

**Гребельник Оксана Петрівна**

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри харчових технологій і технологій переробки продукції тваринництва,

Білоцерківський національний аграрний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8099-1307>

**Ревицька Уляна Степанівна**

кандидат фізико-математичних наук, доцент,

доцент кафедри інформаційних технологій, вищої математики та фізики,

Білоцерківський національний аграрний університет

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3652-9031>

**Загоруй Людмила Петрівна**

кандидат ветеринарних наук, доцент,

завідувач кафедри харчових технологій і технологій переробки продукції тваринництва,

Білоцерківський національний аграрний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0909-6999>

**Король-Безпала Леся Петрівна**

кандидат сільськогосподарських наук,

доцент кафедри харчових технологій і технологій переробки продукції тваринництва,

Білоцерківський національний аграрний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4362-3166>

**Калініна Галина Петрівна**

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри харчових технологій і технологій переробки продукції тваринництва,

Білоцерківський національний аграрний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6178-7885>

## ІННОВАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ГЛАЗУРОВАНИХ СИРКІВ НА ОСНОВІ ФУНКЦІЙ БАЖАНОСТІ

У статті розглянуто проблему комплексного оцінювання якості глазурованих сирків як багатокomпонентних харчових продуктів. Обґрунтовано доцільність застосування інноваційного підходу на основі методів кваліметрії та функцій бажаності для інтеграції органолептичних, фізико-хімічних показників і харчової цінності у єдиний узагальнений критерій. Проведено аналіз асортименту вітчизняного ринку глазурованих сирків, визначено основні напрямки його розвитку. Обґрунтовано вибір зразків із фруктовими наповнювачами, зокрема зі смаком вишні, як найбільш поширених, а також використання ванільного сирка як контролю. Проаналізовано показники якості глазурованих сирків відповідно до ДСТУ 4503:2005 «Вироби сиркові. Загальні технічні умови»; удосконалено підхід до їх вибору у загальній інтегральній оцінці якості. Сформовано систему показників якості глазурованих сирків та здійснено їх класифікацію на стимулюючі, дестимулюючі та такі, що мають оптимальне значення. Удосконалено підхід до вибору дестимуляторів шляхом виділення простих цукрів, а також введено додатковий показник – товщину глазури. До стимулюючих показників віднесено вміст сиру кисломолочного, білка, органолептичну оцінку; до дестимулюючих – вміст цукрів, товщину глазури. Розроблено модель для визначення інтегрального показника якості, що враховує показники: масова частка білка, сиру кисломолочного, жиру, цукрів, вологи, товщина глазури, органолептична оцінка. На основі функцій бажаності виконано нормування показників та розраховано інтегральний показник якості для досліджуваних зразків. Визначено показники з найвищими значеннями. Встановлено, що високі органолептичні показники не завжди забезпечують максимальне значення інтегрального показника, що пояснюється впливом фізико-хімічних характеристик та складу продукції. Показано, що застосування функцій бажаності дозволяє підвищити об'єктивність оцінювання якості продукції та врахувати різноспрямований вплив показників. Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованого підходу як інноваційного інструменту для порівняльного аналізу продукції, оптимізації рецептур і підвищення ефективності контролю якості у харчовій промисловості.

**Ключові слова:** глазурані сирки, інноваційний підхід, кваліметрія, функції бажаності, інтегральний показник якості, математичне моделювання, органолептична оцінка, фізико-хімічні показники, харчова цінність.



**Постановка проблеми та її актуальність.**

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості особливої актуальності набуває проблема забезпечення якості, безпечності і нешкідливості харчових продуктів. Зростання конкуренції між виробниками на продовольчому ринку, підвищення вимог споживачів до органолептичних характеристик і харчової цінності продукції, а також необхідність дотримання нормативних вимог зумовлюють потребу у вдосконаленні методів оцінювання якості харчових виробів [1, 2].

Одним із популярних сегментів молочної продукції є молочно-білкові концентрати, що задовольняють потребу людства у якісному збалансованому джерелу білка. Серед них окрему нішу займають глазуrowані сирки. Завдяки своїй кисломолочній основі вони мають підвищену біологічну цінність, водночас їм властиві ознаки кондитерського виробу [3, 4]. Такі продукти характеризуються складною структурою, що включає сиркову основу, глазуру, наповнювачі. Це обумовлює широкий спектр показників цих виробів: органолептичні, фізико-хімічні, хімічні, споживчі властивості та біологічну цінність, що спричиняє багатофакторність їх оцінювання.

Якість глазуrowаних сирків нормується ДСТУ4503:2005 за наступними групами показників: харчовою цінністю, фізико-хімічними, органолептичними і мікробіологічними [5]. Однак такий підхід не дозволяє отримати узагальнену кількісну оцінку якості продукції, що ускладнює її порівняльний аналіз та вибір оптимальних зразків.

