the topic are presented in the form of materials for complex projects of students using examples of processing various raw materials and varieties of modification of its properties.

Keywords: complex technologies, scientifically based methods, processing and analysis of properties.

Вступ. Сучасні виробництва крохмалю складаються з різноманітних процесів, у ході яких очищений крохмаль відділяється від інших компонентів сировини: метою є отримання нерозчинного крохмалю у вигляді непошкоджених або цільних гранул – нативний крохмаль. Крохмаль утримується в клітинах рослинних тканин у вигляді крохмальних зерен різної форми і при одержанні сирого крохмалю основною метою є добування цих зерен і їхнє очищення від забруднень. Для цього руйнують клітинні стінки рослинної сировини, що часто досягається механічним впливом. Нативні крохмалі мають слабку структуру, яка не завжди витримує технологічні параметри роботи сучасного обладнання. Комплексні технології виробництва крохмалопродуктів дозволяють створити інноваційні галузі можливого застосування, а також знизити собівартість продукції, розширити асортимент її застосування та виробництва.

При цьому модифікація крохмалю дозволяє впливати на зміни його структури і на водневий зв'язок контрольованим способом: хімічним, біохімічним, фізичним та ін.

Збільшений за останній час попит на натуральні інгредієнти, наприклад, стимулює розробку фізично модифікованих крохмалів в гранульованому стані [1, 2, 5] – згущувачі, а гелеутворюючі властивості крохмалю визначаються в основному мікроструктурою системи, яка в свою чергу залежить від умов обробки та природного джерела крохмалю. Крохмальні дисперсії являють собою колоїдні системи, в яких набряклі зерна крохмалю утворюють дисперсну фазу, а розчинний матеріал, і в першу чергу амілоза, утворюють дисперсійне середовище. Зі збільшенням концентрації крохмалю набухання і розчинність його знижуються в зв'язку з обмеженою кількістю вільної води, і різниця між станом крохмалю стає менш вираженою.

З іншого боку, для повного розчинення гранульованої структури потрібна обробка при температурах понад 100 °C і механічний особливий вплив. Для практичного застосування крохмалю в якості згущувача зазвичай перемішують набряклі крохмаль, оскільки це сприяє підвищенню в'язкості

© Бухкало С.І., 2019

розчину. Однак при екстенсивному набуханні зерна крохмалю стають чутливими до втрати гранульованої цілісності при механічному впливі, причому їх деформація залежить від інтенсивності зсувного потоку [1].

Однак при цьому виникає нова відповідальність, наприклад, стосовно прийняття правильних не тільки технічних, технологічних, конструкційних, а також

комплексних стратегічних і тактичних рішень.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

В спектральній характеристиці нативних і модифікованих крохмалів дослідниками виявлені загальні порівняльні тенденції за наявності та формою піків інфрачервоних кривих (рис. 1) [1].

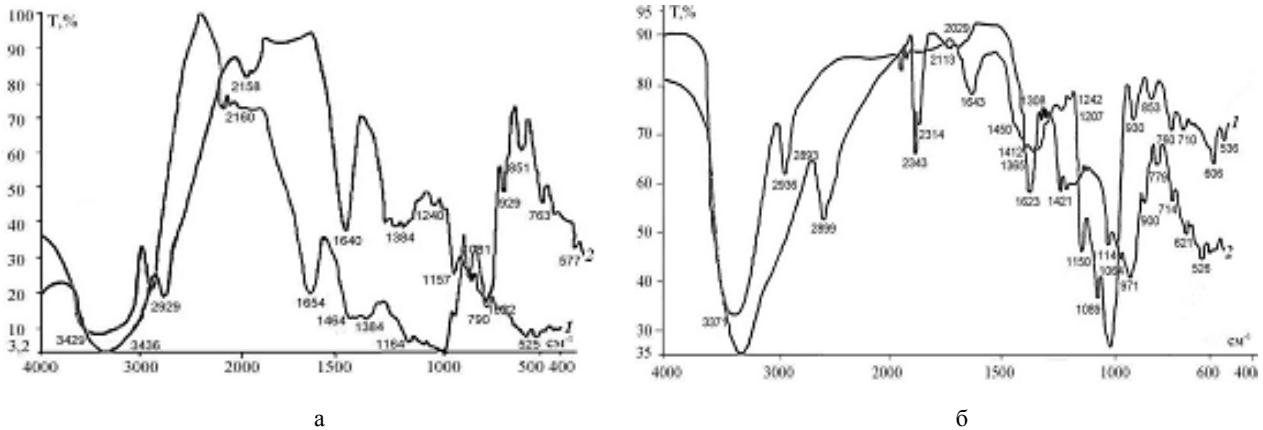


Рис. 1. ІЧ-спектри крохмалів: а – картопляного, 1 – нативного, 2 – екструзійного; б – кукурудзяного, 1 – нативного, 2 – екструзійного.

Відмінності в спектрах, за висновками дослідників для окремих видів крохмалів і амілози визначаються специфічними способами виробництва крохмалю та виділення їх складових, а також зміною в структурі нових ботанічних сортів вихідного рослинної сировини.

