УДК 637.09

Оксана Жулінська, Карина Свідло

ОЦІНКА ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Оксана Жулинская, Карина Свидло

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Oksana Zhulinska, Karyna Svidlo

ASSESSMENT OF THE QUALITY AND SAFETY OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS USING MATHEMATICAL MODELS

Процеси, що впливають на якість функціональної харчової продукції, мають різну природу, тобто їх показники якості різні, і вони мають різні шкали оцінювання, але на сьогодні не існує єдиної методики їх оцінювання, крім цього, різноманітність математичних методів вимагає глибокого наукового дослідження в частині оптимальності та ефективності. Аналіз наукової літератури показав, що існуючі математичні моделі (функції бажаності) дозволяють оцінювати якість продукції і процесів різної природи, але не розроблено дієвого математичного методу для визначення комплексного показника якості продукції функціонального призначення для застосування на виробництві.

Роботу присвячено застосуванню математичного методу для визначення якості продукції функціонального призначення, у вигляді суміші розподілу найбільшого та найменшого значень випадкових величин, а також знайдено числові характеристики цієї суміші – це математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, центральний момент третього порядку, центральний момент четвертого порядку, коефіцієнт асиметрії та коефіцієнт ексцесу.

***Ключові слова**: функціональні харчові продукти, управління якістю та безпечністю, математичний метод, математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, центральний момент третього порядку, центральний момент четвертого порядку, коефіцієнт асиметрії та коефіцієнт ексцесу.*

Бібл.: 12.

Процессы, влияющие на качество функциональной пищевой продукции, имеют различную природу, то есть их показатели качества разные, и они имеют различные шкалы оценивания. На сегодняшний день не существует единой методики их оценки, кроме этого, разнообразие математических методов требует глубокого научного исследования оптимальности и эффективности. Анализ научной литературы показал, что существующие математические модели (функции желательности) позволяют оценивать качество продукции и процессов различной природы, но не разработан действенный математический метод для определения комплексного показателя качества продукции функционального назначения на производстве.

Работа посвящена применению математического метода для определения качества продукции функционального назначения, в виде смеси распределения наибольшего и наименьшего значений случайных величин. Найдены числовые характеристики данной смеси – это математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратичное отклонение, центральный момент третьего порядка, центральный момент четвертого порядка, коэффициент асимметрии и коэффициент эксцесса.

***Ключевые слова:** функциональные пищевые продукты, управление качеством и безопасностью, математический метод, математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратичное отклонение, центральный момент третьего порядка, центральный момент четвертого порядка, коэффициент асимметрии и коэффициент эксцесса.*

Библ.: 12.

Processes affecting the quality of the functional food products are of different nature, that is, their quality indicators are different and they have different grading scale. To date, there is no single methodology for their evaluation, besides the variety of mathematical techniques requires in-depth scientific studies of optimality and efficiency. Analysis of scientific literature showed that existing mathematical models (desirability function) allow evaluating the quality of the products and processes of different nature, but to define a complex indicator of quality of the products functional purpose in the manufacture has not been developed an effective mathematical method.

The work is devoted to application of mathematical methods to determine the quality of the products functionality, in the form of a mixture distribution of maximum and minimum values of random variables. Found a number of characteristics of this mixture is a mathematical expectation, dispersion, average quadratic deviation, the Central moment of third order, Central moment of fourth order, the coefficient of skewness and coefficient of kurtosis.

***Key words:** functional foods, quality control and safety, mathematical method, mathematical expectation, dispersion, average quadratic deviation, the Central moment of third order, Central moment of fourth order, the coefficient of skewness and coefficient of kurtosis.*

Bibl.: 12.

Постановка проблеми. Важливим фактором сучасної конкурентоспроможної продукції, особливо функціональної, є управління якістю та безпечністю харчових продуктів [1]. Системи управління безпечністю харчових продуктів застосовують практично в усьому світі як надійний захист споживачів. Впровадження систем управління безпечністю харчових продуктів вимагає законодавство Європейського Союзу, США, Канади, Японії, Нової Зеландії та багатьох інших країн світу [2].