Особливої складності набуває проблема інтеграції об'єктивних (вимірюваних) та суб'єктивних (сенсорних) характеристик у єдину систему оцінювання. Відсутність універсального інтегрального показника якості обмежує можливості прийняття обґрунтованих технологічних та маркетингових рішень.

У зв'язку з цим актуальним є застосування методів кваліметрії, що дозволяють формалізувати процес оцінювання якості шляхом переходу від різнорідних показників до узагальненого критерію. Особливий інтерес становить використання функцій бажаності, які забезпечують приведення показників до єдиної безрозмірної шкали та враховують характер впливу кожного параметра на загальну якість продукції.

Таким чином, виникає необхідність розроблення математичної моделі оцінювання якості глазуrowаних сирків на основі функцій бажаності, що дозволить здійснити комплексний аналіз продукції з урахуванням її фізико-хімічних, органолептичних характеристик та біологічної цінності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині ринок глазуrowаних сирків широко розвивається в Україні. Основні тенденції його розвитку співзвучні загальним тенденціям харчової промисловості: збагачення виробів джерелами білка, використання нетрадиційних джерел рослинної сировини, зменшення калорійності виробів, удосконалення виробів з метою надання їм функціональних властивостей. Існують

наукові розробки, що направлені на повноцінне використання усіх білкових складових молока. Проводяться дослідження у напрямку збагачення рослинною сировиною, оптимізації глазури. Вагомий внесок здійснено вітчизняними науковцями: Онопрійчук О.О., Скуйбіда В.В., Грек В.О., Тимчук А.В., Чагаровський О.П., Буштець Д.М., Ткаченко В.В., Попова Н.В., Мисюра Т.Г. та ін. [6–11]. Їх дослідження були спрямовані на вивчення низки властивостей глазуrowаних сирків. Оцінка якості готових виробів здійснюється традиційним методом і базується на аналізі окремих груп показників. Однак вони не дають узагальненої оцінки якості. Тому існує потреба у інтегральному показнику оцінки якості глазуrowаних сирків.

Загалом проблема комплексного оцінювання якості харчових продуктів вирішується методами кваліметрії, галузі, що дає змогу кількісно оцінювати якість будь-яких об'єктів. Її принципи базуються на об'єднанні декількох груп показників виробів в одну безрозмірну величину [12].

Одним із базових підходів до формалізації оцінювання якості є функція бажаності, запропонована ще у 1965 році Едвардом Гаррінгтоном (Harrington) [13], яка дозволяє переводити фізичні показники у безрозмірну шкалу бажаності. Подальший розвиток цього підходу відображено в роботах Дугласа Монтгомері (Douglas C. Montgomery) [14], де функція бажаності використовується для оптимізації багатофакторних технологічних процесів.

У дослідженнях Томаса Сааті (Thomas L. Saaty) [15] розглянуто методи визначення вагових коефіцієнтів показників у багатокритеріальних задачах, що є важливим етапом формування інтегральних оцінок якості. Теоретичні основи моделювання складних систем також представлені у працях Джека Клейнена (Jack P.C. Kleijnen) [16].

Значний внесок у розвиток методів сенсорного аналізу зроблено у роботах Лоулесса та Геймана (Lawless & Neymann) [17], де обґрунтовано методи оцінювання органолептичних характеристик харчових продуктів, а також у працях Морріса Гакула (Gacula) [18], присвяченій оптимізації рецептур з урахуванням сенсорних показників.

В українських наукових дослідженнях також приділяється значна увага проблемам оцінювання якості харчових продуктів. Загальна методологія таких досліджень базується на створенні комплексної оцінки якості для окремих виробів. Для здійснення цього виокремлюють вагомні групи показників та визначають показники їх вагомості у системі оцінювання. До таких значимих груп відносять органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні значення, фактори біологічної цінності [19, 20, 21]. Велику увагу приділяють безпечності та нешкідливості продукції. Зазвичай, показники, що відносяться до показників безпечності (зокрема мікробіологічні) не вводять до комплексної оцінки якості. Вони є лімітуючим обмежуючим фактором. За невідповідності продукції нормованим

значенням мікробіологічних показників виробу підлягають вибракунуванню.

Разом з тим аналіз наукових джерел показує, що, незважаючи на наявність значної кількості досліджень у сфері кваліметрії та сенсорного аналізу, питання комплексного оцінювання якості глазуrowаних сирків із використанням функцій бажаності залишається недостатньо розробленим. Зокрема, потребує подальшого дослідження інтеграція фізико-хімічних та органолептичних показників у єдину математичну модель.

Таким чином, існує необхідність розроблення інноваційного підходу до оцінювання якості глазуrowаних сирків на основі функцій бажаності, що дозволить підвищити об'єктивність та інформативність аналізу продукції.