В ході екструзії борошна, крохмалю, або також

сумішей різних крохмалів змін функціонального складу полісахаридів не відбувається – спостерігається перерозподіл системи водневих зв'язків ОН-груп, при цьому загальна кількість і міцність цих зв'язків в модифікованих полісахаридах зменшується, що пов'язано з протіканням реакцій деструкції полісахариду при його екструзії.

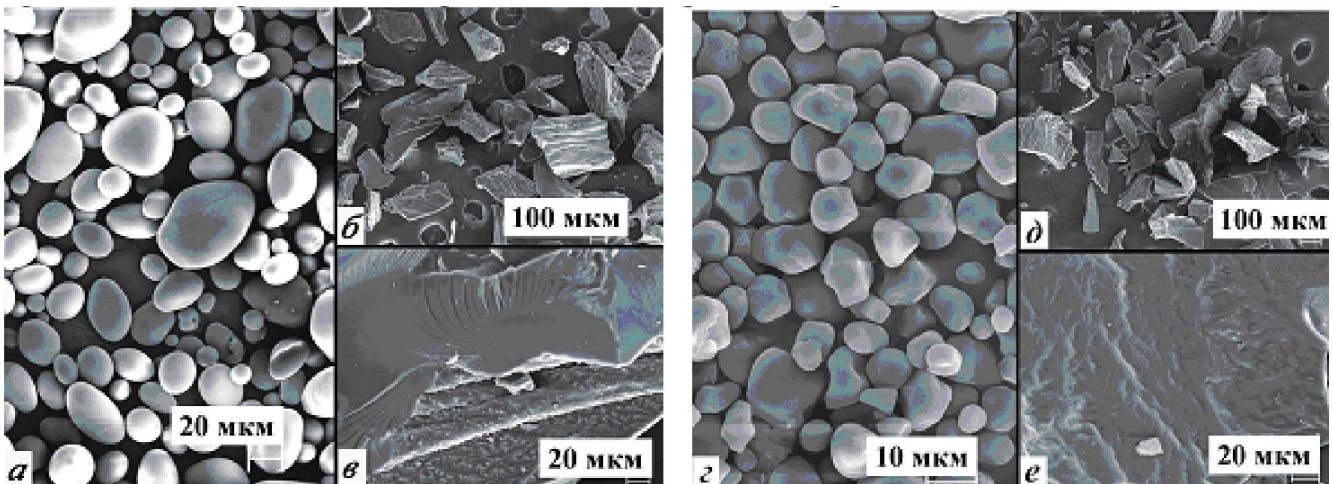


Рис. 2. Морфологічна структура крохмалів. Картопляного: а – нативного, б – екструзійного; в – поверхня часток екструзійного крохмалю. Кукурудзяного: а – нативного, б – екструзійного, в – поверхня часток екструзійного крохмалю

Науковими дослідженнями доказано, що морфологічна (табл. 1) і фазова (табл. 2, рис. 2) структура залежить від виду рослинної крохмалеутримуючої сировини і від її сортової

визначеності, а також деякими умовами зберігання та підготовки сировини до виробництва за нормативно-технічною документацією [2–5].

Таблиця 1. Морфологічна характеристика нативних крохмалів різновидів ботанічного походження

Нативні крохмалі	Параметри			
	Середнє, мкм	min–max, мкм	Розподіл гранул за розмірами	Форма гранул
Картопляний	21,7 ± 2,36	7,7–60,0	Бімодальний	Неправильна овальна
Кукурудзяний	9,8 ± 0,42	3,6–19,2	Мономодальний	Неправильна багатогранна
Ржаний	21,2 ± 2,36	4,9–42,8	Тримодальний	Овальна і округла
Пшеничний	12,4 ± 1,9	2,8–27,1	Бімодальний	Правильна овальна і округла
Трітікалевий	13,2 ± 1,75	4,0–30,7	Бімодальний	Правильна овальна і округла
Сорговий	11,0 ± 0,76	3,5–21,7	Мономодальний	Овальна і багатогранна
Ячмінний	10,9 ± 1,15	3,0–21,4	Мономодальний	Овальна і округла
Рисовий	5,3 ± 0,29	2,7–7,9	Тримодальний	Неправильна овальна
Вівсяний	7,4 ± 0,87	4,0–14,9	Мономодальний	Неправильна округла
Гороховий	20,4 ± 2,57	6,1–32,3	Мономодальний	Неправильна овальна
Нутовий	14,8 ± 0,93	6,0–25,6	Мономодальний	Правильна овальна
Амарантовий	1,1 ± 0,04	0,5–1,5	Мономодальний	Багатогранна
Тапіоковий	10,6 ± 0,5	2,8–31,2	Бімодальний	Неправильна округла

Особливості фазової структури крохмалів (табл. 2) дослідники визначали за показниками: відносна ступінь кристалічності, % – X; відносна ступінь аморфності, % – a_k ; коефіцієнт спорідненості до хімічного модифікуючого фактору $k_x = a_k / a_{k_{max}}$.

