

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО НАПОЮ ЗА МЕТОДИКОЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АФІННИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Жулінська О. В., Свідло К. В.

1. Вступ

Останніми роками проводиться робота щодо створення сучасної системи контролю за безпечністю та якістю функціональної продукції, ринкового нагляду, адаптованих до вимог Світової організації торгівлі (СОТ) і Європейського союзу (ЄС).

Згідно із законом України «Про безпечність та якість харчових продуктів», якість харчового продукту – це сукупність досконалості його властивостей та характерних рис, які здатні задовольнити потреби (вимоги) та побажання тих, хто споживає або використовує цей продукт. Серед різноманіття чинників, від яких залежить здоров'я людини, одне із основних належить якісному харчуванню [1].

Якість безалкогольних напоїв функціонального призначення оцінюється за органолептичними і фізико-хімічними показниками. З фізико-хімічних показників найбільш часто визначають щільність (за сахариметру), кислотність, вміст вуглекислого газу і солей важких металів. Щільність і кислотність встановлені стандартом для кожного конкретного напою. Органолептична оцінка напоїв проводиться за 100-бальною системою за п'ятьма показниками: прозорості, насиченості вуглекислою, смаку і аромату, кольору і зовнішнього оформлення.

Актуальним є застосування методики оцінки показників якості функціональних безалкогольних напоїв, за допомогою якої можна вирішувати ряд практичних задач з оцінювання процесів, які впливають на загальний стандарт якості.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом даного дослідження є розрахунок якості безалкогольного напою, за допомогою побудови моделі із застосуванням афінних перетворень, з метою підвищення якості і безпечності продуктів харчування.

Одержане авторами [2] значення K_i для i -го показника перераховується разом з іншими отриманими значеннями показників. Узагальнений показник якості – K_o обчислюється за формулою:

$$K_o = \sqrt[m]{K_1 \cdot K_2 \dots K_m}, \quad (1)$$

де m – число показників параметрів порівняння, що використовуються для даної системи.

В результаті узагальнена функція якості K_o стає єдиним параметром оптимізації замість багатьох. Спосіб завдання цього показника такий, що, якщо хоча б одна якість $K_i=0$, то узагальнена якість буде дорівнювати нулю. З іншого боку,

$K_o=1$ тільки тоді, коли $K_i=1$. Узагальнена функція дуже чутлива до малих значень показників, при цьому число цих показників може бути неоднаковим для різних систем. Це дозволяє порівнювати узагальнені коефіцієнти і тоді, коли відсутня частина параметрів порівняння у різних систем або їхні дані. Корінь m ступеня «згладжує» відхилення, що виникають, а одержаний результат дозволяє оцінювати системи із визначеним ступенем точності.

Запропонована автором [3], в якості єдиного комплексного показника якості узагальнена функція бажаності:

$$d = \exp(-\exp(-Y)), \quad (2)$$

де Y – кодоване значення часткового параметру y , тобто його значення в умовному масштабі.

Тому, для визначення якості системи треба мати вагові коефіцієнти параметрів. Пропонується оцінювати якість системи, використовуючи середнє геометричне зважене із вагами за формулою:

$$K_o = \sqrt[\sum_i \alpha_i]{K_1^{\alpha_1} \cdot K_2^{\alpha_2} \dots K_m^{\alpha_m}}, \quad (3)$$

де α_i – вагові коефіцієнти i -го показника.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження полягає в визначенні числових характеристик узагальненої моделі показників якості функціональних харчових продуктів (ФХП). Аналіз цієї моделі і порівняння з попередніми оцінками якості. Побудова методики оцінки якості ФХП із застосуванням афінних перетворень [2], яка може бути застосована при будь-якому ідеальному значенні. Застосування цієї методики надає ФХП найбільш точні показники якості за результатами вибірки.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Визначити показники фізико-хімічних та органолептичних властивостей безалкогольного функціонального напою (БФН).
2. Запропонувати оцінювання показників якості БФН, згідно математичної моделі із застосуванням афінних перетворень.
3. Розрахувати якість БФН, згідно ряду етапів методики оцінки показника якості та надати графічні залежності показників групи фізико-хімічних та органолептичних властивостей.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Застосування комплексного системного підходу до управління якістю продукції отримало широке розповсюдження, в розробку якого значний внесок внесли учені робіт [4–6]. Найвідомішими в світі концепціями стали CWQC (Company Wide Quality Control) – управління якістю в рамках фірми у Японії і TQC (Total Quality Control) – загальне управління якістю в США [7, 8]. В роботі