Визначення функціональності продукту встановлюється за вмістом того чи іншого компонента, що надає позитивний вплив на організм людини. Сьогодні українське законодавство не вимагає від виробників проведення клінічних досліджень і наукового підтвердження функціональності продукту; не регламентує правила маркування і реалізації споживачам функціональних харчових продуктів (ФХП) [3].

Таким чином, можна констатувати, що проблема якості і безпечності ФХП реально існує. Її вирішення має комплексний характер, потребує врахування галузевих особливостей формування якості на всіх етапах виробництва сільськогосподарської продукції, її перероблення, зберігання, транспортування і реалізації готової продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукової літератури показав, що існуючі математичні моделі (функції бажаності) дозволяють оцінювати якість продукції і процесів різної природи, застосовувати їх числові характеристики, які допомагають отримати їх інтервальні показники якості [4; 5]. Для оцінювання якості виробів використовують функцію бажаності Е. К. Харінгтона. Саме ця функція має багато переваг. У роботах [4; 5; 6] як функцію для переводу різнорозмірних показників якості в безрозмірну величину використовували функцію бажаності, яка відома як функція Харінгтона, що має подвійний експоненціальний вигляд і має певні особливостей, які приваблювали дослідників до практичного її застосування [7]. Очевидно, що логістичну функцію бажаності Е. К. Харінгтона [7] можна застосовувати як вибірку, що проведена із найбільших значень. Тому оцінка якості виробу має бути заниженою, оскільки використовується перший тип асимптотичного нормалізованого розподілу максимуму [8]. Будь-який функціональний харчовий продукт має показники, 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.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. З метою підвищення якості і безпечності продуктів харчування необхідне подальше вдосконалення нормативно-правової бази, яка регулює питання параметрів якості та безпечності ФХП; продовження гармонізації міжнародних стандартів, особливо на методі 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 [4]. Таким чином, до чинного законодавства ФХП потрібно внести нормативні параметри якості та безпеки, а також норми, які б зобов’язували виробників відповідно маркувати харчові продукти, що мають статус функціональних.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є побудова більш точної (узагальненої) моделі оцінювання показників якості ФХП. Визначення числових характеристик моделі. Аналіз цієї моделі і порівняння з попередніми оцінками якості. Побудова методики оцінки якості ФХП із застосуванням афінних перетворень, яка може бути застосована при будь-якому ідеальному значенні. Застосування цієї методики надає ФХП найбільш точні показники якості за результатами вибірки.

Виклад основного матеріалу. В роботі [5] пропонується оцінювати показники якості виробів, які мають різні розмірності з їх оцінками на безрозмірній шкалі, при цьому пропонується використовувати порядкові статистики екстремальних значень. Тобто ці оцінки мають враховувати мінімально допустиме значення показника якості процесу та максимально допустиме значення показника його якості. Але оцінка якості показника використовується для будь-яких симетричних розподілів. Вона застосовує перший тип асимптотичного нормалізованого розподілу мінімуму (функція 1) та максимуму (функція 2) [9] та їх суміш (функція 3). Для оцінки показника якості у третій функції значення параметра $p = 0,5$.

$$\Phi_1^*(x) = 1 - \exp(-\exp(y)) \quad (-\infty < y < \infty). \tag{1}$$

$$\Phi_1(x) = \exp(-\exp(-y)) \quad (-\infty < y < \infty). \tag{2}$$

$$K_j = p \cdot \exp(-\exp(-y)) + (1-p) \cdot (1 - \exp(-\exp(y))), \tag{3}$$

де $0 \le p \le 1$.

Приймемо, що якість показника підпорядковується закону розподілу (3). Вважаємо, що допуск на показник якості є відомим, тобто є як завищене, так і занижене значення показника якості виробу. Отже, істинне значення знаходиться в інтервалі якості цього показника.

Оскільки щільність розподілу є похідною від функції розподілу (3), то ця функція розподілу випадкової величини Y має щільність розподілу (функція 4):

$$f(y) = p \cdot \exp(-y - e^{-y}) + (1-p) \cdot \exp(y - e^{y}). \tag{4}$$

Визначимо числові характеристики моделі (4). Для цього знайдемо такі числові характеристики моделі (4), як моду, медіану, математичне очікування, дисперсію та центральні моменти випадкової величині Y.

