

давление и скорость прессования макаронного теста различной влажности, на повышение прочности макаронных изделий, предложен механизм применения ультразвукового воздействия для повышения плотности и качества макаронных изделий. Применение ультразвука с амплитудой $A=30\pm 0,5$ мкм, при давлении $6\pm 0,5$ МПа и при температуре прессования макаронного теста 45 ± 2 °С способствует повышению адгезионной прочности макаронного теста и повышению скорости прессования, а следовательно увеличению производительности макаронного пресса.

Abstract

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF ULTRASOUND ON THE PRESS PRESSING OF THE PASTA TEST

The process of pasta pressing in the ultrasound field is investigated. Positive influence of ultrasound on pressure and speed of pressing of pasta dough of different humidity, increase of durability of pasta is established, mechanism of application of ultrasonic influence for increase of density and quality of pasta is offered. The use of ultrasound with the amplitude $A=30\pm 0.5$ μm , at a pressure of 6 ± 0.5 MPa and at a pressure of pasta pasta 45 ± 2 °C helps to increase the adhesive strength of the pasta dough and increase the speed of pressing, and therefore increase the productivity of the pasta press.

УДК 519.816

ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ УПАКОВКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, ЗАСНОВАНИЙ НА НЕЧІТКОМУ ЛОГІЧНОМУ ВИВЕДЕННІ

Кашеєв Л.Б., к.т.н., проф., Коваленко С.В., к.т.н., доц.,
(Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»)

Коваленко С.М., к.т.н., доц., Мегель Ю.Є., д.т.н., проф.,
Путятін В.П., д.т.н., проф., Чалий І.В., к.т.н., доц.
(Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка)

У статті запропонований підхід до оцінки якості упаковки харчових продуктів, що заснований на застосуванні системи нечіткого логічного виведення. Зазначений підхід дозволяє проводити оцінку якості продукції будь-якої природи.

Постановка задачі. Якість продуктів харчування та питання кількісного та якісного харчування, а також безпеки продуктів, що споживаються, займають важливе місце в збереженні здоров'я населення. ВООЗ розглядає питання якості і безпеки як один із пріоритетних напрямів у збереженні здоров'я споживачів [1]. *Одним з чинників, що безпосередньо впливають на якість продукту в цілому, є якість і безпечність упаковки.*

Аналіз основних досліджень. Остання версія стандарту ДСТУ ISO 9000:2015 «Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів» визначає якість як «здатність задовольняти замовників...», при цьому «Якість продукції та послуг охоплює... також їхні сприймані цінність і користь для замовника» [2]. На нашу думку для харчових продуктів це визначення повинне бути розширене вимогами до безпечності.

Щодо упаковки, то вона повинна бути виготовлена із безпечних матеріалів і фарб, що не впливають на колір та смак продукту; мати невелику вагу та зручну форму; бути міцною, надійною та стійкою до деформації щоб захистити продукт від дії зовнішнього середовища під час транспортування і зберігання та мати привабливе оформлення для заохочування покупців; мати механізми для забезпечення захисту продукції від фальсифікації та мати маркування, що інформує про основні властивості продукту у відповідності до чинного законодавства [3].

Питаннями якості продукції займалась низка науковців: економістів, екологів, технологів, математиків. Серед них вітчизняні і закордонні вчені: Байер Г., Глічев А. В, Деміденко Д. С, Демінг Е., Ісікава К., Кросбі Ф., Ніксон Ф., Робертсон А., Тагуті Г., Шторм Р. та інші. Велика низка досліджень спрямована на методологічні аспекти контролю якості. Зокрема в роботі [4] введено поняття інтегральної якості, під яким розуміється «якість, яка визначається сукупністю всіх функціональних, естетичних і економічних показників...». Щодо математичних методів, то на сьогодні основним математичним апаратом оцінювання і контролю якості є статичний метод, що був розроблений ще у 60 роки ХХ сторіччя [5].

Мета досліджень. Розробити і обґрунтувати підхід до інтегрованої кількісної оцінки якості харчової продукції, що заснований на системі нечіткого логічного виведення.

Основні матеріали досліджень. Починаючи з 1965 року, коли Л. Заде [6] вперше запропонував теорію нечітких множин, ця теорія знайшла широке застосування в різних сферах науки і техніки та,

зокрема, в теорії прийняття рішень [7, 8].

Структуру системи нечіткого логічного виведення надано на рис. 1 [7].