[9] застосована методика оцінки якості продукції, за допомогою функцій бажаності. Але існуючі математичні моделі (функції бажаності) дозволяють оцінювати якість продукції і процесів різної природи, застосовувати їх числові характеристики, які допомагають отримати їх інтервальні показники якості [10, 11]. Для оцінки якості виробів використовують функцію бажаності Харінгтона. Саме ця функція має багато переваг. В роботі [12] в якості функції для переводу різнорозмірних показників якості в безрозмірну величину використовували функцію бажаності, яка відома як функція Харінгтона. Ця функція має подвійний експоненціальний вигляд і має ряд особливостей, які приваблювали дослідників до практичного її застосування [3]. Очевидно, що логістичну функцію бажаності Харінгтона можна застосовувати як вибірку, що проведена із найбільших значень. Тому оцінка якості виробу має бути заниженою, так як використовується перший тип асимптотичного нормалізованого розподілу максимуму [13–17].

Таким чином, будь-який функціональний безалкогольний напій має ряд показників, які оцінюються в різних шкалах. Все це завдає труднощів в одержанні загальної якісної оцінки якості виробу. Тому для одержання загальної оцінки якості виробу виникла потреба нормалізувати результати експерименту. А побудова методики оцінки якості ФХП із застосуванням афінних перетворень [15–17] надає можливість визначення показників якості та безпечності харчових продуктів при обґрунтуванні системи індикаторів продовольчої безпеки.

5. Методи досліджень

При визначенні показників якості групи органолептичних властивостей проводяться збір і обробка необхідних для розрахунків експертних даних. Згідно існуючих рекомендацій, група експертів не повинна перевищувати 20 осіб [14]. В експертному опитуванні брали участь чотири завідувача промисловим виробництвом, чотири інженера-технолога і два спеціаліста з великим стажем роботи. Відбір експертів здійснювався на основі: компетентності, відсутності особистої зацікавленості в результаті експертизи, креативності (широти знань). Після вибору експертів їм запропоновано заповнити анкету, в якій надана текстова частина, що пояснює правила експертизи наданої моделі важливості показників якості по відношенню до функціональності харчових продуктів.

При визначенні показників фізико-хімічних властивостей безалкогольного функціонального напою в роботі застосовані методики аналізу сировини, напівфабрикатів і готових продуктів, які задовольняють меті дослідження:

- 1) сучасні стандартні фізичні та хімічні;
- 2) фізико-хімічні;
- 3) біохімічні;
- 4) органолептичні.

Перелік методів аналізу подано в табл. 1. Відбір і підготовку проб досліджуваних виробів для сенсорних, фізико-хімічних та бактеріологічних аналізів проводили згідно з ДСТУ 4856. Визначення органолептичних показників проводили згідно з ДСТУ 7099.

Методи дослідження, оцінки якості та безпеки харчової сировини, напівфабрикатів та безалкогольних напоїв функціонального призначення

Показники	Найменування методу, особливості
Дослідження хімічного складу	
Масова частка сухих речовин	Визначали згідно з ДСТУ 4855 за допомогою рефрактометричного методу. Метод заснований на визначенні частки сухих речовин за шкалою рефрактометра при температурі 20 °С після проведення в пробі продукції при повній інверсії
Масова частка золи	Метод мінералізації, заснований на зпаленні наважки з наступним сухим оголенням у муфельній пічці при температурі 520...700 °С і кількісним обліком залишку
Масова частка вологи	Термогравіметричний метод висушування наважки до постійної ваги при $t=103\pm 2$ °С
Вміст моносахаридів	Поляриметричним методом
Вміст полісахаридів	Фенол-сірчанним методом
Вміст клітковини	Методом Крюшнера і Гашека
Дослідження функціонально-технологічних властивостей	
Динамічна в'язкість	В'язкість готових напоїв досліджували на віскозиметрі постійних напруг ВЗ-246П (Росія)

Дослідження склалися з двох взаємопов'язаних частин, які підпорядкували єдиній меті різноманітні сучасні методи дослідження. Перша частина – теоретична, застосована для розробки методологічних підходів до конструювання нових безалкогольних напоїв функціонального призначення шляхом системного аналізу патентно-інформаційної літератури за даною проблематикою. Теоретичний етап визначив загальний напрямок власного наукового пошуку, став відправною крапкою для проведення експерименту з використанням комп'ютерного проектування.

Основна частина експериментальних досліджень і практичних відробок виконана у лабораторіях Харківського торговельно-економічного інституту КНТЕУ (Україна) та Української інженерно-технологічної академії (Харків, Україна).