**Метою статті** є обґрунтування інноваційного підходу до комплексного оцінювання глазуrowаних сирків на основі математичного моделювання із використанням функцій бажаності, що забезпечує інтеграцію органолептичних, фізико-хімічних показників та показників біологічної цінності в єдиний узагальнений критерій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вітчизняний ринок глазуrowаних сирків є досить широким та активно розвивається. Було проаналізовано асортимент цих виробів на основі пропозицій супермаркетів «Сільпо», «Фора», «АТБ» міста Біла Церква. Визначено, що основними виробниками вітчизняного ринку є: ПрАТ «Юрія» ТМ «Волошкове поле»; ТДВ «Рожищенський сирзавод» (ТОВ «ТЕРРА ФУД») ТМ «Ферма», ТМ «Premiale»; ТОВ «Злагода» ТМ «Злагода», ТМ «Любимчик»; ТОВ «Молочний дім» (Lactalis (Франція) ТМ «Фанні» тощо.

Основними напрямками розвитку є інновації у виробництві: створення виробів функціональної спрямованості (підвищений вміст білка у виробках ТМ «Волошкове поле»); урізноманітнення смаків (оригінальні поєднання), створення преміум-сегменту; новітні пакувальні рішення (упаковка, пакувальні матеріали, рішення «2 в 1»); нові види глазури (карамельні, фруктові); варіації вмісту жиру у виробках.

Різноманітність смаків обумовлюється використанням наповнювачів. Поширеними є класичні смаки (ваніль, шоколад) та фруктово-ягідні. Визначено, що найпоширенішим смаком, який є наявним у кожній лінійці виробів є наповнювач вишня [22]. Тому сирки з цим наповнювачем були вибрані як предмет дослідження.

Продукти з вишневими наповнювачами представлені у різних варіаціях (з додаванням шоколаду, печива, ароматизаторів), що забезпечує репрезентативність вибірки та дозволяє дослідити вплив рецептурних особливостей на якість продукції.

Як контрольний зразок обрано глазуrowаний сирок зі смаком ванілі, який не містить вираженого фруктового наповнювача. Це дозволяє використовувати його як базовий варіант для порівняння, оскільки ванілін є типовим компонентом рецептур більшості

сиркових виробів, у тому числі й тих, що містять фруктові добавки. Таким чином, контрольний зразок відображає умовно «базову» сиркову систему без впливу ягідних наповнювачів.

Було досліджено харчову цінність глазуrowаних сирків, склад, органолептичні, фізико-хімічні показники. Вихідні дані виробів наведено у таблиці 1.

Дослідження органолептичних показників було здійснено за бальною шкалою, що передбачає наступний максимальний розподіл показників: зовнішній вигляд та колір – 4 бали; структура та консистенція – 9 балів; смак запах та аромат – 15 балів; пакування і маркування – 2 бали. Досліджено наступні показники: титровану і активну кислотність; масову частку вологи – методом висушування; вологоутримуючу здатність – пресуванням [23]. Результати досліджень наведено у таблиці 2.

З метою побудови інтегрального показника якості здійснено класифікацію показників за характером їх впливу на якість продукції. Нормативні вимоги ДСТУ 4503:2005 охоплюють лише частину фізико-хімічних показників якості сиркових виробів, зокрема масову частку жиру, вологи, цукрози, титровану кислотність. Водночас ряд важливих характеристик, таких як вміст білка, активна кислотність (рН), частка глазури та органолептичні показники, не регламентуються стандартом. Це обґрунтовує доцільність їх включення до моделі оцінювання якості як додаткових критеріїв, що підвищує її інформативність та практичну значущість.

Вологоутримуюча здатність та масова частка вологи чинять подібну дію на якість виробу. Обираємо для процесів моделювання показник «масова частка вологи», як більш значущий та такий, що має більшу варіабельність.

У процесі дослідження виявлено труднощі з визначенням титрованої кислотності для забарвлених харчових мас (сирків з какао), оскільки цей метод не є релевантним для даного випадку. Тому для моделювання обрано показник активної кислотності.

ДСТУ 4503:2005 нормує у виробках вміст цукрози. Причому не обмежує вміст, а навпаки – контролює його на рівні  $\geq 5\%$ . Оскільки надмірний вміст цукрів (простих вуглеводів) може спричинити шкоду людському організму, то саме показник «масова частка цукрів» вводимо для процесів моделювання.

Показники, обрані для моделювання інтегрального показника якості, наведені у таблиці 3.

До стимулюючих показників віднесено вміст білка та частку кисломолочного сиру, оскільки їх збільшення підвищує харчову цінність продукту. Також стимулюючу дію має органолептична оцінка. До дестимулюючих показників віднесено вміст цукрів, надлишок яких негативно впливає на харчову цінність продукції та пов'язаний з високим глікемічним навантаженням.