Таблиця 2. Особливості фазової структури крохмалів

Показники	X, %	a_k , %	$k_x = a_k / a_{k_{max}}$
Зерновий крохмаль			
Кукурудзяний	20,0	80,0	0,986
Пшеничний	36,4	63,6	0,784
Ржаний	27,5	72,5	0,894
Трітікалевий	28,6	71,4	0,880
Ячмінний	18,9	81,1 ($a_{k_{max}}$)	1,000
Рисовий	39,6	60,4	0,745
Сорговий	35,0	65,0	0,801
Зерно-бобовий крохмаль			
Нутовий	22,8	77,2	0,952
Гороховий	18,9	81,1 ($a_{k_{max}}$)	1,000
Бульбовий крохмаль			
Тапіоковий	39,4		
Картопляний	35,0		
Сорти картоплі української селекції			
Дзвін	38,8		
Лелека	37,2		
Сорти картоплі білоруської селекції			
Лазуріт	41,8	58,2	0,894
Скарб	42,9	81,1 ($a_{k_{max}}$)	1,000
Сорти картоплі німецької селекції			
Albatros	37,5	62,5	0,960
Kormoran	37,9	62,1	0,954
Kranich	37,6	62,4	0,959
Sonate	34,9	65,1 ($a_{k_{max}}$)	1,000

Крохмаль легко змінює фізико-хімічні властивості під дією теплової обробки, хімічних реагентів, амілолітичних ферментів. Ці процеси супроводжуються деструкцією полімерних молекул крохмалю, що складаються з амілози й амілопектину. На основі цих процесів одержують модифіковані крохмалі й інші крохмалопродукти: патока, декстрини, глюкоза.

При нагріванні у воді зерна крохмалю руйнуються з утворенням клейстеру. Клейстеризація крохмалю – складний процес, що йде в три основні

стадії. Спочатку крохмальні зерна набухають, приєднуючи невелику кількість води. При підвищенні температури приєднується велика кількість води, що супроводжується сильним набряканням зерен зі збільшенням їхнього об'єму в сотні разів і підвищенням в'язкості розчину. Ця стадія незворотна. Набрякання крохмалю відбувається внаслідок розриву водневих зв'язків і гідратації макромолекул полісахаридів. На останній стадії розчинні полісахариди витягуються водою, зерна втрачають форму і перетворюються в мішечки,

суспендовані в розчині. Клейстеризація картопляного крохмалю відбувається при температурі 55–68 °С, кукурудзяного – при температурі 64–71 °С.

Розглянуті продукти одержують на спеціалізованих крохмале-патокових виробництвах, оснащених потоковими механізованими лініями. На малих виробництвах продукти виходять низької якості, малі виробництва нерентабельні [2].

Сировина для виробництва крохмалопродуктів. Для промислового виробництва крохмалю сировиною є картопля, зерна кукурудзи, пшениці, жита, рису, а також виробляють тапіоковий, гороховий, амарантовий, ячмінний, сорговий, трітїкалевий, вівсяний крохмалі. Широко використовуються картопля і кукурудза у якості великотонажної сировини виробництва (табл. 3).

Таблиця 3. Склад крохмалю з картоплі і кукурудзи

Сировина	Вміст, %		Склад сухої речовини (СР), %						
	вологи	СР	крохмаль	азотисті речовини	клітковина	зола	жир	розчинні вуглеводи	інші
Картопля	75	25	74	8	4	4	0,8	3,2	6
Кукурудза	13	87	70	12	1,8	1,5	6–6,5	3–5	4

Кукурудза в порівнянні з картоплею має кращу транспортність і краще зберігається, тому на цій сировині працюють цілий рік. На картоплі – 3–5 місяців у році. З кукурудзи вивільняти крохмаль складніше через особливості будови сировини і великий вміст у ній білка й жиру. Картопляний крохмаль дає більш в'язкі клейстери, тому його споживча вартість вища. На переробку надходить кукурудза вологістю 13–16 %, картопля 75 %. У складі сухих речовин картоплі знаходяться крохмалю 74 %, кукурудзи – 70 % до маси сухого зерна. Ці види сировини рівноцінні за виходом у перерахуванні на сухі речовини [5–8].

Важливо відмітити: несолоджені сировина бродильних виробництв – це також і крохмалевмісні матеріали – сировина для виробництва крохмалопродуктів, які практично не мають ферментативної активності. До такого виду сировини відносяться зернові культури (табл. 4): ячмінь, рис, кукурудза, пшениця, сорго, овес, жито, тритикале, просо, гречка, сиропи з зернових культур, екстракти солоду.

Залежно від складу крохмалевмісну сировину можна використовуватися або на етапі затирання зернопродуктів, або безпосередньо вноситися в сушловарочний котел. Застосування несолодженої сировини в пивоварінні сприяє:

- зниження собівартості, наприклад, при використанні ячменю;
- збільшення екстрактивності суслу при використанні рису, кукурудзи, сорго, пшениці і сиропів;
- збільшення продуктивності варильного цеху при використанні сиропів, крохмалю та зернових культур з більшою екстрактивністю;
- створення нових сортів пива;
- підвищення колоїдної і смакової стійкості пива.

