

НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА КРОХМАЛЮ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Андрій СЕМЕРАК, аспірант, ORCID: 0009-0001-2607-1566
Роман ІЛЬЧУК, доктор сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0002-3524-4844
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна
e-mail: roman_ilchuk@ukr.net

Виробництво крохмалю в Україні та світі є значною галуззю сільськогосподарської переробки, а проведені дослідження ринку включають розрахунок його основних показників, таких як обсяг випуску, експорту та імпорту продукції; сегментацію ринку за географією, операторами, цінами, сферами споживання. В останні роки спостерігається зростання виробництва, зокрема картопляного крохмалю. Це пов'язано з збільшенням посівних площ та врожайності картоплі, а також з модернізацією крохмальних заводів. Крохмаль виробляється з різних видів сировини, включаючи картоплю та кукурудзу. Українські підприємства активно працюють над збільшенням експорту крохмалю, зокрема на європейські ринки. Майже половина (48 %) від усієї продукції ринку крохмалю споживається харчовою промисловістю. Крохмаль входить до складу кожного другого продукту харчування, зокрема з нього роблять емульгатори і загусники для різноманітних соусів, кондитерських виробів, м'ясних продуктів і т. і. Крім харчової, активними споживачами крохмалю є паперова, фармацевтична, текстильна галузі. В якості допоміжної сировини крохмаль використовується в хімічній, нафтогазовій, ливарній та інших сферах.

Ключові слова: картопля, кукурудза, виробництво, крохмаль, харчова промисловість, фармакологія.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons

Виробництво крохмалю в цілому за останнє десятиріччя збільшило свої об'єми майже у двічі, що стало можливим за рахунок залучення до переробки таких видів сировини, як кукурудза, маниока і пшениця. Унікальні властивості крохмалю, як готового продукту, а також як сировини стосовно отримання крохмалів (модифікованих) різного призначення, крохмалепродуктів (цукровмісних) та полімерів нового покоління зумовило його важливість та особливість в економічному розвитку багатьох країн (Bukhhalo S. I., 2019, Danilova K., Oliinichuk S., Hrushetskyi R., 2022).

На сьогодні в Україні виробляється два (основних) види крохмалю - картопляний та кукурудзяний. Відрізняються вони між собою вмістом супутніх домішок та основними показниками. Дія спричинена фізичною, хімічною або фізико-хімічною обробкою дає можливість отримати велику кількість похідних від крохмалю зі зміненими тим чи іншим чином фізико-хімічними властивостями. Виробництво і застосування модифікованого крохмалю швидкими темпами зростає у всьому світі, проте в Україні воно присутнє не в значній мірі. Лише два приватних підприємства на Чернігівщині виробляють невелику кількість модифікованого крохмалю, але ці виробництва не здатні задовольнити потребу, що постійно зростає, різними видами модифікованого крохмалю. Останній відноситься до групи харчових добавок, які мають застосування для створення необхідних або ж зміни існуючих властивостей харчових

продуктів, де вони регулюють або формують їх консистенцію та основу структури (Lazar S., 2021, Rudnyk-Ivashchenko O. I., 2011).

Завдяки своїм унікальним властивостям, здатності до модифікацій та хімічних перетворень крохмаль можна застосувати в харчових виробництвах, причому різного напрямку – кондитерському (повидло, пастила) хлібопекарському (хліб, здоба, печиво, тістечка), ковбасному (варена ковбаса та подібна продукція), спиртовому, в кулінарії, для виробництва крохмалепродуктів (саго, модифікований крохмаль, патока, глюкозні та глюкозно-фруктозні сиропи, глюкозу кристалічну гідратну), у нехарчових галузях (паперовій, текстильній, парфумерній та ін.), а також медицині (Bukhhalo S. I., 2019, Bukhhalo S. I., 2018, Bukhhalo S. I., 2018).

Виробництво хлібобулочної продукції в Україні, на відміну від країн Європейського Союзу, де застосовуються різноманітні газоутворюючі компоненти, у тому числі й синтетичні, ґрунтуються на використанні натуральних пекарських дріжджів, які являють собою не що інше, як картопляне борошно, просякнуте грибами дріжджів. Крім того, за виробництва хліба при заміні частини борошна картоплею покращуються його якісні показники: скоринка виходить тоншою та м'якшою, м'якуш – більш ніжним і білим, а смак його – приємнішим і солодшим. Завдяки властивості утримувати вологу хліб, що містить у своєму складі крохмаль, не так швидко черствіє. Картопля є компонентом і безбілкового хліба.



З крохмалю та пророслого зерна ячменю виготовляють солодову патоку. Патока та крохмальний цукор входять до складу карамелі, мармеладу, пастили, печива, а декстрин, який отримують з крохмалю, використовують як згущувач для кремів, морозива, соусів, майонезу.

Крохмаль та його похідні широко використовуються для харчових цілей як вуглеводні продукти, желеутворювачі, емульгатори, що мають високу водноутримувальну здатність створеної субстанції. В медицині крохмаль використовують в якості наповнювача лікувальних засобів (тальки, присипки), а також в якості основи для отримання кровозамінників. З крохмалю виробляють високоякісну медичну глюкозу, а у виготовленні ліків крохмаль цінується своєю фізіологічною інертністю, клеючими властивостями, а тому застосовується в приготуванні різноманітних капсул, емульсій, драже. У таблетках деяких ліків, окрім діючої речовини (анальгін, аспірин, кофеїн, тощо) в якості наповнювача міститься до 20 відсотків крохмалю, причому у фармакології більш цінними є крохмальні зерна, що не перевищують 35 мікронів (Pchuk R. V., Balkovskiy V. V., Andrushko O. M., 2021).

