

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 637.5(075.8)

Бужанська М. В.,
buganskam@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9251-4727,
Researcher ID: G-2366-2019,
к.х.н., доц., доцент кафедри харчових технологій,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОКОЛОЇДІВ – ПЕРЕВАГА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ВЕГЕТАРІАНСЬКИХ СТРАВАХ

Анотація. Сьогодні спостерігається тенденція підвищеної уваги до розроблення нових технологій отримання вегетаріанських продуктів харчування з використанням харчових добавок. Проаналізовано асортимент гідроколоїдів, що використовуються як структуроутворюючі харчові добавки. Експериментально досліджено основні реологічні властивості як основу використання їх у вегетаріанських стравах. Проведено дослідження з визначення гідрофільності структуроутворювачів індикаторно-рефрактометричним методом, віскозиметричним методом визначено характеристичну та динамічну в'язкість, потенціометричним (електрометричним) методом визначено рН, титриметрично – загальну кислотність гідроколоїдів. Обґрунтовано теоретичні та прикладні аспекти використання біополімерів харчовими добавками вегетаріанських страв. Вивчені функціонально-технологічні властивості досліджуваних гідроколоїдів дозволять розширити спектр їхнього застосування. Показано, що введення в рецептуру крохмалю модифікованого Gelix C15 дозволить виготовляти продукцію при нижчих теплових режимах та призведе до збереження поживних та біологічно активних речовин отриманого продукту, рівень рН крохмалю модифікованого кукурудзяного Gelix C15 (E1404) сповільнює процеси ретроградації харчової системи, а значення гідрофільності сприятливо впливають на структурні властивості. Зроблено висновок, що використання модифікованих крохмалів покращує технологічні властивості продуктів, полегшує ведення технологічного процесу та передбачає економічну привабливість їх використання. На основі досліджень фізико-хімічних властивостей модифікованого кукурудзяного крохмалю Gelix C15 (E1404) науково обґрунтовано та теоретично підтверджено доцільність використання цієї харчової добавки у технології виготовлення вегетаріанських страв.

Ключові слова: гідроколоїди, модифікований крохмаль, пектин, агар-агар, харчові добавки, гідрофільність, в'язкість, загальна та активна кислотність.

Buzhanska M. V.,
buganskam@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9251-4727,
Researcher ID: G-2366-2019,
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technologies,
Lviv University of Trade and Economics, Lviv

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HYDROCOLOIDS – ADVANTAGE OF THEIR USE IN VEGETARIAN DISHES

Abstract. Today there is a tendency to pay more attention to the development of new technologies for vegetarian food with the use of different food additives. The range of hydrocolloids used as structure-forming food additives is analyzed. The main rheological properties as a basis for their use in vegetarian dishes have been experimentally studied. A study was carried out to determine the hydrophilicity of structurants by indicator-refractometric method, viscosimetric method determined the characteristic and dynamic viscosity, potentiometric (electrometric) method determined pH, titrimetrically analyzed the total acidity of

hydrocolloids. Theoretical and applied aspects of the use of biopolymers with food additives of vegetarian dishes are substantiated. The functional and technological properties of the studied hydrocolloids will allow to expand the range of their application. It is shown that the introduction of modified starch Gelix C15 will allow to produce products at lower thermal conditions and will preserve the nutrients and biologically active substances of the product because the pH level of modified corn starch Gelix C15 (E1404) slows down the processes of retrogradation of the food system. on structural properties. It is concluded that the use of modified starches improves the technological properties of products, facilitates the technological process and provides economic attractiveness of their use. Based on studies of physicochemical properties of modified corn starch Gelix C15 (E1404) the feasibility of using this food additive in the technology of vegetarian dishes were scientifically substantiated and theoretically confirmed.

Key words: hydrocolloids, modified starch, pectin, agar-agar, food additives, hydrophilicity, viscosity, total and active acidity.