Оскільки функції (1) і (2) мають симетричні відносно нуля числові характеристики, то достатньо знайти числові характеристики функції (2). Функція щільності функції розподілу (2) має вигляд:

$$f(y) = \exp(-y) \cdot \exp(-\exp(-y)). \tag{5}$$

Знайдемо моду моделі (5). Для цього знайдемо похідну функції щільності (5) та прирівняємо її до нуля:

$$f'(y) = \exp(-y) \cdot \exp(-\exp(-y)) \cdot \left[\exp(-y) - 1\right]. \tag{6}$$

Звідси одержимо, що $f'(y) = 0$ при $y = 0$, тобто мода для цієї моделі (5) $Mo[Y] = 0$.

Для визначення медіани прирівняємо функцію розподілу (5) до 0,5. Маємо розв’язок рівняння:

$$\exp(-\exp(-y)) = 0,5, \tag{7}$$

яке дає медіанне значення моделі (4) $Me[Y] = -\ln(\ln 2)$.

Визначимо математичне очікування моделі (5), обчислюючи інтеграл:

$$\int_{-\infty}^{\infty} y \cdot \exp(-y) \cdot \exp(-\exp(-y)) dy. \tag{8}$$

Цей інтеграл обчислюється за допомогою заміни $z = \exp(-y)$. Результат обчислення цього інтеграла дає $M[Y] = \gamma$, де γ – константа Ейлера, $\gamma=0,5772$. Тут застосована відома формула [11]:

$$\gamma = -\int_0^{\infty} e^{-z} \ln z dz. \tag{9}$$

Для обчислення дисперсії випадкової величини Y моделі (4) використана формула:

$$D(Y) = M(Y^2) - \left[M(Y)\right]^2. \tag{10}$$

Математичне очікування випадкової величини Y^2 моделі (4) визначається за формулою:

$$M(Y^2) = \int_{-\infty}^{\infty} y^2 \cdot \exp(-y) \cdot \exp(-\exp(-y)) dy. \tag{11}$$

Цей інтеграл обчислюється за допомогою заміни $z = \exp(-y)$. Звідси $D(Y) = \pi^2 / 6$.

Аналогічно обчислюються початкові моменти моделі (4). Початковий момент третього порядку:

$$M(Y^3) = \int_{-\infty}^{\infty} y^3 \cdot \exp(-y) \cdot \exp(-\exp(-y))dy = 2\zeta(3) + \pi^2\gamma / 2 + \gamma^3, \quad (12)$$

де $\zeta(3)$ – дзета функція Рімана в точці 3. $\zeta(3) \approx 1,202057$.

Центральний момент третього порядку визначається за формулою:

$$\mu_3 = M(Y^3) - 3M(Y^2)M(Y) + 2[M(Y)]^3. \quad (13)$$

Для моделі (4) він має вигляд:

$$\mu_3 = 2\zeta(3). \quad (14)$$

Центральний момент четвертого порядку визначається за формулою:

$$\mu_4 = M(Y^4) - 4M(Y^3)M(Y) + 6M(Y^2)[M(Y)]^2 - 3[M(Y)]^4. \quad (15)$$

Тоді для моделі (4) він має вигляд:

$$\mu_4 = 3\pi^4 / 20. \quad (16)$$

Оскільки функція моделі (5) має симетричну функцію $f(y) = \exp(y - e^y)$, то звідси випливає, що для цієї функції $Mo[Y] = 0$, $Me[Y] = -\ln(\ln 2)$, $M[Y] = -\gamma$, $D(Y) = \pi^2 / 6$, $\mu_3 = -2\zeta(3)$ та $\mu_4 = 3\pi^4 / 20$.

Знайдемо числові характеристики моделі (4), використовуючи властивості інтегрального і диференційного числення, теорії ймовірностей і математичної статистики. Із одержаних числових характеристик, користуючись вищезгаданими властивостями, одержуємо числові характеристики моделі (4): $Mo[Y] = 0$, яка не залежить від вагового коефіцієнта p.