Встановлено, що холерний вібріон *El-Tor* краще розвивається в поживному середовищі з додаванням крохмалю, а це означає, що крохмаль використовують у виробництві протихолерних сироваток. Крохмаль у суміші з гліцерином дає основу для великої кількості мазей та паст, для прикладу, у цинк-іхтіоловій, його частка сягає 25 відсотків.

Крохмаль є основним видом сировини, що використовується за виробництва етилового спирту харчового та медичного напрямків призначення. Широко застосування крохмаль та його модифікації набув для технічних цілей, а саме: у паперовій та текстильній промисловості, у ливарному виробництві для виготовлення формувальних сумішей, у стабілізації глинистих розчинів при нафтовидобуванні. Застосовується крохмаль і в таких галузях, як лиття металу, виготовлення електродів.

Багато крохмалю використовують пральні комбінатами для крохмалення постільної білизни. У виробництві тканин крохмаль застосовують для шліхтування (від німецького «schlichte» – насичення), що значно підвищує міцність тканини, та одночасно для апретування (від французького «apprêter» – завершальна обробка). Причому для шовку, льняних тканин необхідні високоякісні сорти крохмалю, а для простіших придатні й нижчі.

Глянecь, лиск та яскрава кольорова палітра тканин створюються завдяки крохмалю, тому що на оброблену крохмальним клейстером поверхню фарба лягає яскравіше та щільніше.

У виробництві деяких видів синтетичного шовку використовують патоку і глюкозу, що отримані з картопляного крохмалю. Розроблено метод отримання синтетичного волокна з глюкози, джерелом якої слугує крохмаль. Це волокно, на відміну від звичайного синтетичного, не виділяє отруйних речовин під час горіння та має властивість розкладатися в природі під дією існуючих мікроорганізмів.

Крім того, крохмаль має низку цінних властивостей. У продуктах його розпаду, за відповідних обробок, ці властивості посилюються і перетворюються таким чином, що можуть бути застосовані в діаметрально протилежних цілях. Так, нітрокрохмаль застосовують як згущувач, у той час як аміноалькальні деривати (похідні) крохмалю, навпаки, є хорошими емульгаторами (розпилювачами).

Високоамілозний крохмаль відрізняється тим, що дає плівку, стійку в холодній, але розчинну в теплій воді, а діальдегідний крохмаль утворює дуже щільне, непроникне для більшості розчинників покриття.

Продукти кислотного розпаду крохмалю (під дією сірчаної, соляної та інших кислот) – декстрини – володіють доволі сильними клеючими властивостями, що робить крохмаль та його похідні незамінними в багатьох галузях народного господарства. Потрібним він є і для виробництва фарб, чорнила, сірників, вичинки шкіри, у виробництві фото- та кіноплівки, для виготовлення упакувань та склеювання швів сигарет. У паперовій промисловості крохмаль застосовують для проклеювання паперу. Виробництво високоякісного (особливо глянцевого сорту) паперу та креслярських ватманів неможливе без крохмалю (Rozenal A. Dzh., Tompson P., 2021).

Крохмаль картоплі або сама картопля, відповідним чином оброблена, дають сировину для певного виду пластику: картоплю довготривало (24 – 36 годин) обробляють сірчаною кислотою, потім додають рідке скло або гіпс, деревину, каніфоль, а отриману масу застосовують у виробництві гудзиків, котушок, бісеру, гребінців тощо.

З крохмалю з додаванням оксиду цинку та винного каменю можна отримати гумоподібну масу для гумових виробів, іграшок тощо. Інший спосіб отримання гуми – із застосування спирту. З однієї тонни картоплі можна отримати 120 – 140 л спирту, який, крім медичних цілей, застосовують у виробництві синтетичного каучуку, а асортимент виробів із нього нараховує до 40 тисяч видів (Sidakova O. V., 2012).

Виходить, що практично немає галузі, в якій би картопля на знайшла свого застосування, що відповідно визначає значну потребу у її виробництві. На рисунку 1 подано діаграму споживання крохмалю переробною промисловістю.

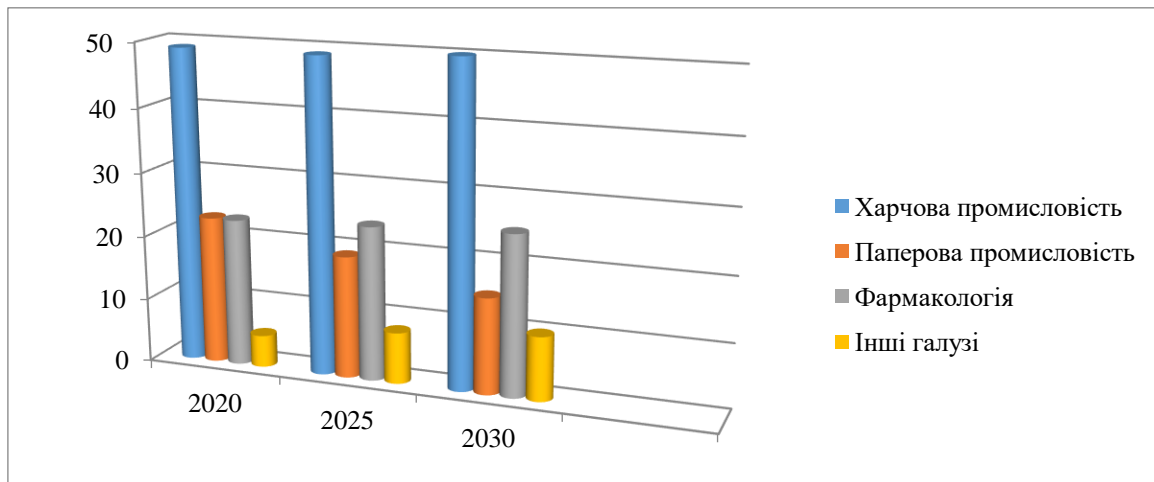


Рисунок 1. Прогноз структури споживання крохмалю в Україні (у відсотковому співвідношенні до загального об'єму виробництва)

За хімічною природою крохмаль належить до класу вуглеводів, як і всі відомі цукри та клітковина. Молекула крохмалю складається з амілози та амілопектину, тобто двох хімічно незалежних складових частинок. В кукурудзяному крохмалі, амілоза становить чверть всієї маси речовини, а відповідно амілопектин, решту - три чверті. У картопляному крохмалі співвідношення цих двох складових дещо інше і на амілозу припадає 20 %, а на амілопектин відповідно 80 %, що надає картопляному крохмалю певних специфічних властивостей.