JEL Classification: L66, O14

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-06>

Постановка проблеми. Важливе завдання під час виготовлення харчових продуктів – отримання необхідного зовнішнього вигляду, смаку та аромату готової продукції. Фізико-хімічні властивості сировини та харчових добавок дозволяють спрогнозувати якість виробів та набути високої споживчої привабливості продукту. В технології приготування страв біополімери відіграють роль сполучної і структуроутворюючої речовини [1; 2]. Актуальність досліджень полягає у збільшенні попиту та перспективі використання гідроколідів [3–6]. Саме тому авторами даної роботи проведено аналіз асортименту використовуваних сьогодні харчових стабілізаторів та експериментально вивчено фізико-хімічні властивості гідроколідів як основу використання їх у вегетаріанських стравах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні спостерігається тенденція підвищеної уваги до розроблення нових технологій отримання вегетаріанських продуктів харчування з використанням харчових добавок. Широке застосування знайшли гідроколіди, які володіють добрими структуроутворювальними властивостями. Гідроколіди – це біополімери, які є фізіологічно функціональними інгредієнтами та забезпечують нормальну роботу кишечника, знижують рівень холестерину, контролюють рівень цукру в крові, проявляють пребіотичний ефект, адсорбують значну кількість жовчних кислот, а також інші метаболіти, токсини та електроліти, що сприяє детоксикації організму [7]. Дослідження фізико-хімічних властивостей гідроколідів, описане у літературі, підтверджує використання цих речовин при виготовленні харчових продуктів.

Пектин – природний рослинний полісахарид, який поєднує в собі властивості згущувача та біо-

логічно активної сполуки [8; 9]. Значний вплив на реологічні властивості визначають наступні фактори: ступінь етерифікації, кількість баластних речовин відносно загущувача [10], молекулярна маса, температура рН середовища, вміст функціональних груп [11; 12].

Науковці різних країн невпинно працюють у напрямку модифікації крохмалю, розкривають цінні властивості продукту. Хімічно модифіковані полісахариди, отримані під час таких реакцій, часто характеризуються новими, цінними для практики властивостями. Застосування ферментативно гідролізованого крохмалю для виробництва нежирних (вміст жиру – 12 %) виробів приводить до незначних теплових втрат і покращення органолептичних характеристик (смаку, запаху, консистенції) порівняно з традиційними виробами [13; 14]. Молекулярну структуру, властивості та застосування окисненого крохмалю описано авторами Vanier N. L., El Halal S. L. M., Dias A. R. Огляд описує вплив окиснення на властивості крохмалю, і ця інформація може сприяти розробленню нових окиснених крохмалів як для харчових, так і для непродовольчих продуктів. Авторами представлено основні можливості застосування окиснених крохмалів [15; 16].

Класичним представником структуроутворюючих речовин є агар-агар. До найважливіших властивостей агару відноситься його здатність утворювати оборотні гелі простим охолодженням гарячого водного розчину. Агар утворює гель при дуже низькій концентрації – 0,2% [13].

Постановка завдання. Виготовлення продукції для вегетаріанців є актуальним напрямком роботи в галузі конструювання харчових продуктів. Сьогодні харчові технологи стикаються з обмеженістю сировини для приготування таких

страв. Актуальність досліджень полягає у збільшенні попиту та перспективі використання гідроколоїдів. Мета дослідження полягає у визначенні реологічних властивостей гідроколоїдів та обґрунтуванні можливості їхнього використання у виготовленні вегетаріанської продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Реологічні властивості полісахаридів сприяють широкому використанню їх у харчовій промисловості. Їхня структуроутворювальна властивість пов'язана з гідрофільністю. Ця величина чисельно рівна кількості зв'язаної води, що припадає на 100 г абсолютно сухої речовини високомолекулярної сполуки. Гідрофільність зумовлена присутністю численних ОН-груп у структурі речовини. Проведено дослідження з визначення гідрофільності структуроутворювачів індикаторно-рефрактометричним методом [17]. Вода є важливою складовою харчових продуктів: дисперсійне середовище і розчинник, що зумовлює консистенцію і структуру харчових продуктів, впливає на їх зовнішній вигляд, смак та стійкість продуктів у процесі зберігання. Кількість вологи в продукті визначає його енергетичну цінність, оскільки чим більше в ньому міститься води, тим менше корисних сухих речовин (білків, жирів, вуглеводів та ін.) в одиниці маси.