Математичне очікування випадкової величини Y моделі (5) має вигляд:

$$M[Y] = (2p - 1) \cdot \gamma. \quad (17)$$

Із властивостей дисперсії суми незалежних випадкових величин маємо, що дисперсія випадкової величини Y моделі (4) визначається за формулою:

$$D(Y) = \pi^2 / 6 + 4\gamma^2 p(1-p). \quad (18)$$

Максимум дисперсії $D(Y)$ досягається при значенні $p = 0,5$, що свідчить про велику помилку, яка є при значенні $p = 0,5$. Вибір усередненого значення з двох асимптотичних розподілів крайніх значень дає велику помилку. Тому вибір суміші цих двох розподілів зменшить помилку і в оцінці показників якості, і в оцінці якості виробу.

Із одержаного значення $D(Y)$ визначимо середнє квадратичне відхилення випадкової величини Y моделі (4) $\sigma(Y) = \sqrt{D(Y)}$.

$$\sigma(Y) = \frac{\sqrt{144p\gamma^2 + 6\pi^2 - 144p^2\gamma^2}}{6}. \quad (19)$$

Центральний момент третього порядку для моделі (4) має вигляд:

$$\mu_3 = 2\zeta(3)(2p-1) + 8p\gamma^3(1 + 2p^2 - 3p). \quad (20)$$

Центральний момент четвертого порядку μ_4 для моделі (4) має вигляд:

$$\mu_4 = \frac{3\pi^4}{20} + 4(8p\zeta(3) + \pi^2\gamma)(1-p)\gamma + 16p^2\gamma^4(6p - 3p^2 - 4). \quad (21)$$

Коефіцієнт асиметрії As будь-якої моделі визначається формулою: $As = \mu_3 / \sigma^3(Y)$. Для моделі (4) цей коефіцієнт знаходять за формулою:

$$As = \frac{72(2p\zeta(3) + 4p\gamma^3 - \zeta(3) + 8p^3\gamma^3 - 12p^2\gamma^3)}{(24p\gamma^2 + \pi^2 - 24p^2\gamma^2)\sqrt{144p\gamma^2 + 6\pi^2 - 144p^2\gamma^2}}. \quad (22)$$

Коефіцієнт ексцесу Es будь-якої моделі визначається формулою $Es = \mu_4 / D^2(Y)$. Для моделі (4) цей коефіцієнт знаходять за формулою:

$$Es = \frac{9}{5}(3\pi^4 + 320p\gamma^4 + 640p\zeta(3)\gamma + 80p\pi^2\gamma^2 - 640p^2\zeta(3)\gamma - \\ -80p^2\pi^2\gamma^2 - 1280p^2\gamma^4 - 960p^4\gamma^4 + 1920p^3\gamma^4)/(24p\gamma^2 + \pi^2 - 24p^2\gamma^2)^2. \quad (23)$$

Знайдемо оцінки вагових коефіцієнтів p за результатами вибірки об'єму n. За великою вибіркою об'єму n показників якості величину частки p можна знайти, застосовуючи метод найменших квадратів [10] до відомої моделі (4). Для оцінки параметра p маємо на увазі, що дана функцією розподілу $F(y)$. В цьому випадку параметр p має вигляд:

$$p = \frac{l + \sum_{i=1}^{n} F(y_i)V_i + \sum_{i=1}^{n} V_i W_i + \sum_{i=1}^{n} F(y_i)W_i + \sum_{i=1}^{n} V_i^2 - 2\sum_{i=1}^{n} V_i - \sum_{i=1}^{n} W_i - \sum_{i=1}^{n} F(y_i)}{l + 2\sum_{i=1}^{n} V_i W_i - 2\sum_{i=1}^{n} V_i - 2\sum_{i=1}^{n} W_i + \sum_{i=1}^{n} V_i^2 + \sum_{i=1}^{n} W_i^2}, \quad (24)$$

де $V_i = \exp(-\exp(y_i))$, $W_i = \exp(-\exp(-y_i))$ та емпірична оцінка функції розподілу в точці $y_i\ (1 \le i \le n)$ з незміщеною оцінкою теоретичної $F(y)$ в точці y_i

$$F(y_i) = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{I}(y, y_i)/n, \quad (25)$$

де $\mathrm{I}(y, y_i)$ – одинична сходова функція зі стрибком у точці $y = y_i$, чи зміщеною оцінкою теоретичної $F(y)$ в точці y_i

$$F(y_i) = \frac{1}{n+1}\sum_{i=1}^{n} \mathrm{I}(y, y_i). \quad (26)$$

Оцінка параметра p не може бути знайдена за методом максимальної правдоподібності [10], оскільки модель (4) являє собою лінійну комбінацію відносно параметра p.