Основні складові крохмалю, а саме амілоза та амілопектин дещо відрізняються між собою за хімічною будовою, але водночас вони складаються з глюкозних залишків, що з'єднані поміж собою, і утворюють так звані лінійні або розгалужені ланцюги. Це значить що, крохмаль, незалежно від свого походження (кукурудза чи картопля), має однакову хімічну будову, але його крохмальні зерна різняться між собою, як за розміром (величиною) так і за формою.

Для переробки на крохмаль використовують місцеві сировинні ресурси, тобто культури поширення яких є максимально допустимим: в Європі це картопля, пшениця і кукурудза; У Північній Америці – кукурудза; в Латинській Америці та Азії – маниока, батат, сагову пальму, сорго, а також частково рис. Найперспективнішими базами сировини для крохмале-патокового виробництва в умовах України є кукурудза та картопля, що зумовлено їх високою крохмалистістю (до 75 % та 30 % відповідно). Обидві культури добре транспортується та зберігається, що створює умови для можливості їх перероблення впродовж всього року та мінімального часу зупинок виробництва за браком сировини. Вказані фактори зумовлюють високу техніко-економічну ефективність виробництва крохмалю (Bekker T., 2009, Bukolova T. P., 1997).

Надзвичайно важливим господарським завданням є залучення до переробки на крохмаль вітчизняної зернової сировини: пшениці, жита, ячменю, сорго, тобто розширення спектру переробної промисловості та створенню додаткової вартості вирощеної продукції сільського господарства. Оцінка сировини має враховувати не лише вартість та витрати на її переробку, але й можливість підвищення вартості побічної продукції за рахунок біохімічної та механічної обробки сировини у технології виробництва крохмалю. Витрати сировини на 1 т виробництва товарного крохмалю для сучасних технологій в середньому становлять: картоплі - 7 т, кукурудзи - 1,6 т, жита - 2,5 т, ячменю - 2,86 т, пшениці - 2,3 т, гороху - 2,5 т (рис. 2).

Економічно обґрунтовано, що виробничі витрати є максимальні при виробництві крохмалю з картоплі та мінімальні за переробки кукурудзи, але при цьому споживча вартість побічних продуктів настільки висока, що в декілька разів перебільшує додаткові витрати на їх виробництво. За переробки зерна кукурудзи можна отримати такі цінні продукти як глютен та кукурудзяну олію, пшениці – суху клейковину, а гороху – білковий ізолят.

Усі вищезгадані види сировини є конкурентоспроможними за рахунок отримання побічної продукції, проте вартість картоплі на виробництво 1 т крохмалю перебільшує вартість інших видів сировини, хоча це питання є достатньо спірним та багато чому залежить від певних чинників, що формують кінцеву ціну отриманої продукції. Саме тому, об'єми світового виробництва картопляного крохмалю більш-менш є стабільними, а уряди країн, де скупчено його виробництво, у різній формі субсидують до 40 % виробництва картоплі, що надходить на промислову переробку (Granato D. et al., 2018).

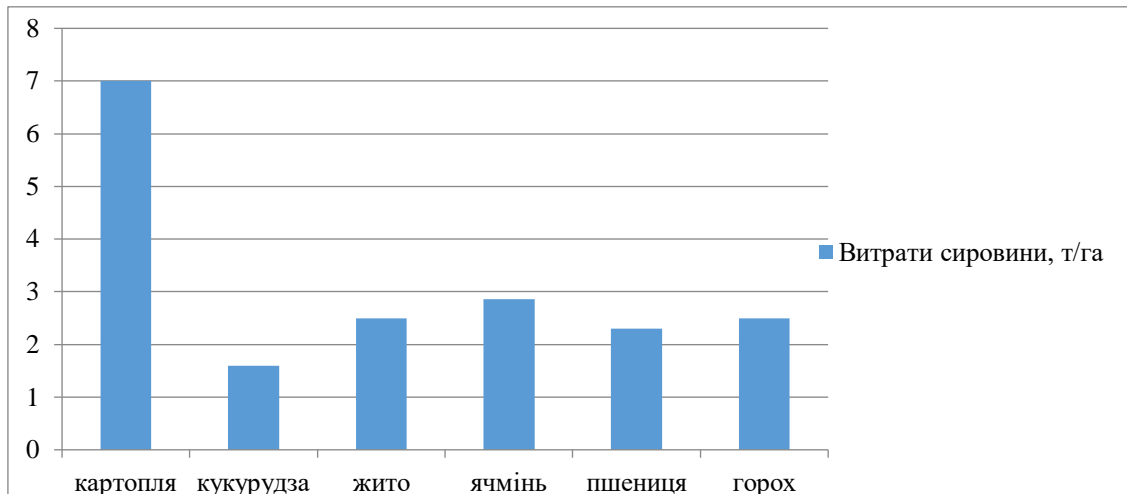


Рисунок 2. Орієнтовні витрати сировини на виробництво 1 тонни крохмалю

За декілька останніх років технологія виробництва крохмалю та продуктів з крохмалю зазнала докорінних технологічних змін, що викликані необхідністю різкого збільшення виробничих потужностей продуктивності підприємств. Все це пов'язане появою нових видів та удосконалення існуючого обладнання за використанням прогресивних досягнень у науці та техніці.