З точки зору застосування злаків в пивоварінні і виробництві зернових продуктів слід звернути увагу на наступні структури зерна: оболонки, алейроновий шар, ендосперм і зародок. розрізняють плівчасті і голозерні культури (табл. 4).

Таблиця 4. Хімічний склад структур зерна

Морфологічна структура	З'єднання
Половова оболонка	Целюлоза, фенольні сполуки (лігнін)
Плодова і насіннева оболонки	Целюлоза, фенольні сполуки, зокрема, проантоціанідіни, таніни
Алейроновий шар	Геміцелюлоза (глюкан, пентозани), жири, моно- і олігосахариди, білки, вітаміни і мікроелементи, білок, в тому числі і білок ферментів, жири, моно- і олігосахариди, білки, вітаміни і мікроелементи, фенольні сполуки, зокрема, антоціаногени (антоціанідіни)
Ендосперм	Крохмаль, геміцелюлоза (глюкан і пентозани) жири, моно- і олігосахариди, білки, вітаміни і мікроелементи, ферулова кислота
Зародок	Жири, моно- і олігосахариди, білки, вітаміни і мікроелементи. Ферменти.

При оцінці придатності зернового матеріалу в якості несолодженої сировини слід знати хімічний склад окремих структур зерна, зокрема вміст в них крохмалю, некрохмалистих полісахаридів, білка, деяких амінокислот (проліну, метіоніну, цистеїну), фенольних сполук, вітамінів (В1, В3, В7, Е) і мінеральних компонентів. Особливо слід звернути увагу на кількість в зерновому матеріалі іонів К, Р, Mg, Zn, Fe, Ca, Si. У таблиці 4 наведені компоненти зерна, які мають найбільше значення в технології

зернових напоїв, формуванні їх сенсорного профілю і стабільності властивостей при зберіганні.

Крохмаль – основний запасний полісахарид, який складається з двох фракцій: амілози і амілопектину.

Амілоза, у свою чергу, складається з 60–2000 глікозидних залишків, пов'язаних в лінійну послідовність α -1,4-глікозидними зв'язками. Макромолекула амілози має α -спіральною структуру, в якій на кожен виток спіралі приходиться 6 моносахаридів.

ридних ланок. кількість глікозидних залишків в амілопектину становить від 6000 до 40000; α , D-Глікопіранозні залишки пов'язані α -1,4, а в точках розгалуження – α -1,6-глікозидними зв'язками. Некрохмалисте полісахариди представляють собою целюлозу, геміцелюлози, геми-речовини. ці речовини відносяться до харчових волокон.

Целюлоза (клітковина) – лінійний гомополісахарид, що складається з α , D-глюкопіраноз, молекули якої з'єднані α -1,4-глікозидними зв'язками. Структурним повторюваним фрагментом в целюлозі є дисахарид целобіоза.

Геміцелюлоза (ГЦ) входить у склад клітинних стінок алейронового шару і ендосперму. У клітинах алейронового шару переважають пентозани, в той час як в клітинах ендосперму більше міститься глюканів, ніж пентозанів. Співвідношення між глюканами і пентозанами в клітинних стінках визначається природою злаків і кліматичними умовами їх обробітку. β -Глюкан є полімером глюкози, в якому 74% зв'язків представлені зв'язками β -1,4, в результаті при гідролізі утворюється целобіоза, а 26% зв'язків це β -1,3 (при гідролізі утворюється ламінарібіоза). Пентозани представлені полісахаридами, що складаються із залишків ксилози, з'єднаних β -1,4-зв'язками. Крім того, в них можуть бути бічні ланцюжки, що складаються з ксилози, арабінози і уронових кислот. Полімери з ксилози і арабінози називаються арабіноксіланами.

Арабіноксілани утворюють ефірні зв'язку з феруловою кислотою і білками.

Гума-речовини мають меншу, ніж ГЦ масу і розчиняються в гарячій воді. Геміцелюлози розчиняються в розбавлених лугах. Гума-речовини також входять до складу клітин ендосперму. Вони мають меншу в порівнянні з геміцелюлозою молекулярну масу.

При розробці технологій зернових продуктів з дієтичними властивостями слід звернути увагу на некрохмалисті вуглеводи, і в першу чергу на β -глюкан. Продукти, що містять глюкани, сприяють зниженню холестерину в крові, запобігають захворюванню діабетом 2 типу. Крім того вони є ентросорбентами. Також до харчових волокон відносять лігнін та таніни, що входять в структуру клітинних стінок.

При одержанні крохмалю з картоплі (рис. 3) технологічний процес складається з таких операцій: миття, здрібнювання, промивання маси водою, а потім пропущення крохмального молочка через сита: мезга залишається на ситі, а воду з крохмалем відстоюють у чанах або розділяють на центрифугі. Одержують сирий крохмаль зі вмістом вологи в масі 50 %. У такому вигляді сирий крохмаль використовують для виробництва крохмалопродуктів і крупи саго. Для вироблення сухого крохмалю проводять сушіння.