6. Результати досліджень

Дані визначення показників якості групи фізико-хімічних властивостей та групи органолептичних властивостей надано в табл. 2.

Таблиця 2

Комплексний показник якості групи фізико-хімічних та органолептичних властивостей

Комплексний показник якості групи органолептичних властивостей	
Консистенція	4,87; 4,89; 4,915; 4,93; 4,954
Зовнішній вигляд	4,85; 4,91; 4,93; 4,945; 4,97
Запах	4,86; 4,87; 4,89; 4,95; 4,9
Смак	4,9; 4,95; 4,98; 4,99; 5,0
Колір	4,78; 4,82; 4,825; 4,85; 4,871
Комплексний показник якості групи фізико-хімічних властивостей	
Масова частка сухих речовин	18,42; 18,45; 18,48; 18,75; 18,87
Масова частка осаду в досліджуваних зразках	0,6; 0,62; 0,64; 0,645; 0,66
Масова частка м'якоті в досліджуваних зразках, %	18,0; 19,0; 19,5; 20,0; 20,5
Масова частка титрованих кислот в досліджуваних зразках, %	1,38; 1,39; 1,41; 1,44; 1,47
В'язкість (динамічна) напоїв з використанням сировини рослинного походження в досліджуваних зразках, Па·с	30,4; 38,4; 39,3; 41,3; 48,9
pH	30,4; 38,4; 39,3; 41,3; 48,9

Методика оцінки показника якості напою, яка включає в себе ряд етапів:

1. Визначаємо кількість n експериментів показника якості, що проводяться, та записуємо їхні значення – $x_i, (i=1, \dots, n)$.

2. Знаходимо числові характеристики (4)–(7):

– вибіркове середнє:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (4)$$

– виправлена дисперсія:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2; \quad (5)$$

– емпіричний стандарт:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; \quad (6)$$

– коефіцієнт варіації:

$$v = S / \bar{x}. \quad (7)$$

3. Записуємо значення максимального показника якості x_0 , припустимі границі показника якості нижню – a та верхню – b .

4. Визначаємо абсолютне значення різниці – $x'_i = |x_i - x_0|$.

5. Складаємо варіаційний ряд із одержаних значень $x'_i - x'_{(i)}$, тобто, записуємо значення порядкових статистик $x'_{(i)}$.

6. Визначаємо припустимі значення для варіаційного ряду $a' = a - x_0$ та $b' = b - x_0$.

7. Знаходимо числові характеристики одержаного варіаційного ряду $x'_{(i)}$, ($i = 1, \dots, n$) – вибіркове середнє $\bar{x}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x'_{(i)}$, виправлену дисперсію

$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x'_{(i)} - \bar{x}')^2$, емпіричний стандарт $S = \sqrt{S^2}$ та коефіцієнт варіації $v' = S / \bar{x}'$.

8. Знаходимо відношення λ точки ділення вибіркового середнього \bar{x}' на відрізок $[a'; b']$ за формулою:

$$\lambda = (\bar{x}' - a') / (b' - \bar{x}'). \quad (8)$$

9. Визначаємо оцінку математичного сподівання \bar{y} на відрітку $[-\gamma, \gamma]$ за формулою:

$$\bar{y} = (-\gamma + \lambda \cdot \gamma) / (1 + \lambda). \quad (9)$$

10. Оцінку параметру p – \tilde{p} моделі визначаємо за формулою:

$$\tilde{p} = \frac{\bar{y} + \gamma}{2\gamma}. \quad (10)$$

11. Знаходимо середнє значення при афінному перетворенні на відрітку $[-4,6; 4,6]$ за формулою:

$$\bar{z} = (-4,6 + \lambda \cdot 4,6) / (1 + \lambda). \quad (11)$$

12. Визначаємо оцінку показника якості за формулою (12), замінюючи p на знайдене значення \tilde{p} та y на \bar{z} , тобто обчислюємо величину:

$$K_j = [\tilde{p} \cdot \exp(-\exp(-\bar{z})) + (1 - \tilde{p}) \cdot (1 - \exp(-\exp(\bar{z})))] \cdot 100\%. \quad (12)$$

Отримані результати (табл. 3, 4) дозволяють вирішувати ряд практичних завдань та застосовуються при методі контролю показників якості і безпеки безалкогольних напоїв функціонального призначення. Із табл. 3 видно, що коефіцієнт варіації v випадкових величин X_1, X_2, X_3, X_4 та X_6 менший 0,1 (рис. 1). Це говорить про незначне розсіювання цих значень. Тільки випадкова величина X_5 має середній степінь розсіювання, тобто припустимий для якісного розрахунку (рис. 1).