Поява нових видів подрібнювачів, дугових сит, гідроциклонних установок, застосування ферментів, іонообмінних смол, нових адсорбентів вдосконалило виробництво цукристих крохмалепродуктів.

Використання ферментів дозволяє виробляти нові крохмалепродукти, а саме: глюкозно-фруктозні та високофруктозні сиропи, мальтозну та глюкозно-мальтозну патоки, мальтодекстрини, гранульовану глюкозу, зернові сиропи, які дають можливість розширити спектр споживчих властивостей готової продукції. Сучасні технологічні процеси виробництва крохмалю та крохмалепродуктів потребують науково обґрунтованих чинників та підходів до їх впровадження, глибокого усвідомлення важливості проходження кожної операції (Shuvar I., 2021).

Ще на початку вісімдесятих роках минулого століття в Україні існувало 17 переробних підприємств з загальним об'ємом переробки картоплі на крохмаль близько 200 тис. тонн на рік. У 1960 р. запустив свої потужності та почав переробляти кукурудзу на крохмалепродукти Верхньодніпровський крохмале-патоковий комбінат, який на сьогодні існує як ВАТ "Дніпровський крохмалепатоковий комбінат" і є лідером цієї галузі. Оновлене обладнання комбінату пристосоване для переробки 600-700 тон за добу зерна кукурудзи на лінійку таких цінних продуктів, як крохмаль, крохмальна патока, глюкоза, кукурудзяна олія, глютен та гранульовані корми. Окрім цього комбінату в Україні залишилось ще 7 підприємств, що переробляли картоплю на

крохмаль (Божиковецький Хмельницька обл., Кремнянський на Житомирщині, Нехаївський, Пелюхівський і Петрівський на Чернігівщині, Оранський в Київській обл. та Самолусківський на Тернопільщині).

Нестача картоплі, як сировини та її переробка за невисокої крохмалистості призвело до занепаду ще практично семи підприємств. Більшість з них перейшли на переробку кукурудзи лужним методом, оскільки обладнання цих підприємств не пристосоване до кислого середовища, яке створюється застосуванням сірчистої кислоти для замочування зерна кукурудзи. Вихід крохмалю на цих виробництвах не вищий за 50-55 %, що суттєво нижче, ніж на спеціалізованих заводах.

Ряд підприємств спроможні виробляти за сезон незначну кількість картопляного крохмалю, що для одного заводу може становити 500-1100 т/рік і не спроможне задоволити ринкові потреби в цього продукту.

В Чернігівській області побудовано два однотипних підприємства з переробки картоплі на крохмаль та виробництва деяких видів модифікованих крохмалів для харчової промисловості. Науково-виробниче товариство з обмеженою відповідальністю «Модифікатор» (м. Обухів, Київської області) виробляє модифікований крохмаль, який набув широкого застосування у виробництві паперової продукції. Київський крохмальний завод (м. Буча) переробляє крохмаль та крохмалевмісну сировину на екструдовані продукти для потреб кондитерської промисловості, виробництва клеїв та пристосувань для низькоглибинного буріння, а Кремнянський крохмальний завод освоїв випуск окисленого крохмалю, який використовують у виробництві гіпсокартонних плит.

Висока рентабельність підприємств з переробки кукурудзи надає підстави щодо розгляду питань з переоснащення деяких цукрових заводів у крохмале-патокові підприємства. Наприклад, Мізоцький цукровий завод був повністю

переоснащений українськими інвесторами з метою виробництва крохмальної патоки та іншої побічної продукції. Для цього у виробничих приміщеннях встановили сучасне обладнання для переробки кукурудзи на сирій та сухій кукурудзяній крохмаль (Vyshnevskaya O. V., 2014, Ukrainets A. Y., 2008).

Вже від сьогодні необхідно розпочати запровадження ряду заходів з реорганізації картоплепереробного комплексу задля формування єдиної системи, що об'єднає у собі: вирощування сировини, її переробку та збут продуктів переробки, що суттєво буде стимулювати вчених до виведення висококрохмалистих сортів та удосконалення технологічних складових її вирощування з високими показниками вмісту крохмалю.

Основними напрямками розвитку крохмале-патокової галузі України на найближчий період є такі:

- розробка технологічних складових з переробки альтернативних видів крохмалевмісної сировини, а саме пшениці та сорго;
- комплексна переробка сировини та збільшення товарного виробництва цінної побічної продукції;

- створення єдиного центру, який би займався визначенням кон'юнктури ринку та координацію роботи як окремих підприємств та і усіх заводів галузі;

- створення систем управління якістю та атестації підприємств у відповідності до вимог єдиних міжнародних стандартів;

- координація напрямків щодо нарощування виробництва модифікованих крохмалів та розширення асортименту паток для харчової промисловості;

- залучення інвестицій щодо створення виробництва глюкозно-фруктозних сиропів.

Окрім того, надзвичайно важливою є підтримка вітчизняного виробника крохмалю та крохмалепродуктів державою. Впровадження захисних заходів щодо обмеження імпорту крохмалепродуктів під час виходу з кризового стану в подальшому може суттєво стимулювати розвиток вітчизняного крохмале-патокового виробництва (Razkevych M., 2014).

У 2019-2021 роках українськими підприємствами було вироблено 8,4 тис. т картопляного крохмалю, а його орієнтовний розподіл подано на рисунку 3.