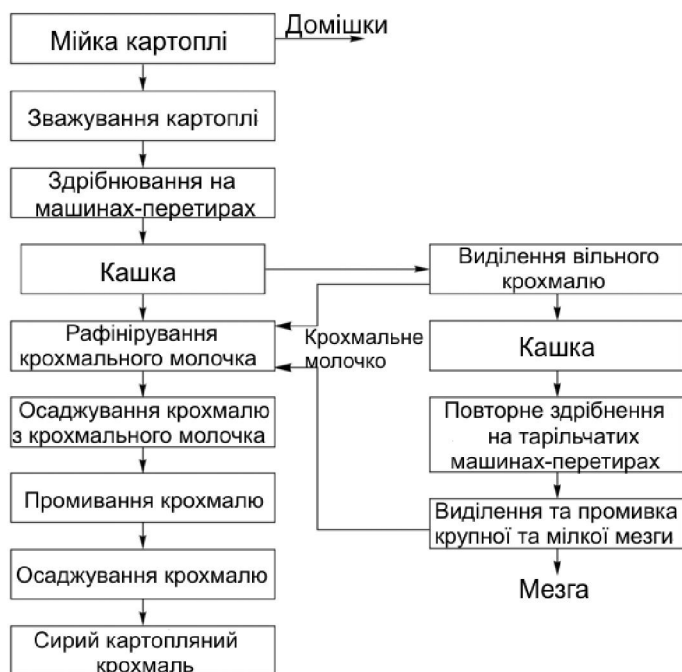


Рис. 3. Функціональна схема одержання крохмалю з картоплі

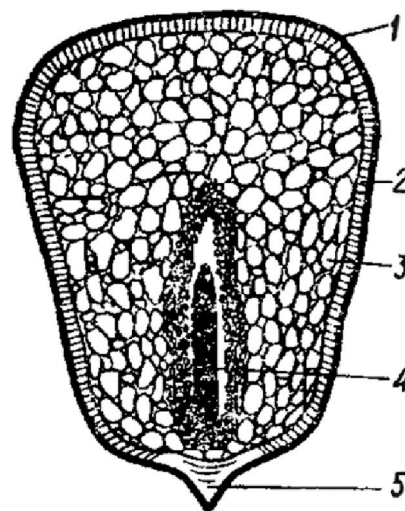


Рис. 4. Будова зерна: 1 – перикарпій; 2 – алейроновий шар; 3 – ендосперм; 4 – зародок; 5 – чохлак

Виробництво крохмалю з зернових має особливості. Через більш складну будову зерна крохмалю (рис. 4), виділення його з клітин вимагає додаткових операцій: замочування зерна в підкисленій

воді (вміст двооксиду сірки 0,15–0,2%), після чого проводять дроблення, відділення зародка, тонкий розмел крупок. Далі проводять процес аналогічно процесу одержання крохмалю з картоплі [5–10].

При вологості 13–14 % зерно кукурудзи може зберігатися до двох і більше років. Завдяки цьому кукурудзу можна переробляти цілий рік. Зерна кукурудзи мають зародок, маса якого становить 8–12% від маси зерна, а жирові речовини містяться у зародку.

Метою технології (рис. 5) є максимальне вивільнення із зерна крохмалю стандартної якості і найбільш ефективний розподіл, використання всіх інших складових частин зерна, тим самим забезпечуючи комплексне використання сировини.

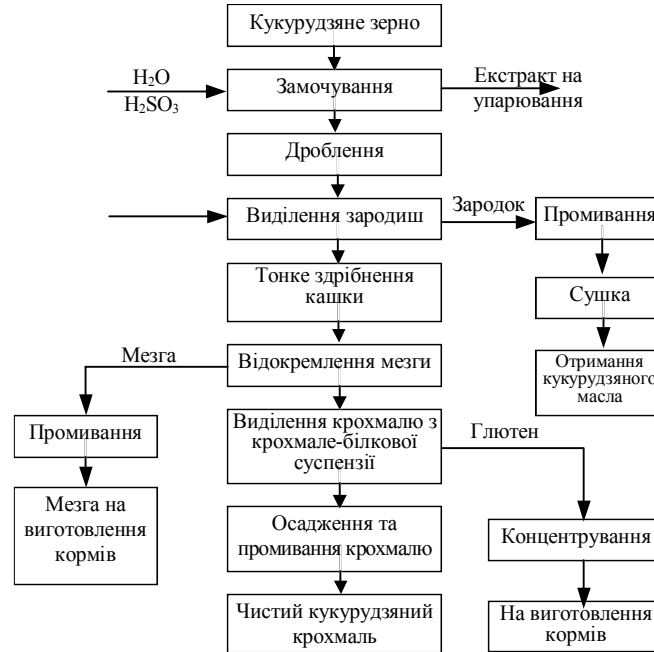


Рис. 5. Функціональна схема отримання крохмалю з кукурудзяного зерна.

Загальні положення виробництва модифікованих крохмалів. Однак до теперішнього часу не до кінця досліджені особливості і механізми модифікації крохмалю з крохмалювмісної сировини, недостатньо використовуються модифіковані крохмалі та крохмалепродукти для розробки нових продуктів.