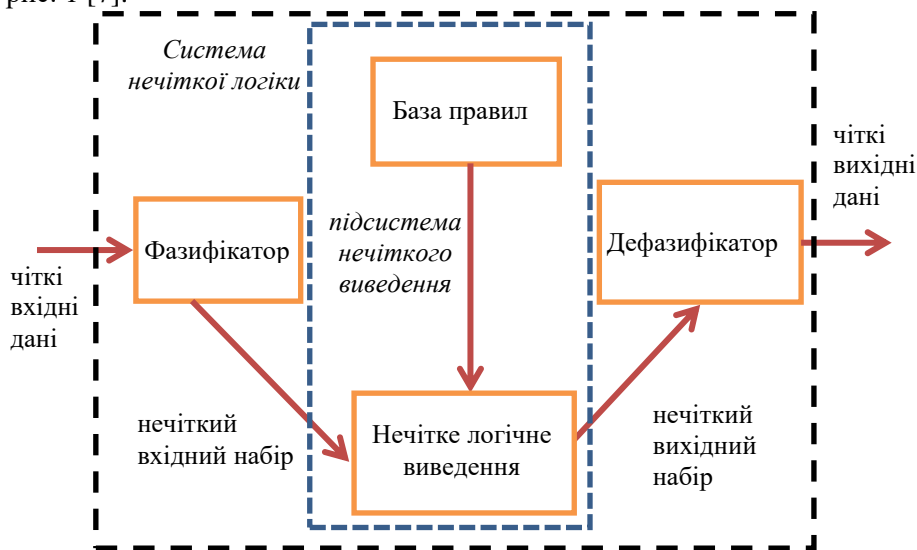


Рис. 1. Структура системи на основі нечіткої логіки

У відповідності до алгоритму нечіткого логічного виведення [6-8] введемо вхідні лінгвістичні змінні A_i ($i = \overline{1, n}$), що відповідають вхідним одиночним показникам якості та вихідну лінгвістичну змінну Y – вихідний інтегрований показник якості. Як лінгвістичні змінні A_i можуть виступати якість матеріалу та фарби, відповідність маркування чинному законодавству, привабливість оформлення, міцність, надійність та захищеність від фальсифікації тощо. Кожну лінгвістичну змінну A_i ($i = \overline{1, n}$) будемо характеризувати чотирма лінгвістичними термами a_{ij} ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, 4}$), що відповідають якісним оцінкам «незадовільно», «задовільно», «добре», «відмінно».

Для прийняття рішення щодо якості упаковки необхідно скласти базу правил системи нечіткого логічного виведення у вигляді нечітких продукційних правил типу «якщо (умова), то (дія)». Сутність цієї бази – це формальне представлення емпіричних знань експертів щодо поведінки об'єкту дослідження. Базу нечітких продукційних правил будемо представляти у вигляді:

$$\begin{aligned}
R_1: & \text{якщо } (x_1 \in a_{11})i \cdots i(x_i \in a_{i1})i \cdots i(x_n \in a_{n1}), \text{ то } y = b_1, \\
& \dots\dots\dots \\
R_k: & \text{якщо } (x_1 \in a_{1k})i \cdots i(x_i \in a_{ik})i \cdots i(x_n \in a_{nk}), \text{ то } y = b_k, \quad (1) \\
& \dots\dots\dots \\
R_l: & \text{якщо } (x_1 \in a_{1l})i \cdots i(x_i \in a_{il})i \cdots i(x_n \in a_{nl}), \text{ то } y = b_l,
\end{aligned}$$

де a_{ik_l} – терм-оцінка x_i в k -му рядку, l – кількість правил в базі; $x_i, i = \overline{1, n}$ – вхідні чіткі змінні, y – вихідна змінна; $b_k \in [0, 1], k = \overline{1, l}$ – чіткі значення. Число правил в базі $l = m^n$, де $m = 4$ – число терм-оцінок для кожної змінної, а n – кількість вхідних змінних x_i .

Тобто у якості передумови (або антецеденту) виступає складений нечіткий вислів, а в якості консеквенту кожного правила виступають чіткі значення $b_k \in [0, 1]$, що задаються експертами.

Наступним кроком формування системи нечіткого виведення є фазифікація, або приведення до нечіткості. Під приведенням до нечіткості розуміють відображення лінгвістичних змінних на множину відповідних чітких вхідних параметрів x_i шляхом задання функцій приналежності. Одним зі шляхів формування функцій приналежності є метод аналізу ієрархій (МАІ), що було запропоновано Т. Сааті [9]. У відповідності до МАІ для кожної терм-оцінки a_{ij} ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, 4}$) за допомогою експертного оцінювання складається матриця $A_{ij} = \{\alpha_{pq}\}_{ij}$ ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, 4}, p, q = \overline{1, m_{ij}}$, де m_{ij} – кількість контрольних інтервалів для кожної терм оцінки a_{ij}). Перевага одного критерію (в нашому випадку перевага однієї лінгвістичної змінної) над іншим оцінюється за 9-бальною шкалою.