Окрему групу становлять показники з оптимальним значенням, зокрема масова частка жиру, активна кислотність (рН) Для цих параметрів як недостатні, так і надлишкові значення призводять до погіршення

Таблиця 1 – Показники якості глазурованих сирків

Номер зразка/ Параметр	1	2	3	4	5	6	7
Назва	Сирок глазурований зі смаком ванілі	Сирок глазурований зі смаком вишня-черешня	Сирок глазурований з начинкою вишня	Сирок глазурований термізований з начинкою вишня	Сирок глазурований термізований на печиві з начинкою вишня	Сирок глазурований шоколад та вишня	Сирок глазурований вишня какао з ароматом «Коктейль-лікер»
Торгова марка	Ферма	Ферма	Злагода	Дольче	Фанні	Злагода	Premiale
Завод/виробник	ТДВ Рожищинський сирзавод	ТДВ Рожищинський сирзавод	ПрАТ «Комбінат «Придніпровський», Дніпро	ТОВ «Молочний дім», Павлоград	ТОВ «Молочний дім» Павлоград	ПрАТ «Комбінат «Придніпровський», Дніпро	ТДВ Рожищинський сирзавод
Основний наповнювач	Ваніль	Вишня/черешня	Вишня	Вишня	Вишня	Какао, вишня	Вишня, какао
Масова частка жиру продукту, %	26,3	24,9	19,0	20,5	22,2	28,0	25,9
Масова частка жиру сиркової основи, %	23,0	23,0	15,0	15,0	15,0	23,0	23,0
Вміст сиру кисломолочного, %	38,0	36,4	35,56	43,6	33,0	28,59	34,4
Масова частка білка, %	7,4	7,1	7,3	8,0	7,7	8,2	9,3
Масова частка вуглеводів, %	30,0	32,8	36,0	29,0	38,9	37,0	33,4
з них цукри, %	29,7	30,5	30,0	26,2	30,6	25,0	29,8
Енергетична цінність, кДж	1618	1609	1439	1390,2	1612	1804	1693
Нормативна документтація	ТУУ10.5-35438742-010:2015	ТУУ10.5-35438742-010:2015	ТУУ10.5-01528186-015:2020	ТУУ15.5-00447847-008-2003	ТУУ15.5-00447847-008-2003	ТУУ10.5-01528186-015:2012	ТУУ10.5-35438742-010:2015

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень глазурованих сирків

Номер зразка/Параметр	1	2	3	4	5	6	7
Органолептична оцінка, бал	29±0,5	30±0,5	27±0,5	25,5±0,5	25,5±0,5	29,7±0,2	24,7±0,2
Товщина глазури, мм	1,9±0,1	2,0±0,1	2,4±0,1	2,0±0,1	1,7±0,1	1,8±0,1	2,0±0,1
Активна кислотність, рН	4,65±0,01	4,62±0,01	4,67±0,01	4,97±0,01	5,18±0,01	5,39±0,01	4,68±0,01
Масова частка вологи, %	48,8±0,2	51,6±0,2	56,8±0,2	50,5±0,2	53,3±0,2	48,8±0,2	50,8±0,2
Вологостійкість здатність, %	99,95±0,01	99,93±0,01	99,97±0,01	99,98±0,01	99,98±0,01	99,95±0,01	99,97±0,01

Джерело: розроблено авторами

якості продукції. Зокрема, отримані значення активної кислотності знаходяться у межах, характерних для сиркових виробів (приблизно 4,6–5,4), що дозволяє використовувати їх як один із ключових показників оптимуму.

До цієї ж групи входить показник «масова частка вологи». Якщо її значення ширше оптимальних меж, то її дія буде дестимулюючою.

Важливим доповненням до системи показників є врахування частки глазури, яка оцінювалась опосередковано за товщиною глазури. Надмірна товщина глазури може свідчити про збільшення маси продукту за рахунок компонентів із нижчою харчовою цінністю (цукру

та рослинних жирів), що обґрунтовує віднесення цього показника до дестимулюючих.

Для приведення різнорідних показників до єдиної шкали використано функції бажаності, які дозволяють відобразити ступінь відповідності кожного показника оптимальним умовам у інтервалі від 0 до 1. Функція бажаності – це спосіб перевести будь-який показник у шкалу [0;1], де 0 – абсолютно неприйнятно, 1 – ідеально. Для стимулюючих показників застосовано зростаючу функцію бажаності:

$$d_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Таблиця 3 – Нормативні та експериментальні значення показників якості глазурованих сирків