Таблиця 3

Показник якості групи фізико-хімічних властивостей

2.1. Масова частка сухих речовин, %: X_1		2.2. Масова частка осаду в досліджуваних зразках, %: X_2		2.3. Масова частка м'якоті в досліджуваних зразках, %: X_3		2.4. Масова частка титрованих кислот в досліджуваних зразках, %: X_4		2.5. В'язкість (динамічна) напоїв з використанням сировини рослинного походження в досліджуваних зразках, Па·с: X_5		2.6. Методика визначення рН в досліджуваних зразках: X_6	
\bar{x}_1	18,590	\bar{x}_2	0,6330	\bar{x}_3	19,400	\bar{x}_4	1,418	\bar{x}_5	39,660	\bar{x}_6	3,906
S^2	0,2500	S^2	0,0006	S^2	0,9250	S^2	0,0079	S^2	43,8750	S^2	0,0008
S	0,5000	S	0,0250	S	0,9618	S	0,0887	S	6,6238	S	0,0274
v	0,0269	v	0,0395	v	0,0496	v	0,0626	v	0,1670	v	0,0070
x_0	18,45	x_0	0,2	x_0	18,00	x_0	1,390	x_0	39,00	x_0	3,00
a	0,3	a	0	a	5	a	1,2	a	20	a	2
b	25	b	1	b	25	b	1,6	b	50	b	5
\bar{z}	2,218	\bar{z}	1,224	\bar{z}	2,024	\bar{z}	1,242	\bar{z}	2,5576	\bar{z}	1,2451
\tilde{p}	0,7410	\tilde{p}	0,6330	\tilde{p}	0,7200	\tilde{p}	0,6350	\tilde{p}	0,7780	\tilde{p}	0,6353
K	92,36 %	K	82,65 %	K	91,07 %	K	82,93 %	K	94,20 %	K	82,97 %