На основі експериментальних даних бачимо, що досліджувані гідроколоїди можуть адсорбувати велику кількість вологи (табл. 1). Найкращу гідрофільну здатність має пектин NH яблучний – 85%. У NH пектині етерифіковано менше 28 % всіх карбоксильних груп, тому він має більшу гідрофільну здатність, ніж LM пектин (етерифіковано близько 50 % карбоксильних груп), які здатні до гідрофобної взаємодії, що значно впливає на процес структуроутворення та узгоджується з даними статті [18]. Аналізуючи результати для досліджуваних крохмалів, було встановлено, що найкращу гідрофільність має крохмаль кукурудзяний модифікований Gelix C15 – 69% (що значно перевищує даний показник для крохмалю кукурудзяного нативного – 37%). Для агар-агару (E406) гідрофільність рівна 69%.

Процес клейстеризації гідроколоїдів є важливою технологічною властивістю, оскільки визначає консистенцію продукту. Клейстеризація біополімерів – це руйнування нативної структури, що супроводжується набряканням [19]. Нативні крохмалі утворюють клейстери, які мають ряд недоліків [13]. Модифікація нативного крохмалю дає можливість отримати похідні, які мають ряд переваг: дозволяють створювати широкий спектр

продуктів гелеподібної, драглеподібної та піноподібної структури, сприяють покращенню консистенції, стабілізують харчові системи та здатні подовжувати термін зберігання напівфабрикатів та готових виробів [20].

Визначено температуру початку утворення клейстеру. Як видно з таблиці, зразки нативних крохмалів клейстеризувалися при нижчих температурах. Клейстеризація зразків агар-агару відбувалася при дещо вищих температурах – 87°C. Використання агар-агару потребує для приготування веганських страв підвищених температур, що приводить до втрати вітамінів під час технологічного оброблення сировини.

Досліджувані гідроколоїди використовують також як загущувачі, адже вони збільшують в'язкість харчових продуктів та формують структуру гелю різної міцності, дозволяють отримувати продукти бажаної консистенції [21]. Саме тому важливими є дослідження в'язкості водних розчинів гідроколоїдів, що дозволить забезпечити необхідні технологічні характеристики при створенні нових продуктів. Визначення відносної, характеристичної в'язкості та молекулярної маси гідроколоїдів проводили у капілярному віскозиметрі згідно з [22]. В'язкість розчинів гідроколоїдів залежить від розміру і форми їх молекул та конформацій, прийнятих ними в розчиннику. Вплив цих параметрів на конформаційні структури для пектину описали Liang, R.-H., Wang, L.-H [23].

В'язкість клейстеру обумовлена не стільки присутністю набряклих крохмальних зерен, скільки здатністю розчинених у воді полісахаридів утворювати тривимірну сітку, яка утримує більшу кількість води, ніж крохмальні зерна [24].

Значення в'язкості для досліджуваних систем, які визначені (табл. 1), корелюють із літературними даними і дозволяють використовувати їх у вегетаріанських стравах як загущувачі. Встановлено, що найменшу початкову динамічну в'язкість при 20 °C має крохмаль модифікований кукурудзяний Gelix. Таке значення пов'язуємо з його структурою. Результатом окислення є утворення крохмалю з короткими молекулярними ланцюгами. Чітко прослідковується закономірність: в'язкість розчинів біополімерів із більшою молекулярною масою вища за в'язкість розчинів, що складається з компактних молекул [24].