З результатів аналітичного та виконаного нами експериментального дослідження стало відомо, що визначення зміни фізико-хімічних ($1 \rightleftharpoons 1'$), органолептичних (4), реологічних ($3 \rightleftharpoons 3'$) та технологічних ($2 \rightleftharpoons 2'$) властивостей надають певні зв'язки з подальшою модифікацією за функціональною схемою (рис. 6) [11–13] і корелюють з даними табл. 2–4.

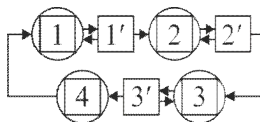


Рис. 6. Визначення зміни властивостей сировини

Таким чином, дослідження фізико-хімічних, технологічних і органолептичних властивостей крохмалю і крохмалепродуктів, а також створення сучасних високоєфективних технологій отримання модифікованих крохмалів продуктів з

крохмалювмісної модифікованої сировини є актуальною проблемою для харчової промисловості.

Крохмальні полісахариди є лабільними реакційно-здатними сполуками, вони активно взаємодіють з іонами металів, кислотами, лугами, окислювачами, поверхнево-активними речовинами. Це дозволяє модифікувати молекули крохмалю, змінюючи їх нативні властивості: гідрофільність, здатність до клейстеризації і драглетування, а також механічні характеристики желе. Одні види модифікації сприяють підвищенню розчинності крохмалю у воді, інші обмежують набухання.

Модифіковані крохмалі виробляють за рахунок фізичних, хімічних і біохімічних впливів на похідний крохмаль: модифіковані крохмалі за характером змін поділяють на розщеплені, заміщені, сополімери та ін. (рис. 7: 1 – гідролізовані крохмалі кислотами та ферментами; 2 – окиснені крохмалі хімічними реагентами: перекис водню H_2O_2 , калію перманганат $KMnO_4$; калій бромнуватокислий $KBrO_3$, калій йоднокислий KJO_4 , хлорнувата кислота $HClO_3$ та інші; 3 – опромінений крохмаль; 4 – декстрини; 5 – складні ефіри, наприклад фосфатні, ацетатні та інші; 6 – прості ефіри – наприклад, карбоксиметил крохмаль; 7 – зшиті крохмалі, наприклад, хлорокисом фосфору, епіхлоргідрином, біфункціональними з'єднаннями).

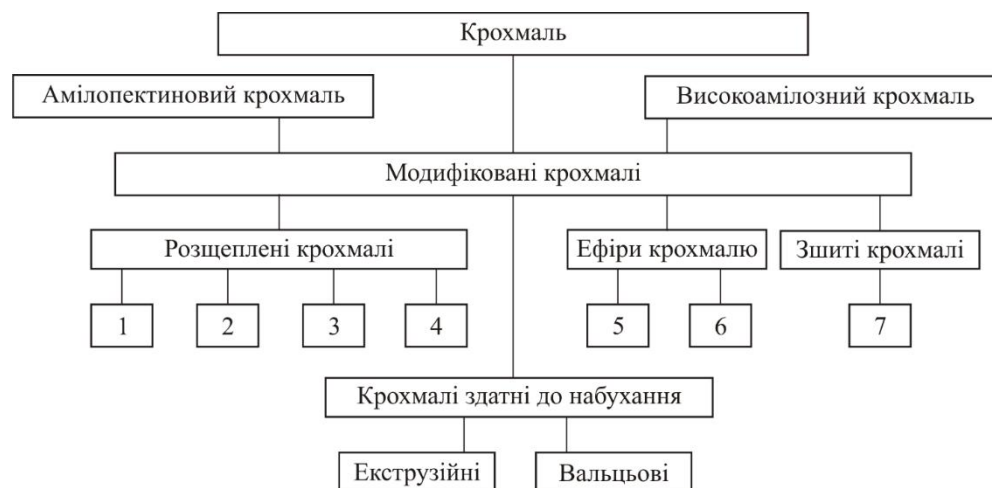


Рис. 7. Класифікація промислових модифікованих крохмалів

З заданими властивостями модифікований крохмаль можна отримати за допомогою селекційного відбору сировини або хімічної деструкції за допомогою кислот, лугів, а також в результаті дії фізичних факторів: температури, тиску, механічної оброблення, заморожування, відтавання та ін. Якщо реакція протікає в кислому середовищі, то спостерігаються процеси деструкції, які призводять до отримання ряду продуктів – рідко-киплячого крохмалю (з низькою в'язкістю), патоки, глюкози.

Прикладом дії механічної обробки може служити сухе розщеплення крохмалю вібраційним помелом, при якому поряд з механічним подрібненням крохмальних зерен відбувається процес деструкції молекул. З огляду на вплив, який мають ті чи інші властивості крохмалю на якість харчових продуктів, доцільно застосовувати в цілому ряді виробництв модифіковані крохмалі.

Попередньо оклейстеризований крохмаль отримують шляхом клейстеризації крохмальної суспензії, подальшого висушування у вигляді тонкої плівки на вальцьових сушарках і подрібнення в порошок. Відмінною особливістю цього крохмалю є здатність швидкої регідратації в воді, що дає можливість використовувати його в якості згущувача в харчових продуктах без нагрівання (пудинги, начинки).