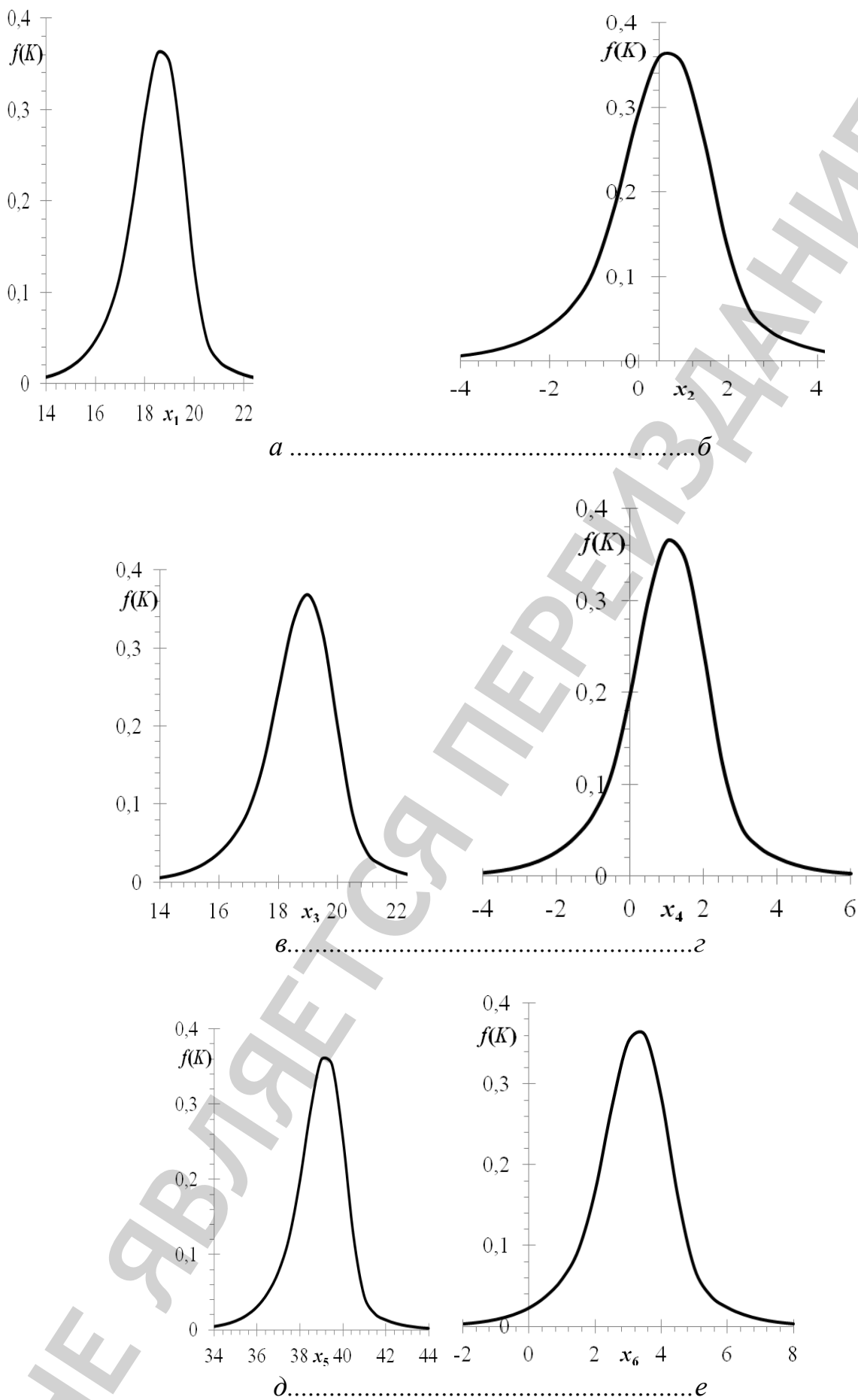


Рис. 1. Графіки моделі показника якості випадкових величин:

$a - X_1$; $б - X_2$; $в - X_3$; $з - X_4$; $д - X_5$; $е - X_6$

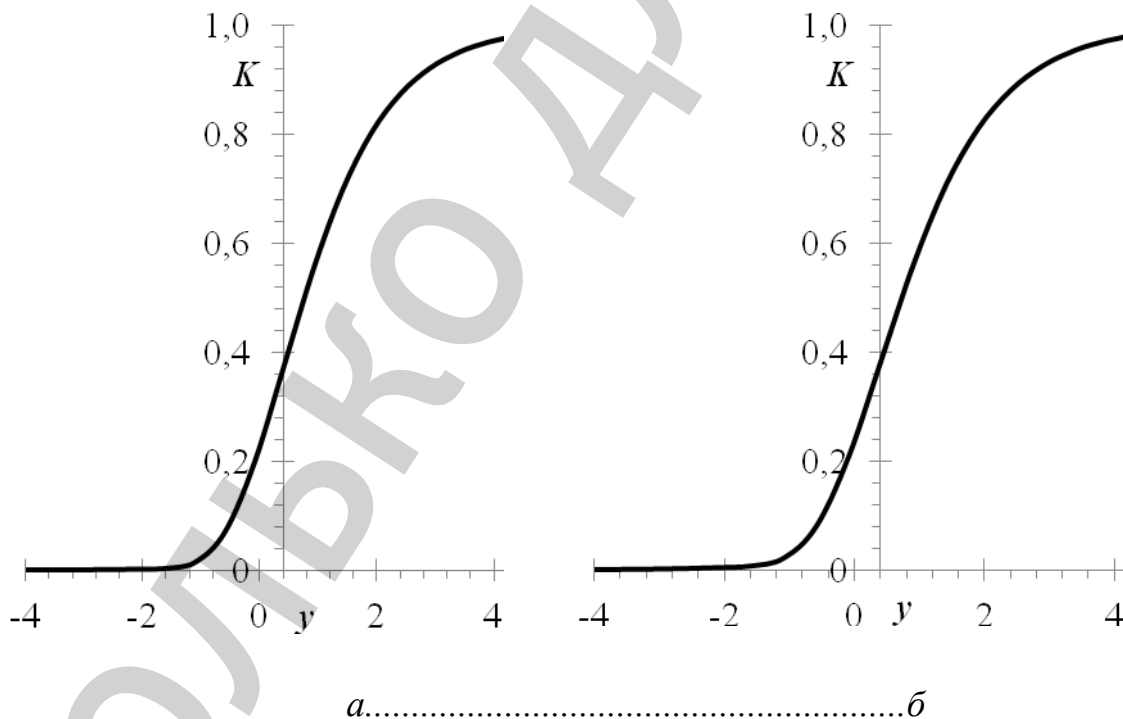
Із рис. 1 видно, що моделі показника якості випадкових величин X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 та X_6 мають моду в ідеальних значеннях показника якості напою.