$$\alpha_{pq} = \begin{cases} 1 \Rightarrow x_p \text{ та } x_q \text{ мають рівну важливість,} \\ 3 \Rightarrow x_p \text{ має незначну перевагу над } x_q, \\ 5 \Rightarrow x_p \text{ має суттєву перевагу над } x_q, \\ 7 \Rightarrow x_p \text{ має значну перевагу над } x_q, \\ 9 \Rightarrow x_p \text{ має дуже сильну перевагу над } x_q. \end{cases}$$

Кожний елемент будь-якої матриці $A = \{\alpha_{pq}\}$, таким чином, оцінює відношення невідомих значень функцій приналежності, тобто

$\alpha_{pq} = \frac{\mu_{a_{ij}}(x_p)}{\mu_{a_{ij}}(x_q)}$, де $p, q = \overline{1, m_{ij}}$. Маємо матрицю

$$A_{ij} = \{\alpha_{pq}\}_{ij} = \begin{pmatrix} \frac{\mu_{a_{ij}}(x_1)}{\mu_{a_{ij}}(x_1)} & \frac{\mu_{a_{ij}}(x_1)}{\mu_{a_{ij}}(x_2)} & \dots & \frac{\mu_{a_{ij}}(x_1)}{\mu_{a_{ij}}(x_n)} \\ \frac{\mu_{a_{ij}}(x_2)}{\mu_{a_{ij}}(x_1)} & \frac{\mu_{a_{ij}}(x_2)}{\mu_{a_{ij}}(x_2)} & \dots & \frac{\mu_{a_{ij}}(x_2)}{\mu_{a_{ij}}(x_n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\mu_{a_{ij}}(x_n)}{\mu_{a_{ij}}(x_1)} & \frac{\mu_{a_{ij}}(x_n)}{\mu_{a_{ij}}(x_2)} & \dots & \frac{\mu_{a_{ij}}(x_n)}{\mu_{a_{ij}}(x_n)} \end{pmatrix}.$$

Кожна з матриць $A = \{\alpha_{pq}\}$ має декілька властивостей:

$$\alpha_{pq} = \frac{\mu_a(x_p)}{\mu_a(x_q)} = \frac{1}{\alpha_{qp}}, \quad (2)$$

$$\alpha_{pp} = 1, \quad (3)$$

$$\alpha_{pq}\alpha_{qs} = \frac{\mu_a(x_p)\mu_a(x_q)}{\mu_a(x_q)\mu_a(x_s)} = \frac{\mu_a(x_p)}{\mu_a(x_s)} = \alpha_{ps}, \quad (4)$$

де $p, q, s = \overline{1, m_{ij}}$, де m_{ij} – кількість контрольних інтервалів для кожної терм оцінки a_{ij} . Таку матрицю називають зворотно симетричною та узгодженою.

Для отримання ступеней приналежності нечіткій множині необхідно визначити власний вектор матриці. В [9] запропоновані наближені методи розв'язання даної задачі для матриць, що мають властивості (2-4).

Скористаємось методом, в якому першим кроком для оцінки власного вектора є розрахунок середнього геометричного для кожного рядку матриці, а другим – нормування отриманого значення діленням на максимальний елемент, тобто остаточні значення вектору дорівнюють:

$$\mu_{a_{ij}}(x_p) = \frac{\sqrt[m_{ij}]{\prod_{k=1}^{m_{ij}} \alpha_{ik}}}{\max \sqrt[m_{ij}]{\prod_{k=1}^{m_{ij}} \alpha_{ik}}} . \quad (5)$$

У разі, коли антецедентна частина являє собою складений нечіткий вислів, необхідно провести процедуру агрегування підумов, тобто визначення ступеня істинності умови по кожному із правил системи (1). При цьому використовуються отримані на попередньому кроці значення функцій приналежності (5) термів лінгвістичних змінних, що входять до антецедентної частини нечітких продукційних правил системи (1). Будемо розглядати нечітке логічне «і» для двох елементарних висловів у відповідності до визначення по Заде [6] як $\omega \wedge \vartheta = \min\{\omega, \vartheta\}$, де ω і ϑ – нечіткі висловлювання. Таким чином агрегована умова λ_k розраховується за правилом:

$$\lambda_k = \left(\mu_{a_{ik_1}}(x_1) \in a_{1k_1} \right) \wedge \dots \wedge \left(\mu_{a_{ik_i}}(x_i) \in a_{1k_i} \right) \wedge \dots \wedge \left(\mu_{a_{ik_n}}(x_n) \in a_{1k_n} \right) = \bigwedge_{i=1}^n \min \left\{ \mu_{a_{ik_i}}(x_i) \right\} .$$