Крохмаль, наприклад, модифікований кислотою, отримують шляхом обробки крохмальної суспензії сірчаною кислотою при температурі 25–55 °С (зазвичай при температурах, близьких до початку клейстеризації), час обробки залежить від ступеня в'язкості, яку хочуть отримати, і може складати 6–24 годин. Крохмаль практично не розчиняється в холодній воді, але добре розчинний у киплячій воді. Для нього, по порівнянню з вихідним, характерні більш низька в'язкість гарячих клейстером, зменшення сили крохмального гелю, збільшення температури клейстеризації крохмалю. Завдяки

здатності цього крохмалю утворювати гарячі концентровані клейстери, з досить високим ступенем драглеутворення, які при охолодженні дають гель, крохмаль можна з успіхом застосовувати в якості пом'якшувача при виробництві желейних цукерок, пудингів і ряду інших виробів з структурою типу желе, а також для отримання захисних плівок.

Таким чином, напрямки виробництва модифікованих крохмалів можна представити у вигляді науково-обгрунтованої схеми: 1) крохмалі, модифіковані кислотою, розщеплені, окислені, заміщені, здатні до набухання; 2) крохмалі, модифіковані кислотою, наприклад, соляною або сірчаною (1–3%), при температурі 45–50 °С та інші сучасні методи та способи, кількість яких зростає.

Природні властивості крохмалю можуть бути змінені в результаті фізичного, хімічного, біологічного або комбінованого впливу. Крохмалі зі зміненими властивостями після такої обробки називають модифікованими крохмалю. Умовно, за характером модифікації структури, їх підрозділяють на три групи: здатні до набухання, розщеплені і заміщені крохмалі.

Модифікацію крохмалів зазвичай проводять із застосуванням соляної або сірчаної кислоти. Суспензію нагрівають до температури нижче температури клейстеризації крохмалю. Витрата кислоти становить 1–3% до кількості крохмалю, температура, при якій протікає реакція, становить 45–50 °С. У промисловості найчастіше крохмалі, модифіковані кислотою, характеризують за показником плинності – величиною, зворотної в'язкості. Кукурудзяний крохмаль, модифікований кислотою, використовують в текстильній промисловості для шліхтування основ і обробки як бавовняних, так і змішаних тканин. Крохмаль, модифікований кислотою, застосовують в паперовому виробництві для підвищення стійкості до зношування та поліпшення якості друку. У харчовій промисловості модифіковані крохмалі цього типу

використовують для виготовлення желейних цукерок, східних солодоців та ін.

Розщеплені крохмалі виробляють шляхом термічної і механічної обробки з використанням в цьому процесі кислоти, окиснювачів, ферментів, деяких солей та інших добавок, що викликають деструкцію полісахаридних ланцюгів. Клейстер розщеплених крохмалів мають знижену в'язкість, високу прозорість і підвищену стабільність при зберіганні. Найбільш простим, часто вживаним способом модифікації крохмалю, є слабка обробка його кислотою при нагріванні нижче температури клейстеризації.

Ступінь окислювання залежить від витрати реагенту та умов проведення реакції. За своїми властивостями окислені крохмалі подібні крохмалю, модифікованим кислотою, але відрізняються більш низькою в'язкістю їх клейстерів і стабільністю при зберіганні.

Крохмалі, окислені йодною кислотою, мають по дві альдегідні групи в глюкозному залишку і їх називають диальдегідними. Вони мають високу реакційну здатність, широко застосовуються для підвищення міцності паперу і в якості дубильних речовин в текстильному виробництві. При ступені окислення до 2% подібного типу крохмалі використовують в харчовій промисловості.

При обробці картопляного або кукурудзяного крохмалю перманганатом калію в кислому середовищі отримують модифікований здатний до драглеутворення крохмаль, який використовують для деяких кондитерських виробів, а також як стабілізатор морозива і продуктів молочної промисловості. Методом окислення може бути отриманий також крохмаль із зміненими властивостями для текстильної промисловості.

Драглеутворюючу здатність окисленого крохмалю оцінюють по виду і структурі желе 8,5% клейстеру, приготовленого в тонкостінному стакані, після охолодження при температурі 17–20 °С протягом 60 хв. Отримане при цих умовах желе, повинно вийматися з склянки зі збереженням форми і мати щільну і пружну консистенцію.

Крохмаль, окислений перманганатом калію,

застосовують в якості замінювача агару і пектину при виробництві желейних кондитерських виробів.

В даний час в технології продуктів харчування дозволено використовувати крохмаль, окислений гіпохлоритом натрію. Однак в процесі його виготовлення кількість цього реагенту не повинна перевищувати 5,5% за активним хлору до маси крохмалю, а вміст карбоксильних груп в кінцевому продукті не повинен перевищувати 1,1%. Окислені гіпохлоритом натрію крохмалі знаходять застосування у виробництві паперу, текстильної промисловості, для крохмалення білизни та інших цілей.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Таким чином, представлені вище матеріали доповнюють заняття зі студентами та розширюють можливості їх самостійну роботу формують вміння при написанні висновків з проведеної експериментальної роботи, наприклад, оформлення об'єктів ІВ [12–20]:

- 1) визначення нового асортименту виробів за інноваційними властивостями модифікованих крохмалів;
- 2) класифікація об'єктів інтелектуальної власності відповідно до діючого законодавства у технології виробництва крохмалю з картоплі та кукурудзи;
- 3) обираючи найбільш доцільного для кожного окремого випадку технології дослідження в галузі.