Таблиця 4

Показник якості групи органолептичних властивостей

2.1. Смак(бал), X_1		2.2. Запах (бал), X_2		2.3. Зовнішній вигляд (бал), X_3		2.4. Консистенція (бал), X_4		2.5. Колір (бал), X_5	
\bar{x}_1	4,958	\bar{x}_2	4,894	\bar{x}_3	4,921	\bar{x}_4	4,912	\bar{x}_5	4,829
S^2	0,00125	S^2	0,00125	S^2	0,0020	S^2	0,0010	S^2	0,0010
S	0,035355	S	0,03536	S	0,04472	S	0,03162	S	0,03162
v	0,0071	v	0,0072	v	0,0091	v	0,0064	v	0,0065
x_0	0	x_0	0	x_0	0	x_0	0	x_0	0
a	3	a	3	a	3	a	3	a	3
b	5	b	5	b	5	b	5	b	5
\bar{z}	0,5530	\bar{z}	0,5160	\bar{z}	0,5316	\bar{z}	0,5263	\bar{z}	0,4786
\tilde{p}	0,979	\tilde{p}	0,947	\tilde{p}	0,9605	\tilde{p}	0,9559	\tilde{p}	0,9146
K	98,81%	K	98,46%	K	98,62%	K	98,57%	K	98,01%

Графіки показників якості групи органолептичних властивостей надано на рис. 2.



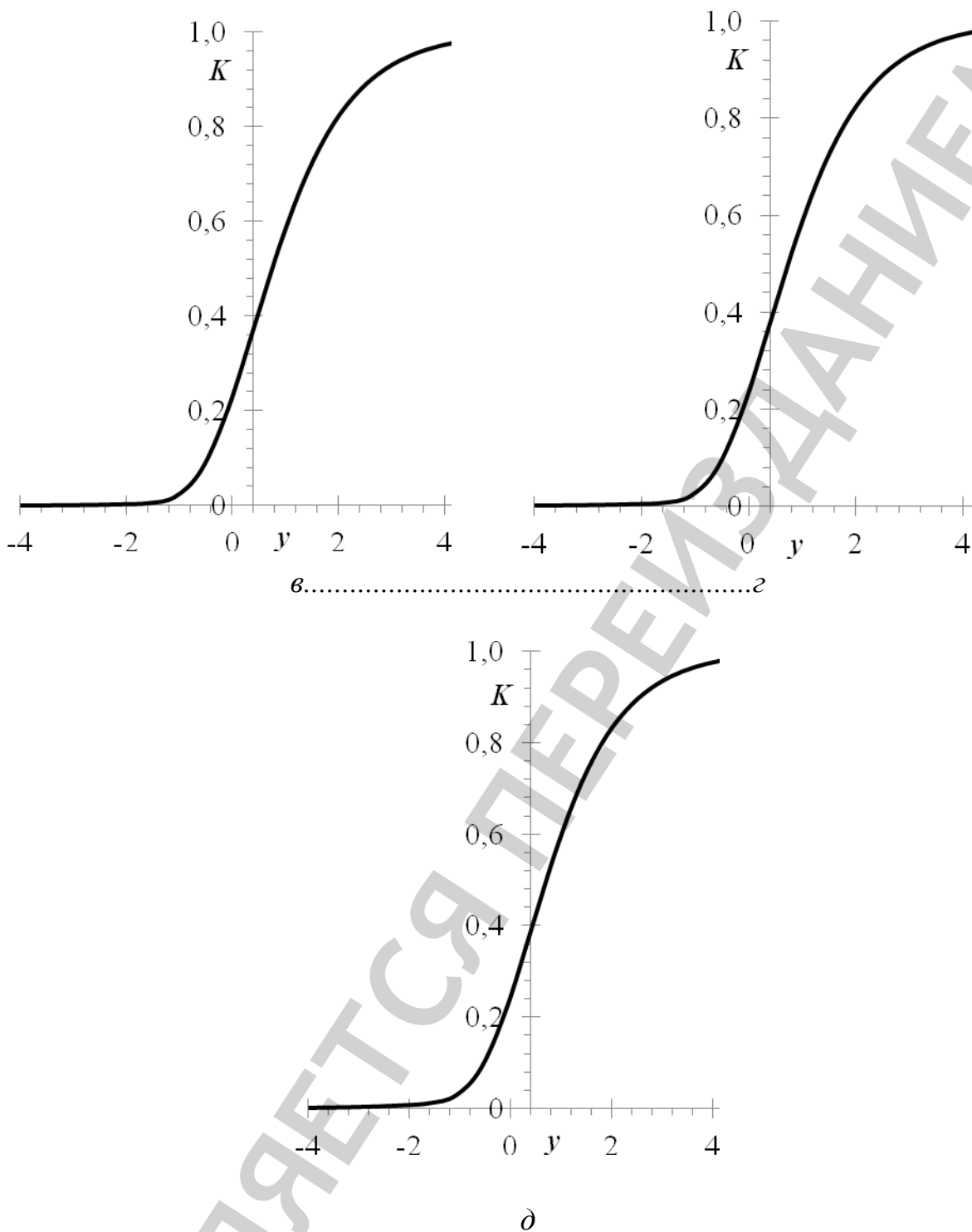


Рис. 2. Графіки функції якості випадкових величин:
a – X_1 ; *b* – X_2 ; *в* – X_3 ; *z* – X_4 ; *д* – X_5