Знайдемо оцінку параметра p методом моментів [10]. Математичне очікування для моделі (4) визначається за формулою (17). Тоді, прирівнюючи математичне очікування $M(Y)$ до вибіркового середнього нормованих значень $\bar{y} = \sum_{i=1}^{n} y_i / n$, будемо мати рівняння з одним невідомим p.

$$\bar{y} = (2p - 1)\cdot\gamma. \quad (27)$$

Розв'язуючи рівняння (27) відносно p будемо мати оцінку параметра p.

$$\tilde{p} = \frac{\bar{y} + \gamma}{2\gamma}. \quad (28)$$

Для оцінки параметра p достатньо трьох експериментів, але відомо, що збільшення кількості експериментів n збільшує точність оцінки. Точність оцінки можна отримати за одержаною формулою (19) при знайденому параметрі p.

Всі одержані результати дозволять оцінити показник якості виробу, що в подальшому дає можливість оцінити якість самого виробу.

З надійністю 99 % для моделі (4) знайдений інтервал зміни випадкової величини Y. Цей інтервал має значення у вигляді: $[-4,6;4,6]$. Отримана оцінка параметра p (28) і використані для оцінки показника якості афінні перетворення, що зберігають величину ділення відрізку в заданому відношенні, дозволяють створити методику оцінювання показників якості виробу.

Так, для методики оцінювання показника якості виробу:

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

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

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

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

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

6. Знаходимо числові характеристики одержаного варіаційного ряду $x'_{(i)}$, ($i = 1,...,n$) – 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 $v' = S' / \bar{x}'$.

7. Знаходимо відношення λ точки ділення вибіркового середнього $\bar{x}'$ на відрізку $[a'; b']$ за формулою $\lambda = (\bar{x}' - a') / (b' - \bar{x}')$.

8. Визначаємо оцінку математичного сподівання $\bar{y}$ на відрізку $[-\gamma, \gamma]$ за формулою $\bar{y} = (-\gamma + \lambda \cdot \gamma) / (1 + \lambda)$.

9. Оцінку параметра p – $\tilde{p}$ моделі (4) визначаємо за формулою (28).

10. Знаходимо середнє значення при афінному перетворенні на відрізку $[-4,6; 4,6]$ за формулою $\bar{z} = (-4,6 + \lambda \cdot 4,6) / (1 + \lambda)$.

11. Визначаємо оцінку показника якості за формулою (3), замінюючи p на знайдене значення $\tilde{p}$ та y на $\bar{z}$, тобто обчислюємо величину:

$$K_j = [\tilde{p} \cdot \exp(-\exp(-\bar{z})) + (1 - \tilde{p}) \cdot (1 - \exp(-\exp(\bar{z})))] \cdot 100\% . \quad (29)$$

Розглянемо запропонований метод оцінювання якості виробу, який складається з оцінок якості показників, факторів і самого виробу. Одержане значення K_i (29)для i -го показника перераховується разом з іншими отриманими значеннями показників фактора виробу. Узагальнений показник якості – K_o для факторів виробу обчислюється за формулою [10]:

$$K_o = \sqrt[m]{K_1 \cdot K_2 \cdots K_m} , \quad (30)$$

де m – число показників параметрів порівняння, що використовуються для цього фактора.

У результаті узагальнена функція якості K_o стає єдиним параметром оптимізації замість багатьох. Спосіб завдання цього показника такий: 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. Це дозволяє порівнювати узагальнені коефіцієнти і тоді, коли відсутня частина показників порівняння різних факторів або їхні дані. Корінь m степеня «згладжує» відхилення, що виникають, а одержаний результат дозволяє оцінювати фактори виробу із визначеним ступенем точності.