Показник	Норматив (ДСТУ 4503:2005)	Характер показника	Експериментальний діапазон (за даними дослідження)	Вплив на продукт
Масова частка жиру,%	≤26	Оптимум	15,0–23,0	Надлишок може знижувати якість
Масова частка вологи, %	≤78	Оптимум/дестимулятор	48,8–56,8	Впливає на консистенцію
Масова частка цукрів,%	Не нормується	Дестимулятор (верхній рівень)	25,0–30,6	Надлишок негативно впливає на якість
Активна кислотність, (рН)	Не нормується	Оптимум	4,65–5,39	Додатковий показник якості
Вміст білка,%	Не нормується	Оптимум	7,1–9,3	Підвищує біологічну цінність
Масова частка кисломолочного сиру,%	Не нормується	Стимулятор	28,59–38,0	Характеризує «сирковість» продукту Непрямий показник біологічної цінності
Товщина глазури, мм	Не нормується	Дестимулятор	1,7–2,4	Надлишок знижує якість
Органолептична оцінка, бали	Не нормується	Стимулятор	24,7–30,0	Інтегральна сенсорна характеристика

Джерело: розроблено авторами

Для дестимулюючих – спадну:

$$d_i = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}$$

А для показників з оптимальним значенням – симетричну функцію бажаності, максимум якої досягається при значенні хорт, а відхилення в будь-який бік призводить до зменшення бажаності:

$$d(x) = \begin{cases} 0, & x \leq x_{\min}, \\ \frac{x - x_{\min}}{x_{opt} - x_{\min}}, & x_{\min} < x < x_{opt}, \\ \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{opt}}, & x_{opt} < x < x_{\max}, \\ 0, & x \geq x_{\max}. \end{cases}$$

Органолептичні показники нормовано шляхом віднесення отриманих балів до максимального значення. Додатково враховано оцінку упаковки як фактору споживчої привабливості продукції, що дозволяє розширити підхід до оцінювання якості від суто технологічного до споживчо-орієнтовного.

Інтегральний показник якості визначено на основі мультиплікативної згортки часткових функцій бажаності, що забезпечує врахування взаємного впливу показників та не допускає компенсації низьких значень одних параметрів високими значеннями інших:

$$D = \left( \prod_{i=1}^n d_i^{\omega_i} \right)^{1/\sum \omega_i},$$

де  $\omega_i$  – вагові коефіцієнти показників, що відображають їх відносну важливість [13].

Для отримання результату було розраховано часткові функції бажаності та отримано інтегральний показник якості. Результати розрахунків наведено у таблиці 4.

На основі отриманих результатів проведено ранжування зразків, яке має наступну послідовність (наведено у порядку спадання): зразок 4-7-1-5-2-3-6.

Отримані результати свідчать, що найвищі значення інтегрального показника якості характерні для зразків № 4, № 7 та № 1.

Таким чином, розроблено модель для визначення інтегрального показника якості, що враховує

Таблиця 4 – Часткові функції бажаності та інтегральний показник якості глазурованих сирків

Номер зразка	d, часткові функції бажаності показників								D, інтегральний показник якості
	вміст сиру кисломолочного	масова частка білка	масова частка цукрів	масова частка жиру	рН	масова частка вологи	товщина глазури	органолептична оцінка	
1	0,627	0,136	0,161	0,850	1,00	0,80	0,676	0,967	0,529
2	0,520	0,01	0,018	1,00	1,00	1,00	0,450	1,00	0,284
3	0,464	0,091	0,107	0,50	1,00	0,057	0,01	0,90	0,181
4	1,0	0,409	0,786	1,00	1,00	1,00	0,811	0,85	0,828
5	0,294	0,273	0,01	1,00	0,55	1,00	1,00	0,85	0,373
6	0,01	0,50	1,0	0,01	0,025	0,80	0,901	0,99	0,175
7	0,387	1,0	0,143	1,00	1,00	1,00	0,901	0,823	0,671

Джерело: розроблено авторами

показники: масова частка білка, сиру кисломолочного, жиру, цукрів, вологи, товщину глазури, органолептичну оцінку.

Встановлено, що високі органолептичні показники не завжди забезпечують максимальне значення інтегрального показника, що пояснюється впливом фізико-хімічних характеристик та складу продукції. Це підтверджує доцільність використання функцій бажаності як інструменту комплексного оцінювання якості.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження обґрунтовано інноваційний підхід до комплексного оцінювання якості глазури сирків на основі методів кваліметрії із використанням функцій бажаності, що дозволяє інтегрувати фізико-хімічні, органолептичні показники та харчову цінність в єдиний узагальнений критерій.

Здійснено вибір об'єктів дослідження на основі аналізу асортименту вітчизняного ринку глазури сирків, у результаті чого встановлено доцільність дослідження продукції з вишневими наповнювачами як найбільш поширеної групи, а також використання ванільного сирка як контрольного зразка.