Рівень кислотності при виробництві продуктів харчування і напоїв – важливий показник стабільності якості та безпеки. Для харчових продуктів виділяють активну (істинну) та загальну

Фізико-хімічні характеристики харчових гідроколоїдів, $t = 20^{\circ}\text{C}$

| Назва гідроколоїда | Кислотність, ° | pH | Характеристична в'язкість, [η] | Динамічна* в'язкість, h | Молекулярна маса | Гідрофільність β, % | Температура клейстеризації, °C |
|--|----------------|-----|--------------------------------|-------------------------|------------------|---------------------|--------------------------------|
| Крохмаль картопляний ТМ «Сто пудів», E1400 | 13,22 | 6,9 | 0,482 | $66,35 \times 10^{-4}$ | 173 352 | 46 | 65 |
| Крохмаль кукурудзяний ТМ «Август», E1400 | 33,34 | 6,9 | 0,137 | $22,25 \times 10^{-4}$ | 27259 | 37 | 67 |
| Крохмаль модифікований кукурудзяний Gelix C15, E1404 | 50,57 | 5,3 | 0,015 | $12,13 \times 10^{-4}$ | 1055 | 69 | 67 |
| Пектин NH, E440 | 66,09 | 3,3 | 0,157 | $37,15 \times 10^{-4}$ | 249543 | 76 | 60 |
| Пектин LM яблучний очищений, E440 | 77,58 | 3,0 | 0,134 | $26,54 \times 10^{-4}$ | 214643 | 82 | 64 |
| Агар-агар, E406 | 7,47 | 5,5 | 0,128 | $22,18 \times 10^{-4}$ | 31 324 | 77 | 87 |

*Динамічну в'язкість розчинів гідроколоїдів визначали для розчинів з концентрацією 1 %.

(титровану) кислотності [25]. Істинна кислотність характеризується концентрацією іонів Гідрогену та виражається величиною pH. Величина pH впливає на наступні технологічні параметри: утворення компонентів смаку й аромату, характерних для конкретного виду продукту; колоїдну та термічну стабільність полідисперсної харчової системи; біологічну стійкість; активність ферментів; умови росту корисної мікрофлори і її вплив на процеси дозрівання [13]. Суттєвий вплив на процеси клейстеризації має pH середовища. Найкраще драглювання для більшості гідроколоїдів відбувається при pH, що відповідає ізоелектричній точці ($\text{pH} = 4,8$). Зі зміною pH по обидві сторони від ізоелектричної точки макромолекули набувають однойменний заряд і між ними виникають сили відштовхування, зв'язок не утворюється. При додаванні надлишкових кількостей кислоти або лугу ступінь іонізації йоногенних груп зменшується і здатність до застигання знову збільшується [25].

Характерною властивістю драглів є синерезис. Із часом кількість зв'язків між полімерними ланцюгами в гелях збільшується. Структурна сітка гелю стискається і з нього виділяється частина розчинника, що містить незначну кількість розчиненого полімеру. Процес старіння гелю з утворенням більш щільного драглу й розведеного розчину полімеру називається синерезисом (від грецького *sinereiso* – стягати). На процес старіння гелю впливає процес гідролізу. Швидкість гідролізу залежить від концентрації та виду кислоти, температури та тривалості обробки [26].

Усі відомі теорії механізму каталізу передбачають утворення активного комплексу H^+ з молекулами полісахариду. При цьому приєднання H^+ до кисню глюкозидного зв'язку збуджує і робить його лабільним. Чим вища їхня концентрація H^+ в системі, тим більшою є швидкість гідролізу гідроколоїдів.

У міру старіння гелю (втрата гідрофільних властивостей при поступовому кислотному гідролізі) посилюється відділення рідини. Зростання кислотності на цьому етапі зумовлює пролонгацію відділення сироватки навіть після часткової структуризації гелю. Дані, наведені Krall S. M. та McFeeters R. F., говорять про прискорення процесу гідролізу для пектинових речовин при $\text{pH}=3$ та сповільнення цього процесу при $\text{pH}=5$ [27]. Можемо говорити про сповільнення процесів ретроградації для біополімерів, pH яких вищі, ніж для пектину, скажімо, для крохмалю модифікованого кукурудзяного Gelix $\text{pH}=5$ (табл. 1). Це підтверджує його добрі реологічні властивості.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Проведений аналіз літературних джерел та результати власних досліджень підтверджують можливість заміни дорогих зразків харчових добавок на високоякісні та дешевші, якими є модифіковані крохмалі. Впровадження в склад продукту крохмалю модифікованого Gelix C15 дозволить виготовляти продукцію при нижчих теплових режимах, у результаті сприятиме збереженню поживних та біологічно активних речовин нового продукту, визначене значення pH для крохмалю модифіко-