Із рис. 2 видно, що графіки функції якості випадкових величин X_1 , X_2 , X_3 , X_4 та X_5 практично співпадають. Середні значення цих величин також є близькими, отже і значення якості теж будуть близькими один до одного. Якість групи органолептичних властивостей (табл. 4) відрізняється тільки на десяті долі відсотку.

Впровадження методики оцінки якості із застосуванням афінних перетворень надає ФХП найбільш точні показники якості за результатами вибірки. Аналіз цієї

моделі і порівняння з попередніми оцінками якості може бути застосовано при будь-якому ідеальному значенні.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Позитивну дію об'єкта дослідження на свої внутрішні фактори має, одержаний за допомогою складених програм в системі Maple, розрахунок якості безалкогольного функціонального напою. Розроблена методика розрахунку за допомогою одержаних формул для загальної моделі якості виробу із застосуванням суміші екстремальних значень дозволяє оцінити якість будь-якого напою. Це можливо завдяки удосконаленню функції бажаності для оцінювання різнорозмірних показників якості ФБН за рахунок застосування коефіцієнтів, які враховують найкраще значення якості, що дозволить її уніфікувати для оцінювання різнорідних процесів.

Weaknesses. На харчових виробництвах та в підприємствах ресторанного господарства не достатньо кваліфікованих спеціалістів для того, щоб визначити комплексний показник якості ФБН, застосовуючи методику із застосуванням афінних перетворень. Ця методика може бути застосована тільки для напоїв з м'якитною текстурою, так як досліджувалися певні фізико-хімічні та органолептичні показники якості. Для інших груп харчових продуктів потрібно вдосконалення кількості n експериментів.

Opportunities. Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні нормативно-правової бази, яка регулює питання:

- параметрів якості та безпечності ФХП;
- продовження гармонізації міжнародних стандартів, особливо на методи контролю показників якості і безпеки продукції;
- забезпечення відповідності технічних умов чинним законодавчим нормам та стандартам; врахування показників якості та безпечності харчових продуктів при обґрунтуванні системи індикаторів продовольчої безпеки.

Threats. Вирішення проблеми якості і безпечності ФХП має комплексний характер, потребує врахування галузевих особливостей формування якості на всіх етапах виробництва сільськогосподарської продукції, її перероблення, зберігання, транспортування і реалізації готової продукції. Важливою умовою гарантування продовольчої безпеки є активізація впровадження систем управління якістю і безпечністю функціональної продукції та їх сертифікація на підприємствах харчової промисловості.

8. Висновки

1. Визначені показники фізико-хімічні показники БФН: масова частка сухих речовин; масова частка осаду; масова частка м'якоті; масова частка титрованих кислот; в'язкість (динамічна); рН. При визначенні показників якості групи органолептичних властивостей проведено збір і обробку необхідних для розрахунків експертних даних зі: смаку, запаху, зовнішнього вигляду, консистенції, кольору.

2. Запропонована оцінка показників якості БФН, згідно математичної моделі із застосуванням афінних перетворень, яка надана авторами [2]. Для оцінки якості безалкогольного напою функціонального призначення пропонується ви-

користувувати напій як систему, що складається із підсистем та елементів, що в них входять. Елементи системи – це показник, що характеризує якість напою.

3. Розрахована якість БФН, згідно ряду етапів методики оцінки показника якості та надати графічні залежності показників групи фізико-хімічних та органолептичних властивостей. Для оцінки показника якості напою, в якому є ідеальне значення показника та його границі, що задані технологом, пропонується знаходити абсолютне відхилення значень від ідеального та розглядати це значення як випадкову величину суміші. Застосування цієї методики для оцінки якості, що пропонується для підсистем системи та самої системи як найменшої із якостей підсистем, дає оцінку якості напою.

Визначено оцінки показників якості за методикою із застосуванням афінних перетворень, за результатами вибірки:

- 1) масової частки сухих речовин – 92,36 %;
- 2) масової частки осаду – 82,65 %;
- 3) масової частки м'якоті – 91,07 %;
- 4) масової частки титрованих кислот – 82,93 %;
- 5) в'язкість (динамічна) – 94,20 %;
- 6) рН – 82,97 %.