Оскільки фактори виробу, в основному, мають вагові коефіцієнти для виробів, то для їх якості пропонується оцінювати, використовуючи середнє геометричне зважене із вагами, за формулою:

$$K_u = \sqrt[\sum_i^r \alpha_i]{K_{0_1}^{\alpha_1} \cdot K_{0_2}^{\alpha_2} \cdots K_{0_r}^{\alpha_r}}\,, \tag{31}$$

де α_i – вагові коефіцієнти i -фактора з r факторами випробу.

Для розрахунку оцінки якості виробу складено програму в системі Maple.

Висновки і пропозиції. Отримані результати для суміші розподілу найбільшого та найменшого значень випадкових величин дозволили створити метод оцінювання якості виробу, що дозволяє вирішувати певні практичні завдання та може застосовуватися при методі контролю показників якості і безпеки ФХП; забезпечення відповідності технічних умов чинним законодавчим нормам та стандартам.

Список використаних джерел

1. *Петрова Ж. А.* Инновационная технология получения функциональных порошков из растительного сырья / Ж. А. Петрова // Збірник наук. праць Вінницького нац. аграр. у-ту. – 2012. – Вип. 11, т. 2. – С. 351–355.
2. *Сердюк А. М.* Еколого-гігієнічні проблеми харчування / А. М. Сердюк // Журнал Академії медичних наук України. – 2002. – Т. 8, № 4. – С. 677–684.
3. *Аминева И. Я.* Кондитерские изделия функционального назначения с добавлением овсяной муки / И. Я. Аминева, М. Ю. Тамова, В. К. Кочетов // Известия вузов. Пищ. технология. – 2010. – № 1. – С. 121–122.
4. *Трищ Р. М.* Обобщённая точечная и интервальная оценки качества изготовления детали ДВС / Р. М. Трищ, Е. А. Слитюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 1. – С. 63–67.
5. *Трищ Р. М.* Точечная и интервальная оценки качества изделий / Р. М. Трищ, Е. А. Слитюк // Вестник НТУ „ХПИ" : зб. наук. пр. – 2006. – Темат. вып. 27 : Новые решения в современных технологиях. – С. 96–102.
6. *Тріщ Г. М.* Розробка методології оцінювання процесів систем управління якістю підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів : дис. … канд. техн. наук : спец. 05.01.02 / Г. М. Тріщ ; Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів, 2014. – 162 с.
7. Harrington E.C. Calculation of the generalized index of metallic primitives / E. C. Harrington // Chem. Engng. Progr. – 1963. – № 59. – С. 132–147.
8. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений / Э. Гумбель. – М. : Мир, 1965. – 450 с.
9. Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов / Н. Ш. Кремер. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 543 с.
10. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика / В. С. Пугачев. – 2-е изд., исправ. и доп. – М. : Физматлит, 2002. – 496 с.
11. Ламнауэр Н. Ю. Расчет обобщенного показателя качества детали / Н. Ю. Ламнауэр // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 2. – С. 68–71.
12. Кендалл М. Теория распределений : пер. с англ. / М. Кендалл, А. Стьюарт ; под ред. А. Н. Колмогорова. – М. : Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1966. –588 с.

References

1. Petrova, Zh.A. (2012). Innovatsionnaia tekhnologiia polucheniia funktcionalnykh poroshkov iz rastitelnogo syria [Innovative technology for producing functional powders from vegetable raw materials]. *Zbirnyk nauk. prats Vinnytskoho nats. ahrar. Universytetu – Proceedings of VNAU,* issue 11, vol. 2, pp. 351–355 (in Russian).
2. Serdyuk, A.M. (2002). Ekoloho-hihiienichni problemy kharchuvannia [Ecological and hygienic problems of nutrition]. *Zhurnal Akademii medychnykh nauk Ukrainy – Journal of the Academy of Medical Sciences of Ukraine*, vol. 8, no. 4, pp. 677–684 (in Ukrainian).

3. Amineva, I.Ia., Tamova, M.Iu., Kochetov, V.K. (2010). Konditerskie izdeliia funktcionalnogo naznacheniia s dobavleniem ovsianoi muki [Confectionery products of functional purpose with the addition of oat flour]. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiia – Proceedings of the universities. Food technology,* no. 1, pp. 121–122 (in Russian).