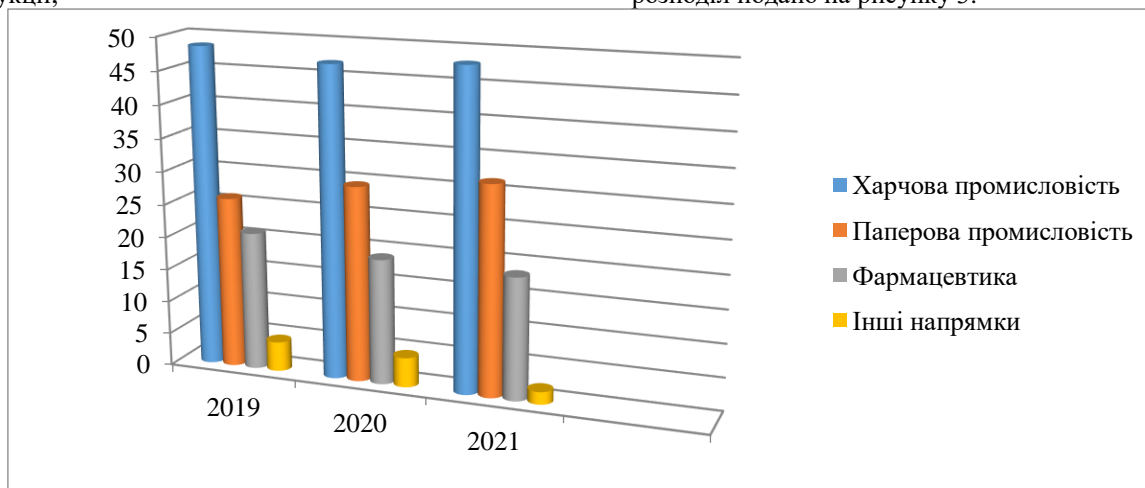


Рисунок 3. Основні напрямки споживання крохмалю в Україні

За даними статистики Україна в 2021-2022 маркетинговому році виготовила рекордний за всі роки існування держави обсяг картопляного крохмалю. За даними (Ruzhenkova O., 2022) експертки Всесвітнього банку з розвитку плодоовочівництва війна суттєво вдарила по вітчизняному крохмальному ринку: у лютому-березні Чернігівщина, Київщина, Сумщина, Слобожанщина опинилися в окупації. Велика кількість сховищ була знищена, а ще більша залишились без енергопостачання. Картопля значно втратила свою якість і для подальшої реалізації через супермаркети та базари стала непридатною, а тому весь обсяг потрібно було переробити.

Починаючи з 90-х років, в Україну заходило багато імпоротної продукції за так званими «сірими» схемами, і половина внутрішнього обсягу продукції

формувався завдяки імпортним надходженням (Lazar S., 2007).

У Західній Європі виробництво картопляного крохмалю завжди дотувалося на державному рівні, причому це було різносторонньо: дотація аграрію, який вирощує картоплю для переробки на крохмаль, дотація підприємству, яке переробляє, а також – експортна дотація, де остання складала половину вартості ціни. Але з плином часу та вдосконалення законодавчої бази частка крохмалю, ввезеного за «сірими» схемами, значно зменшилася. Відбулися позитивні зміни, які дозволили встановити справедливі правила гри на даному ринку, і це створило певні передумови для поживлення крохмальної галузі. На сьогоднішній день частка української продукції значно перевищує частку закордонної (рис. 4).

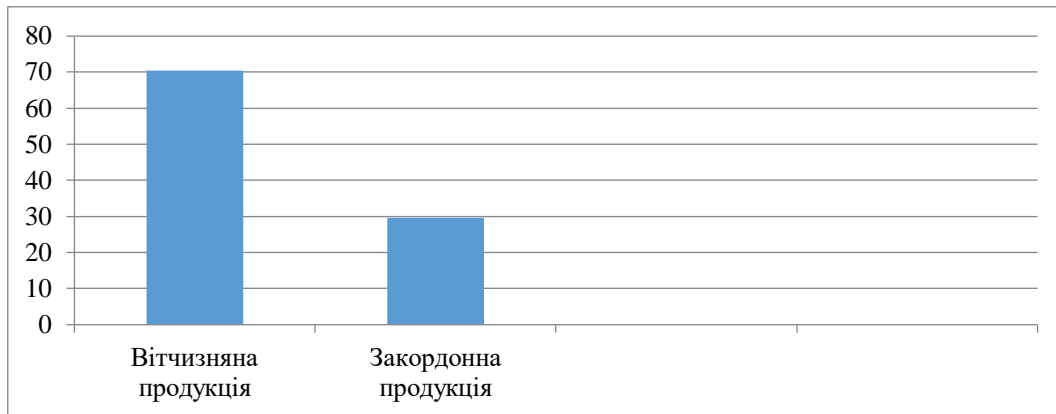


Рисунок 4. Частка продукції крохмалю на загальному ринку України (у відсотках до загального об'єму)

Світове виробництво крохмалю коливається в межах 3,5 млн. тон. Країни Європейського Союзу виробляють приблизно 1,4 млн. тон картопляного крохмалю, що перевищує 40 % від загальної кількості, а в той час Китай є ще одним важливим виробником з 0,55 млн. тон (майже 16 %) виробленого крохмалю (Thakur A., Panesar P., Saini M., 2018).

У грошовому еквіваленті світова торгівля крохмалем оцінюється в суму 550 млн. євро за об'єму 800-900 тисяч тон. Домінантами світової торгівлі являються: Німеччина, Нідерланди та Польща. Картопляний крохмаль частково конкурує із іншим крохмалем, а саме кукурудзяним, адже картопляний крохмаль має деякі специфічні характеристики, що надають йому своєрідної унікальності.