ваного кукурудзяного Gelix C15 (E1404) сприяє сповільненню процесів ретроградації харчової системи, а значення гідрофільності сприятливо впливають на структурні властивості. Використання модифікованих крохмалів покращує технологічні властивості продуктів, полегшує ведення технологічного процесу та передбачає економічну привабливість їх використання. Перспективи подальших досліджень вбачаємо у роботі над питаннями щодо вивчення впливу та взаємодії досліджуваних гідроколоїдів із іншими рецептурними компонентами харчових продуктів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Shahzad S. A., Hussain S. M., Abdellatif A., Alamri M. S., Qasem A. A., A. Pasting, thermal, textural and rheological properties of rise starch blended with different hydrocolloid gums. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 56. N. 3. P. 781–791. URL: <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.6901>.
2. Khalil H. P. S. Abdul, Lai T. K., Tye Y. Y., Rizal S., Chong E. W. N., Yap S. W., Hamzah A. A., Fazita M. R. Nurul., Paridah M. T. A review of extractions of seaweed hydrocolloids: Properties and applications. *Express Polymer Letters*. 2018. Vol. 12. N. 4. P. 296–317. URL: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2018.27>.
3. Yuk G., Hwang S., Lee J. Enhanced stability of crude protease from kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) by adding hydrocolloid for organic processed food uses. *Food Biotechnology*. 2017. Vol. 31. N. 3. P. 162–176. URL: <https://doi.org/10.1080/08905436.2017.1331451>.
4. Manoli T., Nikitchina T., Menchinska A., Cui Z., Barysheva Y. The potential of uronide hydrocolloids for the formation of sensory characteristics of health products from hydrobionts. *Food Science & Technology*. 2021. Vol. 15. N. 2. P. 42–49. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i2.2111>.
5. Teimouri S., Abbasi S., Scanlon M. G. Stabilisation mechanism of various inulins and hydrocolloids: Milk–sour cherry juice mixture. *International Journal of Dairy Technology*. 2018. Vol. 71. N. 1. P. 208–215. URL: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12376>.
6. Junqueira L. A., Amaral T. N., Leite O. N., Prado M. E. T., Resende J. V. Rheological behavior and stability of emulsions obtained from *Pereskia aculeata* Miller via different drying methods. *International Journal of Food Properties*. 2018. Vol. 21. N. 1. P. 21–35. URL: <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1437177>.
7. Нутриціологія. Частина 2 : навчальний посібник / Н.В. Дуденко, Л.Ф. Павлоцька, І.В. Цихановська та ін. Харків : УПА, 2012. 246 с.
8. Mohen D. Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology* 2008. Vol. 11. N. 3. P. 266–277. URL: <https://doi/10.1016/j.pbi.2008.03.006>.
9. Monfregola L., Leone M., Vittoria V., Amodeo P., Luca S. D. Chemical modification of pectin: environmental friendly process for new potential material development. *Polymer Chemistry*. 2011. P. 800–804. URL: <https://doi:10.1039/c0py00341g>.
10. Камбулова Ю.В., Соколовська І.О. Дослідження реологічних властивостей розчинів пектинів, альгінату натрію та їх комплексів. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 1. С. 68–73. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2014_1_16.
11. Євлаш В.В. Розробка науково обґрунтованих технологій продукції підвищеної харчової цінності з використанням структуроутворювачів різного походження. *Наукові праці НУФТ*. 2017. Т. 23, № 5, Ч. 1. С. 115–123.
12. Крапивницька І.О. Технологія пектину та пектинопродуктів : курс лекцій для студентів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» денної форми навчання. Київ : НУХТ, 2016. 110 с.
13. Гуменюк О.Л. Харчова хімія : тексти лекцій для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія». Чернівці : ЧДТУ, 2013. 244 с.
14. Yan H., Zhengbiao G. U. Morphology of modified starches prepared by different methods. *Food Research International*. 2010. Vol. 43. N. 3. P. 767–772. URL: <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.815627>.
15. Vanier N. L., El Halal S. L. M., Dias A. R. G. Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 221. P. 1546–1559. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.138>.
16. Adeleke O. A., Emmanuel T. A. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. *Starch : biosynthesis, nutrition, biomedical*. 2013. Vol. 66. N. 1-2. P. 41–47. URL: <https://doi.org/10.1002/star.201300106>.
17. Методи дослідження харчових продуктів та сировини та фізико-хімічні методи аналізу. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт і тестові завдання для контролю рівня знань студентів спеціальностей 181 «Харчові технології», 241 «Готельно-ресторанна справа», 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» / Скоробогатий Я.П., Василечко В.О., Бужанська М.В., Гузій А.В. Львів : Вид-во ЛТЕУ, 2018. 83 с.
18. Flutto L. Pectin: Properties and determination. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition). *Academic Press*. 2003. P. 4440–4449. URL: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00901-9>.
19. Lopez-Gil A., Silva-Bellucci F., Velasco D., Ardanuy M. and Rodriguez-Perez M. A. Cellular