При цьому у студентів виробляються необхідні навички: користування лабораторним обладнанням та комп'ютерною технікою з метою виявлення закономірностей процесів та методів дослідження; проведення експерименту та реалізації отриманих результатів; публічний захист наукової розробки, аналітичний компетентнісний аналіз наукової та прикладної частини і т.і. Загальний еволюційний процес як процес самоорганізації, незважаючи на його можливу стихійність, має певну спрямованість: проходить зростання цільових різновидів механізмів різноманітних форм, складності структур та властивостей.

5. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Підручник. – К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
6. БУХКАЛО С.І.. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання): [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
7. БУХКАЛО С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
8. БУХКАЛО С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 217.
9. БУХКАЛО С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2018. – 98 с.
10. БУХКАЛО С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2019. – 98 с.

Список літератури

1. Литвяк В.В. Развитие теории и практики модификации крахмалосодержащего сырья для создания новых продуктов Специальность 05.18.05 – Технология сахара и сахаристых продуктов, чая, табака и субтропических культур. Дис. на соискание ученой степени д. т. наук, Краснодар. 2013, 40 с.
2. Литвяк, В.В. Способ получения микробиологически чистого крахмала и способ получения модифицированного крахмала: Патент № 10952. ВУ, МПК 7С 08В 30/00, А 23Л 3/005, А 23Л 3/10 / В.В. Литвяк, З.В. Ловкис, Н.Н. Петюшев, Л.П. Круль, Е.В. Гринюк, Е.А. Мурашко; заявка №а20060518; заявитель РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» – заявл. 26.05.2006; опубл. 30.08.2008. – 4 с.
3. Рихтер, М. Избранные методы исследования крахмала/ М. Рихтер, З. Аугустас, Ф. Ширбаум; пер. с немец. – М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 182 с.
4. Андреев, Н.Р. Основы производства нативных крахмалов / Н.Р. Андреев. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 289 с.

11. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
12. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks / Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
13. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. X.: Ч. III, – с. 14.
14. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. X.: НТУ «ХПІ». 205 с.
15. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. X.: НТУ «ХПІ». 206 с.
16. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. X.: НТУ «ХПІ». 201 с.
17. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. X.: НТУ «ХПІ». 208 с.
18. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014. № 16. С. 3–11.
19. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнута М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 342.
20. Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В. Визначення експериментальних властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 343.
5. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. та ін. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah. Pidruchnik. – K.: CNL, 2011. 832 p.
6. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja): [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. 412 p.
7. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. 456 p.
8. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noї tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «KhPI», 217 p..
9. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2018. 98 p.
10. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii kromalju) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2019. 98 p.
11. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noї vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
12. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». H.: NTU «KhPI». 2019. – No. 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
13. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XHV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
14. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkiv: NTU «KhPI», 205 p.
15. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018р. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkiv: NTU «KhPI», 206 p.
16. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noї vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018р. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkiv: NTU «KhPI», 201 p.
17. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Olhovska O.I. та ін. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noї vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018р. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. H.: NTU «KhPI». 208 p.
18. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». H.: NTU «KhPI». 2014. № 16, pp. 3–11.
19. Sirk M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezhah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019: Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 342.
20. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhhalo S.I., Cirk M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Vznachennja eksperimental'nih vlastivostej sirovini u mezhah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konf. (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «HPI», p. 343.

References (transliterated)

1. Litvjak V.V. Razvite teorii i praktiki modifikacii krahmalosoderzhashego syr'ja dlja sozdanija novyh produktov Special'nost' 05.18.05 – Tehnologija sahara i saharistyh produktov, chaja, tabaka i subtropicheskih kul'tur. Dis. na soiskanie uchenoj stepeni d. t. nauk, Krasnodar. 2013, 40 p.
2. Litvjak, V.V. Sposob poluchenija mikrobiologicheskoi chistogo krahmala i sposob poluchenija modifitsirovannogo krahmala: Patent № 10952. BY, MPK 7S 08V 30/00, A 23L 3/005, A 23L 3/10 / V.V. Litvjak, Z.V. Lovkis, N.N. Petjushev, L.P. Krul', E.V. Grinjuk, E.A. Murashko; zajavka №a20060518; zajavitel' RUP «Nauchno-prakticheskij centr NAN Belarusi po prodovol'stviju». – zajavl. 26.05.2006; opubl. 30.08.2008. – 4 p.
3. Rihter, M. Izbrannye metody issledovanija krahmalu / M. Rihter, Z. Augustat, F. Shirbaum; per. s nem. M.: Pishh. prom., 1975. 182 p.
4. Andreev, N.R. Osnovy proizvodstva nativnyh krahmalov / N.R. Andreev. – M.: Pishhepromizdat, 2001. – 289 p.

Надійшла (received) 23.08.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com