В Європі виробництво картопляного крохмалю почалося приблизно 100 років тому з селян, що об'єдналися в кооперативи для переробки картоплі на крохмаль. В недалекому минулому виробництво крохмалю було достатньо примітивним і простим процесом. Вироблявся лише крохмаль, а всі некрохмальні компоненти

йшли на утилізацію як відходи. Величезні обсяги відходів, особливо протеїни, спричиняли серйозну проблему забруднення навколишнього середовища.

На сьогодні практично всі складові бульб картоплі перетворюються у додану вартість. Високий попит на протеїни забезпечує європейський тренд щодо заміни білків тваринного походження на рослинні. Частина крохмалю переробляється в інші продукти, які використовуються для інших цілей (промисловість, виробництво продуктів харчування). Дослідження та розробки в цьому напрямку досить часто організуються на замовлення покупців для створення специфічної продукції.

Вирощування картоплі на крохмаль в основному сконцентровано в Німеччині (1,8 мільйонів тон), Нідерландах (1,7 мільйонів тон), Франції (0,9 мільйонів тон), Данії (0,8 мільйонів тон), Польщі (0,6 мільйонів тон). Китай (0,55 млн. т) також є важливим виробником (рис. 5).

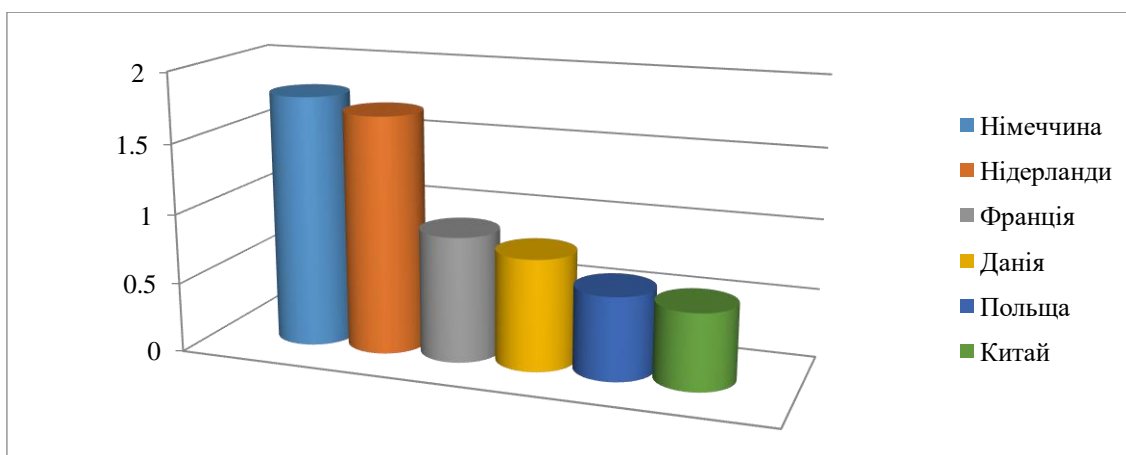


Рисунок 5. Виробництво картоплі на переробку у світі

В Нідерландах картопля на крохмаль виробляється лише в Північно-Східному регіоні, та сконцентрована біля заводів AVEBE. AVEBE - це кооператив, який належить фермерам і є найбільшим виробником у світі з об'ємом виробництва у 550 000 тон крохмалю.

За даними голландських фермерів для виробництва 1 кг крохмалю потрібно 4-5 кг картоплі, але це залежить від вмісту крохмалю. Сучасні підприємства з виробництва крохмалю переробляють тільки спеціальні крохмальні сорти з його вмістом до 18-20 %. В новостворених сортах, таких як Supporter (Semagri) вміст крохмалю сягає 25 %, а сухих речовин 30-32 %, адже вони створені власне для цього напрямку використання

Висновки

Ґрунтово-кліматичні умови Західного Лісостепу України є сприятливими для нормального росту й розвитку картоплі, як сировинної бази для переробної промисловості, а саме для виробництва крохмалю.

Список використаної літератури

A meta-analysis of studies evaluating food products with geographical indications: what drives the premium value of origin-based labels? / O. K. Deselniku ta in. *J. Agric. Resour. Econ.* 2013. No. 382. P. 204–219. <https://doi:10.22004/ag.econ.158285>.

Ali F., Abdel-Atty N., Helmy E. Improving the quality and extending the shelf life of chilled fresh sausages using natural additives and their extracts. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.* 2018. No. 7 (6), P. 580–585. doi: <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018.7.6.580-585>

Analysis of the possibilities of ethyl alcohol regeneration in pectin production / Bukhhalo S. I. et al. *Visnyk NTU «KhPI».* 2019. No. 21(1346). P. 19–30. <https://doi:10.20998/2220-4784.2019.21.04>

Antioxidant activity, neuroprotective properties and bioactive constituents analysis of varying polarity extracts from Eucalyptus globulus leaves / González-Burgos E. et al. *Journal of Food and Drug Analysis.* 2018. No. 26 (4), P. 1293–1302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.05.010>

Bai F. W., Anderson W. A., Moo-Young M. Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feedstocks. *Biotechnology Advances.* 2008. V. 26. Issue 1. P. 89–105. <https://doi:10.1016/j.biotechadv.2007.09.002>.

Bekker T. European food quality policy: the importance of geographical indications. Organic certification and food quality assurance schemes in European countries. *Zhurnal mizhnarodnoho prava ta torhovelnoi polityky Tsentru Esti.* 2009. No. 10. P. 111–130.

Bukolova T. P. Biochemical composition of tubers and its influence on the quality of potato products. 1997. 160 p.

(Skubich M.K., Eriavets K., Ule A., Klopchich M., 2018).

В порівнянні із ринком свіжої картоплі, крохмальний сектор використовує більш сучасні сорти. Крім високого вмісту крохмалю та сухих речовин крохмальні сорти мають дуже високу стійкість проти захворювань, зокрема до цист (личинок) золотистої картопляної нематоди та раку картоплі. Також нещодавно вдалось створити сорти з покращеними характеристиками щодо придатності до механізованого збирання та тривалості періоду зберігання, що в свою чергу дає можливість крохмальним виробництвам працювати довший період року.