Проведено класифікацію показників якості за характером їх впливу, зокрема виділено стимулюючі, дестимулюючі та показники з оптимальним значенням. До стимулюючих віднесено масову частку білка та уміст сиру кисломолочного. Удосконалено підхід

до вибору дестимуляторів шляхом виділення масової частки цукрів як фактору негативного впливу, а також введено додатковий показник – товщину глазури, що дозволяє врахувати рецептурні особливості продукції.

На основі функцій бажаності здійснено нормування показників та розраховано інтегральний показник якості досліджуваних зразків. Встановлено, що найвищі значення інтегрального показника мають зразки, які характеризуються збалансованим поєднанням фізико-хімічних і органолептичних характеристик.

Показано, що застосування функцій бажаності як інноваційного інструменту дозволяє підвищити об'єктивність оцінювання якості продукції, оскільки враховує різноспрямований вплив показників та виключає можливість компенсації низьких значень окремих параметрів високими значеннями інших.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу для порівняльного аналізу продукції, оптимізації рецептур та підвищення ефективності контролю якості у харчовій промисловості.

Перспективами подальших досліджень є уточнення параметрів функцій бажаності, розширення переліку показників (зокрема з урахуванням складу глазури), а також застосування запропонованого підходу до інших видів харчових продуктів.

#### Список використаних джерел:

1. Молнар Д.І., Чорій М.В., Рубіш М.А. Контроль якості продуктів харчування і можливості України гармонізації стандартам ЄС. *Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія Економіка*. Вип. 2 (8). 2017. С. 42–46.
2. Каличева Н.С., Куценко Н.М., Годунов Ф.А. Управління якістю продукції харчової промисловості. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2023. № 84. С. 175–182. DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.84.301467>
3. Шаповалова Н.П., Циганова Д.С. Формування асортименту та якості глазури сирків. *Young Scientist*. 2024. № 4. С. 1–7.
4. Савченко О.А., Грек О.В., Красуля О.О. Актуальні питання технологій молочно-білкових концентратів: теорія і практика : монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2015. 293 с.
5. ДСТУ 4503:2005 Вироби сиркові. Загальні технічні умови. [Чинний від 2006-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України. 2006. 17 с. (Інформація та документація).
6. Скуйбіда В.В. Розроблення технології ферментованих молочно-рослинних продуктів: дис. ... д-ра філософії: Спеціальність 181 «Харчові технології», галузь знань 18 «Виробництво та технології». Київ, 2025. 226 с.
7. Буштець Д.М., Чагаровський О.П. Обґрунтування вибору сировинних інгредієнтів для виробництва глазури сирків для спортсменів. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. Вип. 41. 2025. С. 51–58.
8. Ткаченко В.В., Попова Н.В., Мисюра Т.Г. Дослідження компонентного складу начинки збагаченого сирка в білковій глазури. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том. 23, 33. С. 204–210.
9. Композиція інгредієнтів для глазури сирка з начинкою: пат. 121796 Україна : МПК А 23С19/00, А 23L29/20, А 23L33/00. № u201707881 ; заявл. 27.07.17 ; опубл. 11.12.17, Бюл. № 23. 5 с.
10. Композиція інгредієнтів для глазури сирка з наповнювачем: пат. 117204 Україна : МПК А 23С19/02, А 2С19/09. № u201707880 ; заявл. 25.07.17 ; опубл. 25.06.18, Бюл. № 12. 5 с.
11. Сирок глазури: пат. 131085 Україна : МПК А 23С19/00. № u201806154 ; заявл. 04.06.18 ; опубл. 10.01.19, Бюл. № 1. 6 с.
12. Мотало А. Аналіз методів і видів вимірювань у кваліметрії *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2017. Т. 78, С. 85–92. URL: <https://science.lpnu.ua/istcmtm/all-volumes-and-issues/volume-78-2017/analysis-methods-and-types-measurements-qualimetry>
13. Harrington E.C. The desirability function. *Industrial Quality Control*. 1965. Vol. 21, No. 10. P. 494–498.
14. Montgomery D.C. Design and analysis of experiments. 9th ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2017. 630 p
15. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. 2008. Vol. 1, № 1. P. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
16. Kleijnen J.P.C. Design and analysis of simulation experiments. 2nd ed. Cham : Springer, 2015. XVI, 324 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18070-5>

17. Lawless H.T., Heymann H. Sensory evaluation of food: principles and practices. 2nd ed. New York : Springer, 2010. XXII, 596 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
18. Gacula M.C. Design and analysis of sensory optimization. Chichester : Wiley, 2013. 320 p.
19. Мінорова А., Крушельницька Н., Рудакова Т., Моїсеєва Л., Наріжний С. Оцінка якості сухих молочних багатокомпонентних сумішей на принципах кваліметрії. *Продовольчі ресурси*. 2020. № 8 (15), С. 139–150. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-15-20>
20. Шаповалова Н., Вежлівцева С., Антюшко Д. Споживні властивості локшини з використанням порошку із суцвіття чорнобривців (Tagetes L.) *Товари і ринки*. 2021. № 4. С.102–112.
21. Гуць В.С., Скорченко Т.А., Гребельник О.П. Визначення загального комплексного показника якості молочних десертів. *Молочна промисловість*. 2004. № 2. С. 24–26.
22. Кузів А.І. Гребельник О.П. Аналіз виробництва глазурованих сироків на вітчизняному ринку. *Новітні технології виробництва та переробки продукції тваринництва, харчові технології*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти. 18 березня 2026 р. Біла Церква : БНАУ. С.67–69.
23. Практикум з технології молока та молочних продуктів / О.В. Грек та ін. Київ: НУХТ, 2015. 431 с.