structure and mechanical properties of starch-based foamed blocks reinforced with natural fibers and produced by microwave heating. *Ind. Crop. Prod.* 2015. Vol. 66. P. 194–205. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.025>.

20. Garcia M. C., Franco C. M., Soares M. S., Caliaril M. Structural characteristics and gelatinization properties of sour cassava starch. *J Therm Anal Calorim.* 2016. Vol.123. P. 919–926. URL: <https://doi.org/10.1007/s10973-015-4990-5>.

21. Beninca C, Colman T. A. D., Lacerda L. G., Filho M. A. S. C., Demiate I. M., Bannach H. G., Schnitzler E. Thermal, rheological, and structural behaviors of natural and modified cassava starch granules, with sodium hypochlorite solutions. *J Therm Anal Calorim.* 2013. Vol. 111. P. 2217–2222. URL: <https://doi.org/10.1007/s10973-012-2592-z>.

22. Остапович Б.Б., Герцик О.М., Ковалишин Я.С. Лабораторні роботи з хімії високомолекулярних сполук : Практикум для студентів хімічного факультету. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 276 с.

23. Liang R.-H., Wang L.-H., Chen J., Liu W., Liu C. M. Alkylated pectin: Synthesis, characterization, viscosity and emulsifying properties. *Food Hydrocolloides* 2015. Vol. 50. P. 65–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.04.007/>.

24. Харчова хімія : навчальний посібник / В.В. Євлаш та ін. Харків : Світ книг, 2012. 504 с.

25. Методи контролю якості харчових виробництв : лабораторний практикум для студ. напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» професійного спрямування «Технології харчування» ден. та заоч. форм навч. / уклад. А.В. Неміріч, О.О. Петруша, К.А. Науменко, О.М. Вашека. Київ : НУХТ, 2014. 116 с.

26. Властивості розчинів біополімерів. Ізоелектрична точка білка. Захист курсової роботи «Хімія біогенних елементів» : метод. вказ. для студентів 1-го курсу / уклад. Г.О. Сирова, О.О. Завада, Л.В. Лук'янова та ін. Харків : ХНМУ, 2017. 36 с.

27. Krall S. M., McFeeters R. F. Pectin hydrolysis: Effect of temperature, degree of methylation, pH, and calcium on hydrolysis rates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 1998. Vol. 46. N.4. P. 1311–1315. URL: <https://doi.org/10.1021/jf970473y>.

REFERENCES:

1. Shahzad S. A., Hussain S. M., Abdellatif A., Alamri M. S., Qasem A. A., A. (2019), Pasting, thermal, textural and rheological properties of rise starch blended with different hydrocolloid gums, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 56, N. 3, p. 781-791, available at: <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.6901>.