В умовах обмеженого ресурсного забезпечення, спричинених розпорошеністю галузі картоплярства, зростає роль сорту та ефективних технологій вирощування, а тому дані напрямки виробничого процесу та їх вдосконалення мають актуальний напрямок розвитку.

Bukhhalo S. I. General technology of the food industry in examples and problems (examples and tests). 2018. 98 p. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/74b021e0-cd3e-45ca-9712-ef9dc46474f3/content>

Bukhhalo S. I. General technology of the food industry in examples and problems (examples and tests). 2019. 98 p. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/01439b7a-e479-468d-9e2b-db9142ddb363/content>

Bukhhalo S. I. General technology of the food industry in examples and problems (examples and tests), 2nd ed. supplement: part 2. Tsentru navchalnoi literatury, 2018. 108 p. <https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/74b021e0-cd3e-45ca-9712-ef9dc46474f3/download>

Bukhhalo S. I. Possibilities for developing modified starch technologies. *Visnyk NTU «KhPI».* 2019. No. 21(1346). P. 84–93. <https://doi:10.20998/2220-4784.2019.21.13>

Bukhhalo S. I. Prospects for the development of potato and corn starch technologies. *Visnyk NTU «KhPI».* 2019. No. 21(1346). S. 75–83. <https://doi:10.20998/2220-4784.2019.21.12>

Bukhhalo S. I., Zipunnikov M. M. Analysis of the efficiency of nozzles in the regeneration of ethyl alcohol in pectin production. No. 43, T. 1. 2013. P. 80 – 84. [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Np_2013_43\(1\)_20](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Np_2013_43(1)_20)



Danilova K., Oliinichuk S., Hrushetskyi R. The use of immobilized microorganisms in fermentation technology. *Prodovolchi resursy*. 2020. Vol. 8. No 15 P. 91–101. <https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-10>

Danilova K., Oliinichuk S., Zavarzina O. Study of the dynamics of saccharification of starch-containing raw materials with the enzyme preparation glucoamylase in the process of enzymatic hydrolysis. *Prodovolchi resursy*. 2022. Vol. 10. No 9. P. 72-80. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-08>.

Development of a food antioxidant complex of plant origin / Bilous O. et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. No. 6(11 (102)), P. 66–73. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.

González-Burgos E. Antioxidant activity, neuroprotective properties and bioactive constituents analysis of varying polarity extracts from Eucalyptus globulus leaves. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2018. No. 26 (4), P. 1293–1302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.05.010>

DSTU 2211-93 Starch and starch products. Terms and definitions. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=92540

DSTU 3976-2000 Corn starch. Technical conditions. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=70422

DSTU-4525:2006 Corn. Technical conditions. <https://elevator.com.ua/sites/default/files/docs/dstu4525-2006.pdf>

DSTU 4644:2006 Starch. Acceptance rules and sampling methods. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75319

Effects of herbal extracts on quality traits of yogurts, cheeses, fermented milks, and ice creams: a technological perspective / Granato D. et al. *Current Opinion in Food Science*. 2018. No. 19, P. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.11.013>

Elia M. Procedure for sensory evaluation of bread: a protocol developed by a trained panel. *Zhurnal sensorykh doslidzhen*. 2011. No. 26. P. 269–277.

Environmental Safety and Economics: Monograph. M. I. Sokur ta in. 2020. 240 s. https://www.researchgate.net/publication/339847190_Ekologicna_bezpeka_ta_ekonomika_monografia_MI_Sokur_VM_Smandij_EK_Babec_VS_Bileckij_IE_Mechnikova_OV_Harlamova_LS_Seludcenko_-_Kremencuk_PP_Serbatih_OV_2020_-_240_p

General technologies of the food industry. F.V. Pertsevoi ta in. navch. posib. u 2 ch. Ch. 2. Kharkiv: SNAU, 2021. 203 p. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/8266>

Ilchuk R. V. Quality indicators of potato tubers depending on planting density and nutrition levels. 2012. No. 3-4 (193-194). S. 8-11.

Ilchuk R. V., Balkovskyi V. V., Andrushko O. M. *Biochemistry of potatoes*. 2021. 132 p. <https://www.lnup.edu.ua/files/zvit2021.pdf>

Innovative approaches to teaching foreign languages at higher educational institutions / Bukhhalo S. I. et al. *Visnyk NTU «KhPI»*. 2023. No. 2(1366). P. 18–27. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.02.03>

Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks / Bukhhalo S. I. et al. *Visnyk NTU «KhPI»*. 2019. No. 15(1340). P. 80–88. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2019.15.14>

Lazar S. Potato starch consumption has decreased in Ukraine. *Agribusiness Today*. <https://agrobusiness.com.ua/agrobusiness/item/30546-v-ukraini-skorotylosia-spozhyvannia-kartopljanoho-krokhmalu.html>.

Lee J. H., Pagan R. J., Rogers P. L. Continuous simultaneous saccharification and fermentation of starch using *Zymomonas mobilis*. *Biotechnology and bioengineering*. 1983. No. 25(3) P. 659 – 669. <https://doi.org/10.1002/bit.260250304>.

Lovkis Z. V., Lytviak V. V., Petiushkevych N. N. Technology of starch and starch products. 2007. 178 p.

Mathematical Modeling of Enzymatic Hydrolysis of Starch: Application to Fuel Ethanol Production / G. Murthy et al. ASAE Annual Meeting. 2006. <https://doi.org/10.13031/2013.21555>.

Monte Carlo simulation of the α -amylolysis of amylopectin potato starch / L. Marchal et al. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2001. 24. P. 163 – 170. <https://doi.org/10.1007/s004490100247>.