4. Trishch, R.M. (2006). Obobshchennaia tochechnaia i intervalnaia otsenki kachestva izgotovleniia detali DVS [The Generalized interval evaluation of the quality of manufacture of parts of internal combustion engines]. *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii – East European journal of advanced technologies,* no. 1, pp. 63–67 (in Russian).

5. Trishch, R.M., Slitiuk, E.A. (2006). Tochechnaia i intervalnaia otcenki kachestva izdelii [Point and interval estimation of quality of products]. *Vestnik NTU „KhPI" – Bulletin of NTU "KHPI"*, theme issue 27*: Novye resheniia v sovremennykh tekhnologiiakh – New solutions in modern technologies,* pp. 96–102 (in Russian).

6. Trishch, H.M. (2014). Rozrobka metodolohii otsiniuvannia protsesiv system upravlinnia yakistiu pidpryiemstv z urakhuvanniam vymoh mizhnarodnykh standartiv [Development of the methodology of evaluation processes of quality management to meet the requirements of international standards]. *Candidate's thesis.* Lviv: Natsionalnyi universytet "Lvivska politekhnika" (in Ukrainian).

7. Harrington, E. C. (1963). Calculation of the generalized index of metallic primitives. *Chem. Engng.Progr*, no. 59, pp. 132–147.

8. Gumbel, E. (1965). *Statistika ekstremalnykh znachenii [Statistics of extremes].* Moscow: Mir (in Russian).

9. Kremer, N.Sh. (2000). *Teoriia veroiatnostei i matematicheskaia statistika [Probability theory and mathematical statistics].* Moscow: IuNITI-DANA (in Russian).

10. Pugachev, V.S. (2002). *Teoriia veroiatnostei i matematicheskaia statistika [Probability theory and mathematical statistics]* (2nd ed., rev. and enl.). Moscow: Fizmatlit (in Russian).

11. Lamnauer, N.Iu (2015). Raschet obobshchennogo pokazatelia kachestva detail [The calculation of the generalized indicator of quality]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova – The Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov,* no. 2, pp. 68–71 (in Russian).

12. Kendall, M., Stiuart, A. (1966). *Teoriia raspredelenii [The Theory of distributions]* (Kolmogorov, A.N. Trans.). Moscow: Nauka. Glavnaia redaktciia fiz.-mat. literatury (in Russian).

Жулінська Оксана Володимирівна – старший викладач кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи, Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету (пров. Отакара Яроша, 8, м. Харків, 61045, Україна).
Жулинская Оксана Владимировна – старший преподаватель кафедры пищевых технологий и гостинично-ресторанного дела, Харьковский торгово-экономический институт Киевского национального торгово-экономического университета (пер. Отакара Яроша, 8, г. Харьков, 61045, Украина).
Zhulinska Oksana – senior lecturer in Food Technology, Hotel and Restaurant Business, Kharkiv Trade and Economic Institute Kiev National Trade and Economic University (8 OtakarYarosh lane, 61045 Kharkiv, Ukraine).
E-mail: o.julin@yandex.ru
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3072-4475

Свідло Карина Володимирівна – доктор технічних наук, декан факультету торгівлі, готельно-ресторанного та туристичного бізнесу, професор кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи, Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету (пров. Отакара Яроша, 8, м. Харків, 61045, Україна).
Свидло Карина Владимировна – доктор технических наук, декан факультета торговли, гостинично-ресторанного и туристического бизнеса, профессор кафедры пищевых технологий и гостинично-ресторанного дела, Харьковский торгово-экономический институт Киевского национального торгово-экономического университета (пер. Отакара Яроша, 8, г. Харьков, 61045, Украина).
Svidlo Karyna – Doctor of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Commerce, Hospitality and Tourism Business, Professor of the Department of Food Technologies and Hotel-Restaurant Business, Kharkiv Trade and Economics Institute Kyiv National Trade and Economic University (8 Otakar Yarosh lane, 61045 Kharkiv, Ukraine).
E-mail: karinasvidlo@rambler.ru
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0175-7756

Жулінська О. Оцінка якості та безпечності функціональних харчових продуктів із застосуванням математичної моделі / О. Жулінська, К. Свідло // Технічні науки та технології. – 2017. – № 1 (7). – С. 217-224.