2. Khalil H. P. S. Abdul, Lai T. K., Tye Y. Y., Rizal S., Chong E. W. N., Yap S. W., Hamzah A. A.,

Fazita M. R. Nurul., Paridah M. T. (2018), A review of extractions of seaweed hydrocolloids: Properties and applications, *Express Polymer Letters*, vol. 12, N. 4, p. 296-317, available at: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2018.27>.

3. Yuk G., Hwang S., Lee J. (2017), Enhanced stability of crude protease from kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) by adding hydrocolloid for organic processed food uses, *Food Biotechnology*, vol. 31, N. 3, p. 162-176, available at: <https://doi.org/10.1080/08905436.2017.1331451>.

4. Manoli T., Nikitchina T., Menchinska A., Cui Z., Barysheva Y. (2021), The potential of uronide hydrocolloids for the formation of sensory characteristics of health products from hydrobionts, *Food Science & Technology*, vol. 15, N. 2, p. 42-49, available at: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i2.2111>.

5. Teimouri S., Abbasi S., Scanlon M. G. (2018), Stabilisation mechanism of various inulins and hydrocolloids: Milk–sour cherry juice mixture, *International Journal of Dairy Technology*, vol. 71, N. 1, p. 208-215, available at: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12376>.

6. Junqueira L. A., Amaral T. N., Leite O. N., Prado M. E. T., Resende J. V. (2018), Rheological behavior and stability of emulsions obtained from *Pereskia aculeata* Miller via different drying methods, *International Journal of Food Properties*, vol. 21, N. 1, p. 21-35, available at: <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1437177>.

7. Dudenko N. V. (2012), *Nutrytsiolohiia. Chastyna 2 : navchal'nyj posibnyk*, N. V. Dudenko, L. F. Pavlots'ka, I. V. Tsykhanovs'ka ta in., UIPA, Kharkiv, 246 s.

8. Mohen D. Pectin structure and biosynthesis, *Current Opinion in Plant Biology* 2008, vol. 11, N. 3, p. 266-277, available at: <https://doi/10.1016/j.pbi.2008.03.006>.

9. Monfregola L., Leone M., Vittoria V., Amodeo P., Luca S. D. (2011), Chemical modification of pectin: environmental friendly process for new potential material development, *Polymer Chemistry*, p. 800-804, available at: <https://doi:10.1039/c0py00341g>.

10. Kambulova Yu. V., Sokolovs'ka I. O. (2014), Doslidzhennia reolohichnykh vlastyvostej rozchyniv pektyniv, al'hinatu natriiu ta ikh kompleksiv, *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, № 1, s. 68-73, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2014_1_16.

11. Yevlash V. V. (2017), Rozrobka naukovo obhruntovanykh tekhnolohij produktsii pidvyschenoi kharchovoi tsinnosti z vykorystanniam strukturoutvoriuvachiv riznoho pokhodzhennia, *Naukovi pratsi NUFT*, T. 23, № 5, Ch. 1, s. 115-123.

12. Krapyvnyts'ka I. O. (2016), *Tekhnolohiia pektynu ta pektynoproduktiv : kurs lektzij dlia studentiv osvith'oho stupenia "bakalavr" spetsial'nosti 181 "Kharchovi tekhnolohii" dennoi formy navchannia*, NUKhT, K., 110 s.