Впровадження методики оцінки якості із застосуванням афінних перетворень надає ФХП найбільш точні показники якості за результатами вибірки. Аналіз цієї моделі і порівняння з попередніми оцінками якості може бути застосовано при будь-якому ідеальному значенні.

Література

1. Pro bezpechnist ta yakist kharchovykh produktiv [Electronic resource]: Law of Ukraine from 28.12.2014 № 67-VIII. – Available at: \www/URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/67-19>
2. Zhulinska, O. Assessment of the quality and safety of functional food products using mathematical models [Text] / O. Zhulinska, K. Svidlo // Technical sciences and technologies. – 2017. – № 1 (7). – P. 217–225.
3. Harrington, E. Calculation of the general izedindex of metallic primitives [Text] / E. Harrington // Chemical Engineering Journal. –1963. – Vol. 59. – P. 132–147.
4. Boitsov, B. V. Kachestvo: printsipy, upravlenie [Text] / B. V. Boitsov, Yu. V. Krianev, N. A. Kuznetsov. – Moscow: MAI, 1997. – 250 p.
5. Kruglov, M. I. Sistemnyi analiz v standartizatsii i upravlenii kachestvom produktsii [Text] / M. I. Kruglov // Nauchnye trudy VNIIS. – 1976. – Vol. 29. – P. 3–34.
6. Nevskaya, K. A. The Soviet Control Systems of Quality [Electronic resource] / K. A. Nevskaya, I. V. Kutsyna // Materialy konferentsii «Upravlenie kachestvom v obrazovanii, proizvodstvennyh sistemah i sfere uslug». – 2012. – Available at: \www/URL: <http://econfr.ae.ru/article/6932>
7. Glichev, A. V. Upravlenie kachestvom produktsii: opyt, problemy, perspektivy [Text] / A. V. Glichev, A. V. Kruglov, I. D. Kryzhanovskii. – Moscow: Ekonomika, 1979. – 175 p.

8. Sivachenka, I. Yu. Upravlinnia mizhnarodnoiu konkurentospromozhnistiu pidprijemstva [Text] / I. Yu. Sivachenka. – Kyiv: TsUL, 2003. – 186 p.
9. Katrych, O. O. Rozvytok kvalimetrychnykh metodiv otsiniuvannia protsesiv system upravlinnia yakistiu pidprijemstv vidpovidno do vymoh mizhnarodnykh standartiv [Text]: PhD thesis: 05.01.02 / O. O. Katrych. – Kharkiv, 2015. – 169 p.
10. Trishch, R. M. Obobshchionnaia tochechnaia i interval'naia otsenki kachestva izgotovleniia detali DVS [Text] / R. M. Trishch, E. A. Slitiuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2006. – № 1. – P. 63–67.
11. Trishch, R. M. Tochechnaia i interval'naia otsenki kachestva izdelii [Text] / R. M. Trishch, E. A. Slitiuk // Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New solutions in modern technologies. – 2006. – Vol. 27. – P. 96–102.
12. Trishch, H. M. Rozrobka metodolohii otsiniuvannia protsesiv system upravlinnia yakistiu pidprijemstv z urakhuvanniam vymoh mizhnarodnykh standartiv [Text]: PhD thesis: 05.01.02 / H. M. Trishch. – Lviv, 2014. – 162 p.
13. Gumbel, E. Statistika ekstremal'nykh znachenii [Text] / E. Gumbel. – Moscow: Mir, 1965. – 450 p.
14. Evlanov, L. G. Ekspertnye otsenki v upravlenii [Text]: Handbook / L. G. Evlanov, V. A. Kutuzov. – Moscow: Ekonomika, 1978. – 129 p.
15. Kannala, J. A New Method for Affine Registration of Images and Point Sets [Text] / J. Kannala, E. Rahtu, J. Heikkila, M. Salo // Lecture Notes in Computer Science. – 2005. – P. 224–234. doi:[10.1007/11499145_25](https://doi.org/10.1007/11499145_25)
16. Heikkila, J. Pattern matching with affine moment descriptors [Text] / J. Heikkila // Pattern Recogn. – 2004. – Vol. 37, № 9. – P. 1825–1834. doi:[10.1016/j.patcog.2004.03.005](https://doi.org/10.1016/j.patcog.2004.03.005)
17. Deineka, I. Rational design modelling methods of complex surface work piece creation [Text] / I. Deineka, O. Riabchykov // Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2013. – Vol. 13, № 4. – P. 59–68.