### References:

1. Molnar D.I., Chorii M.V., Rubish M.A. (2017) Kontrol yakosti produktiv kharchuvannya i mozhlyvosti Ukrainy harmonizatsii standartam YeS [ Food Quality Control and Ukraine's Prospects for Harmonization with EU Standards]. *Naukovyi visnyk Mukachivskoho derzhavnoho universytetu. Seriya Ekonomika*. no. 2 (8). pp.42–46.
2. Kalycheva N.Ie., Kutsenko N.M., Hodunov F.A. (2023) Upravlinnia yakistiu produktsii kharchovoi promyslovosti [Quality Control in the Food Industry]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*. no. 84. pp. 175–182. DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.84.301467>
3. Shapovalova N.P., Tsyhanova D.S. (2024) Formuvannya asortymentu ta yakosti hlazurovanykh syrkiv [Determining the product range and quality of glazed curds]. *Young Scientist*. no.4. pp. 1–7.
4. Savchenko O.A., Hrek O.V., Krasulia O.O. (2015) *Aktualni pytannia tekhnologii molochno-bilkovykh kontsentrativ: teoriia i praktyka : monohrafiia*. [Current Issues in Milk Protein Concentrate Technology: Theory and Practice: monograph]. Kyiv : TsP “Komprynt”, 293 p.
5. DSTU 4503:2005 Vyrobny syrky. Zahalni tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 2006-10-01]. [Cheese products. General technical specifications]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 2006. 17 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia).
6. Skuibida V.V. (2025) Rozroblennia tekhnologii fermentovanykh molochno-roslynnykh produktiv [Development of technology for fermented dairy and plant-based products] : dys. ... d-ra filosofii: Spetsialnist 181 “Kharchovi tekhnologii”, haluz znan 18 “Vyrobnytstvo ta tekhnologii”. Kyiv. 226 p.
7. Bushtets D.M., Chaharovskiy O.P. (2025) Obgruntuvannya vyboru syrovynnykh inhrediiientiv dlia vyrobnytstva hlazurovanykh syrkiv dlia sportsmeniv [Justification for the selection of raw ingredients for the production of glazed cheese curds for athletes]. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky*. no. 41. pp. 51–58.
8. Tkachenko V.V., Popova N.V., Mysiura T.H. Doslidzhennia komponentnoho skladu nachynky zbahachenoho syrka v bilkovii hlazuri [A study of the composition of the filling in enriched cottage cheese coated in a protein glaze]. *Naukovi pratsi NUKhT*. vol. 23 (33). pp. 204–210.
9. Kompozytsiia inhrediiientiv dlia hlazurovanoho syrka z nachynkoiu [Ingredients for glazed cheese with filling] : pat. 121796 Ukraina : MPK A 23C19/00, A 23L29/20, A 23L33/00. № u201707881 ; zaiavl. 27.07.17 ; opubl. 11.12.17, Biul. № 23. 5 p.
10. Kompozytsiia inhrediiientiv dlia hlazurovanoho syrka z napovniuvachem [Ingredients for glazed cheese with filling] : pat. 117204 Ukraina : MPK A 23C19/02, A 2S19/09. № u201707880 ; zaiavl. 25.07.17 ; opubl. 25.06.18, Biul. № 12. 5 p.
11. Syrok hlazurovaniy [Glazed cheese] : pat. 131085 Ukraina : MPK A 23C19/00. № u201806154 ; zaiavl. 04.06.18 ; opubl. 10.01.19, Biul. № 1. 6 p.
12. Motalo A. ( 2017) Analiz metodiv i vydiv vymiriuvan u kvalimetrii [Analysis of Measurement Methods and Types in Qualimetry]. *Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia*. vol. 78, pp. 85–92. Available at: <https://science.lpnu.ua/istcmtm/all-volumes-and-issues/volume-78-2017/analysis-methods-and-types-measurements-qualimetry>
13. Harrington E.C. (1965). The desirability function. *Industrial Quality Control*. Vol. 21, No. 10. P. 494–498.
14. Montgomery D.C. (2017). Design and analysis of experiments. 9th ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons. 630 p.
15. Saaty T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. Vol. 1, № 1. P. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
16. Kleijnen J.P.C. (2015). Design and analysis of simulation experiments. 2nd ed. Cham : Springer. XVI, 324 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18070-5>
17. Lawless H.T., Heymann H. (2010). Sensory evaluation of food: principles and practices. 2nd ed. New York : Springer. XXII, 596 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
18. Gacula M.C. (2013). Design and analysis of sensory optimization. Chichester : Wiley. 320 p.
19. Minorova A., Krushelnytska N., Rudakova T., Moiseieva L., Narizhnyi S. (2020). Otsinka yakosti sukhykh molochnykh bahatokomponentnykh sumishei na pryntsyakh kvalimetrii [Quality assessment of dry multi-component milk formulas based on the principles of qualimetry]. *Prodivolchi resursy*. 2020. No. 8 (15), S. 139–150. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-15-20>