13. Humeniuk O. L. (2013), Kharchova khimiia : teksty lektсий dlia studentiv napriam u pidhotovky 6.051701 "Kharchovi tekhnolohii ta inzheneriia", ChDTU, Chernihiv, 244 s.
14. Yan H., Zhengbiao G. U. (2010), Morphology of modified starches prepared by different methods, *Food Research International*, vol. 43, N. 3, p. 767-772, available at: <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.815627>.
15. Vanier N. L., El Halal S. L. M., Dias A. R. G. (2017), Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review, *Food Chemistry*, vol. 221, p. 1546-1559, available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.138>.
16. Adeleke O. A., Emmanuel T. A. (2013), Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review, *Starch : bio-synthesis, nutrition, biomedical*, vol. 66, N. 1-2, p. 41-47, available at: <https://doi.org/10.1002/star.201300106>.
17. Skorobohatj Ya. P., Vasylechko V. O., Buzhans'ka M. V., Huzij A. V. (2018), Metody doslidzhennia kharchovykh produktiv ta syrovyny ta fizyko-khimichni metody analizu. Metodychni vказivky ta zavdannia do vykonannia laboratornykh robot i testovi zavdannia dlia kontroliu rivnia znan' studentiv spetsial'nostej 181 "Kharchovi tekhnolohii", 241 "Hotel'no-restoranna sprava", 076 "Pidpriemnytstvo, torhivlia ta birzhova diial'nist', Vyd-vo LTEU, L'viv, 83 s.
18. Flutto L. (2003), Pectin: Properties and determination. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), *Academic Press*, p. 4440-4449, available at: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00901-9>.
19. Lopez-Gil A., Silva-Bellucci F., Velasco D., Ardanuy M. and Rodriguez-Perez M. A. (2015), Cellular structure and mechanical properties of starch-based foamed blocks reinforced with natural fibers and produced by microwave heating, *Ind. Crop. Prod.*, vol. 66, p. 194-205, available at: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.025>.
20. Garcia1 M. C., Franco C. M., Soares M. S., Caliaril M. (2016), Structural characteristics and gelatinization properties of sour cassava starch, *J Therm Anal Calorim*, vol. 123, p. 919-926, available at: <https://doi.org/10.1007/s10973-015-4990-5>.
21. Beninca C, Colman T. A. D., Lacerda L. G., Filho M. A. S. C., Demiate I. M., Bannach H. G., Schnitzler E. (2013), Thermal, rheological, and structural behaviors of natural and modified cassava starch granules, with sodium hypochlorite solutions, *J Therm Anal Calorim*, vol. 111, p. 2217-2222, available at: <https://doi.org/10.1007/s10973-012-2592-z>.
22. Ostapovych B. B., Hertsyk O. M., Kovalyshyn Ya. S. (2019), Laboratorni roboty z khimii vysokomolekuliarnykh spoluk : Praktykum dlia studentiv khimichnoho fakul'tetu, LNU imeni Ivana Franka, L'viv, 276 s.
23. Liang R.-H., Wang L.-H., Chen J., Liu W., Liu C. M. (2015), Alkylated pectin: Synthesis, characterization, viscosity and emulsifying properties, *Food Hydrocolloides*, vol. 50, p. 65-73, available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.04.007/>.
24. Kharchova khimiia : navchal'nyj posibnyk, V.V. Yevlash ta in. (2012), Svit knyh, Kharkiv, 504 s.
25. Metody kontroliu iakosti kharchovykh vyrobnytstv : laboratornyj praktykum dlia stud. napriam u 6.051701 "Kharchovi tekhnolohii ta inzheneriia" profesijnoho spriamuvannia "Tekhnolohii kharchuvannia" den. ta zaoch. form navch., uklad. A. V. Niemirich, O. O. Petrusha, K. A. Naumenko, O. M. Vasheka (2014), NUKhT, K., 116 s.
26. Vlastyvosti rozchyniv biopolimeriv. Izoelektrychna tochka bilka. Zakhyst kursovoi roboty "Khimii biohennykh elementiv" : Metod. vказ. dlia studentiv 1-ho kursu, uklad. H. O. Syrova, O. O. Zavada, L. V. Luk'ianova ta in. (2017), KhNMU, Kharkiv, 36 s.
27. Krall S. M., McFeeters R. F. (1998), Pectin hydrolysis: Effect of temperature, degree of methylation, pH, and calcium on hydrolysis rates, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 46, N.4, p. 1311-1315, available at: <https://doi.org/10.1021/jf970473y>.

Стаття надійшла до редакції 18.12.2021