Дефазифікація вихідної лінгвістичної змінної, тобто отримання чіткого значення, проводиться за допомогою дискретного аналогу формули пошуку центру ваги [7]:

$$y = \frac{\sum_{k=1}^l \lambda_k \cdot b_k}{\sum_{k=1}^n \lambda_k} .$$

Для вербального аналізу отриманих результатів можна скористатися вербально-чисельною шкалою Харрінгтона [10] та визначити ступінь впливу у термах «відмінна якість» (ВЯ), «хороша якість» (ХЯ), «середня якість» (СЯ), «задовільна якість» (ЗЯ) і «незадовільна якість» (НЯ), чисельні значення якого надані в таблиці 1.

Таблиця 1

Співвідношення між кількісною та якісною оцінкою

Кількісна оцінка	1,00-0,8	0,8-0,63	0,63-0,37	0,37-0,2	0,2-0
Якісна оцінка	ВЯ	ХЯ	СЯ	ЗЯ	НЯ

Висновки: Запропоновано підхід до оцінки якості упаковки, що заснований на використанні методів нечіткого логічного виведення. Цей метод включає в себе 4 етапи: розробка бази нечітких продукційних правил, приведення до нечіткості, нечітка імплікація та дефазифікація (отримання чіткого значення). У разі потреби у статті запропоновано отримання вербального (якісного) еквіваленту розрахованого кількісного значення.

Список літератури

1. Глобальная стратегия ВОЗ в области безопасности пищевых продуктов [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42559/9241545747.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. (ISO 9000:2015 IDT). К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 45 с.
3. Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів : Закон України від 6 грудня 2018 р. № 2639-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2019. – № 7. – Ст. 47.
4. Гличев А. В. Основы управления качеством продукции. – М. : АМИ, 1998. – 356 с.
5. Штурм Р. Теория вероятности. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М. : Мир, 1970. – 368 с.
6. Zadeh L. A. Fuzzy sets / L. A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Т. 8. – №. 3. – С. 338-353.
7. Terano T. Applied fuzzy systems. / T. Terano, K. Asai, M. Sugeno – Academic Press, 2014. – 301 с.
8. Підхід до кількісної оцінки впливу в'їзного туризму на економіку країни / Ю. Є. Мегель, С. М. Коваленко, С. В. Коваленко, О. Д. Міхнова // Системи обробки інформації. – 2019. – № 3(158). – С. 65-72.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
10. Bezhentseva T. V. Formation of system of indicators for evaluation of environmental activities / T. V. Bezhentseva, N. N. Aleksandrova, E. G. Matyus // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 451. – №. 1. – С. 1-8.

Аннотация

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА УПАКОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ОСНОВАННЫЙ НА НЕЧЕТКОМ ЛОГИЧЕСКОМ ВЫВОДЕ

В статье предложен подход к оценке качества упаковки пищевых продуктов, основанный на применении системы нечеткого логического вывода. Указанный подход позволяет проводить оценку качества продукции любой природы.

Abstract

AN APPROACH TO ASSESSING THE QUALITY OF FOOD PACKAGING BASED ON FUZZY INFERENCE

An approach to assessing the quality of food packaging, based on the fuzzy inference system, is proposed in the paper. This approach allows us to assess the quality of products of any nature.

УДК 664.7.004.12:633.111

КРУП'ЯНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ

Любич В.В., д.с.-г.н., доц.

(Уманський національний університет садівництва)

Встановлено, що загальна оцінка каші з крупи пшениці може змінюватися від 64 до 100 % від максимального показника шкали оцінювання. На вихід крупи цілої найбільше впливає вміст ендосперму в зернівці. Високі круп'яні властивості має зерно сортів пшениці м'якої озимої Емеріно, Паннонікус, Ужинок, Суасон, Подолянка та інтрогресивна лінія НАК 61/12: вміст ендосперму становить 84,4–87,2 %, загальна оцінка каші – 8,2–9,0 бала.

Постановка задачі. Якість зерна, вирощуваного в Україні, традиційно не відповідає встановленим вимогам. Так, у 2015 р. з 25 млн т зерна пшениці лише п'ята частина відповідає борошномельним кондиціям. Зерно, непридатне для хлібопекарського виробництва, може використовуватись для отримання круп'яних продуктів, яких за останні десять років в Україні вироблялося 352 тис. т/рік [1].

Технологічні властивості залежать від структури зерна, вмісту анатомічних частин, особливостей мікроструктури ендосперму й