20. Shapovalova N., Vezhlytseva S., Antiushko D. (2021). Spozhyvni vlastyivosti lokshyny z vykorystanniam poroshku iz sutsvittia chornobryvtziv (Tagetes L.) [Taste and texture properties of noodles made with marigold (Tagetes L.) flower powder]. *Tovary i rynky*. no 4. pp. 102–112.

21. Huts V.S., Skorchenko T.A., Hrebelnyk O.P. (2004). Vyznachennia zahalnoho kompleksnoho pokaznyka yakosti molochnykh desertiv [Determination of the overall comprehensive quality index for dairy desserts]. *Molochna promyslovist*. no. 2. pp. 24–26.

22. Kuziv A.I. Hrebelnyk O.P. (2026). Analiz vyrobnytstva hlazurovanykh syrokiv na vitchyznianomu rynku [Analysis of the production of glazed cheese on the domestic market]. *Novitni tekhnologii vyrobnytstva ta pererobky produktsii tvarynnytstva, kharchovi tekhnologii: materialy vseukr. nauk.-prakt. konf. zdobuvachiv vyshchoi osvity*. 18 bereznia 2026 r. Bila Tserkva : BNAU. pp. 67–69.

23. Hrek O.V. ta in. (2015). Praktykum z tekhnologii moloka ta molochnykh produktiv [Workshop on Milk and Dairy Products Technology]. Kyiv: NUKhT, 431 p.

**Oksana Hrebelnyk, Uliana Revytska, Liudmyla Zahorui,  
Lesia Korol-Bezpala, Halyna Kalinina**  
Bila Tserkva National Agrarian University

### **INNOVATIVE MODELLING OF AN INTEGRAL QUALITY INDICATOR FOR GLAZED CURD CHEESES ON DESIRABILITY FUNCTIONS**

*This article examines the issue of comprehensively assessing the quality of glazed curd cheeses as multi-component food products. It justifies the use of an innovative approach based on qualimetry methods and utility functions to integrate organoleptic and physico-chemical parameters, as well as nutritional value, into a single, comprehensive criterion. An analysis of the range of glazed curd products on the domestic market has been carried out, and the main directions for its development have been identified. The selection of samples with fruit fillings, in particular cherry-flavoured ones, as the most common, as well as the use of vanilla glazed curd as a control, has been justified. The quality indicators of glazed curd cheeses were analysed in accordance with DSTU 4503:2005 “Cheese products. General technical specifications”; the approach to their selection in the overall integrated quality assessment was refined. A system of quality indicators for glazed curd cheeses has been developed, and these have been classified into stimulating, discouraging and optimal indicators. The approach to selecting discouraging indicators has been refined by identifying simple sugars, and an additional indicator – glaze thickness – has been introduced. Stimulating indicators include the content of sour milk cheese, protein and organoleptic assessment; demotivating indicators include sugar content and glaze thickness. A model has been developed to determine an integral quality index, taking into account the following indicators: mass fraction of protein, sour milk cheese, fat, sugars, moisture, glaze thickness, and organoleptic assessment. Based on preference functions, the indicators were normalised and the integral quality index was calculated for the samples under study. The indicators with the highest values were identified. It was established that high organoleptic indicators do not always ensure the maximum value of the integrated quality index, which is explained by the influence of the physicochemical characteristics and composition of the products. It was shown that the application of preference functions allows for an increase in the objectivity of product quality assessment and takes into account the divergent influence of the indicators. The practical significance of this work lies in the potential to use the proposed approach as an innovative tool for comparative product analysis, formulation optimisation and improving the effectiveness of quality control in the food industry.*

**Keywords:** *glazed curd cheeses, innovative approach, qualimetry, desirability functions, integrated quality index, mathematical modelling, organoleptic assessment, physicochemical parameters, nutritional value.*

*Дата надходження статті: 30.03.2026*

*Дата прийняття статті: 20.04.2026*

*Дата публікації статті: 25.06.2026*