Optimizing the antioxidant efficacy of decolorized and decolorized rosemary extract: effect of carnosol content on the oxidative stability of paprika-colored beef patties / P.S. Radzhyv ta in. *Zhurnal kharchovoi nauky ta tekhnologii*. 2017. No. 54. S. 1665-1677. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2599-3>

Pat. US4243750A USA. Process for the hydrolysis of starch and the continuous fermentation of the sugars obtained therefrom to provide ethanol. 1979. Inventor: Werner C. Muller, Franklyn D. Miller. Current Assignee: Equistar Chemicals LP.

Production of ethanol from raw juice and thick juice of sugar beet by continuous ethanol fermentation with flocculating yeast strain KF-7 / Li Tan et al. *Biomass and Bioenergy*. 2015. V. 81. P. 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.07.019>.

Razkevych M. Potatoes for processing – fertilization and protection. *Planter*. 2014. No. 3. <http://www.agrotimes.net/journals/archive/119-plantator>.

Razkevych M., Oliinichuk S., Zavarzina O. Study of the dynamics of saccharification of starch-containing raw materials with the enzyme preparation glucoamylase in the process of enzymatic hydrolysis. *Prodovolchi resursy*. 2022. T. 10. № 9. C. 72-80. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-08>.

Research and analysis of innovative measures for the technology of integrated utilization of post-alcohol stillage / Bukhhalo S. I. et al. *Visnyk NTU «KhPI»*. 2019. No. 15(1340). S. 66–74. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2019.15.12>

Roadmap for Ukraine. Export strategy for processed potato products. <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/binaries/agroberichtenbuitenland/documenten/publicaties/2018/02/21/ua-road-map-potato-products-export/2018.02.21>

Rozental A. Dzh., Tompson P. What is cohesion? A linguistic survey of the food texture testing literature. *Zhurnal doslidzhen tekstury*. 2021. No. 52. S. 294–302. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12586>.

Rudnyk-Ivashchenko O. I. The influence of soil and climatic conditions of potato cultivation on the biochemical composition of tubers. *Kartopliarstvo*. 2011. Vyp. 40. S. 144–153.

Ruzhenkova O. Record starch production is expected in Ukraine. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3509792-v-ukraini-ocikuetsa-rekordne-virobnictva-krohmalu-ekspert.html>

Sensory analysis of products with protected geographical indications: an example with turnip leaves and tops / Arias-Karmona ta in. *Zhurnal sensorykh doslidzhen*. 2012. No. 27. S. 482–489.

Sidakova O. V. Biochemical characteristics of new potato varieties. *Kartopliarstvo*. 2012. Vyp. 41. P. 24–28.

Shuvar I. Features of potato growing technology. *Agribusiness Today*. <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia->

sohodni/item/153-osoblyvosti-tekhnohiiivyroshchuvannia-kartopli.html.

Skubich M.K., Eriavets K., Ule A., Klopchich M. Hedonic consumer preferences for different branded and traditional food products in Slovenia. *Zhurnal sensorykh doslidzhen*. 2018. No. 33: e12444. <https://doi.org/10.1111/joss.12444>.

Sumner E. R., Avery S. V. Phenotypic heterogeneity: differential stress resistance among individual cells of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology*. 2002. 148. Issue 2. P. 345–351. <https://doi.org/10.1099/00221287-148-2-345>.

Thakur A., Panesar P., Saini M. Continuous Production of Lactic Acid in a Two Stage Process Using Immobilized *Lactobacillus casei* MTCC 1423 Cells. *International J. of Food Engineering*. 2018. P. 216 – 222. <https://doi.org/10.18178/ijfe.4.3.216-222>.

Thani A., Laopaiboon P., Laopaiboon L. Improvement of continuous ethanol fermentation from sweet sorghum stem juice using a cell recycling system. *J. of Biotechnology*. 2017. V. 251. P. 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2017.03.030>.

Vlasenko M. Yu. Plant Physiology with Fundamentals of Biotechnology. 2006. 502 p.

Vyshnevska O. V. The influence of mineral nutrition on the yield and biochemical quality indicators of potato tubers of varieties of different maturity groups. *Kartopliarstvo Ukrainy*. 2014. № 1-2(34-35). P. 45–54.

Ukrainets A. Y. Food technology. 2008. 736 p.

Walker G. M. Yeast Physiology and Biotechnology. Chichester: John Wiley & Sons, 1998. 368 p.

THE DIRECTIONS OF APPLICATION AND ANALYSIS OF STARCH PRODUCTION IN UKRAINE AND IN THE WORLD

Andrii SEMERAK, postgraduate student, ORCID: 0009-0001-2607-1566
Roman ILCHUK, doctor of agricultural sciences, ORCID: 0000-0002-3524-4844
Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS

Starch production in Ukraine and globally is a significant agricultural processing industry, and market research conducted includes the calculation of its key indicators, such as production, exports and imports; market segmentation by geography, operators, prices, and consumption areas. In recent years, there has been an increase in production, particularly of potato starch. This is due to an increase in potato acreage and yields, as well as the modernisation of starch plants. Starch is produced from various types of raw materials, including potatoes and corn. Ukrainian companies are actively working to increase starch exports, particularly to European markets. Almost half (48%) of the total starch market is consumed by the food industry. Starch is a component of every other food product, including emulsifiers and thickeners for various sauces, confectionery, meat products, etc. In addition to the food industry, the paper, pharmaceutical and textile sectors are active consumers of starch. As an auxiliary raw material, starch is used in the chemical, oil and gas, foundry and other industries.

Keywords: potatoes, corn, production, starch, food industry, pharmaceuticals.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons

Отримано: 3.8.2025

Погоджено до друку: 10.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025