

Профессор С.В. Бухарин, аспирант А.В. Иванченко,
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем,
тел. (4732) 255-38-75

доцент А.В. Мельников
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных технологий, моделирования и управления, тел. (4732) 255-25-50

Определение комплексного показателя качество-цена готовой продукции на примере пищевого производства

Предложен комплексный показатель качество-цена хлебобулочных изделий. Сравниваются между собой различные образцы продукции.

The complex indicator quality-price of bakery products is offered. Various product samples are compared among themselves.

Ключевые слова: показатель качества, метод анализа иерархий, хлебобулочные изделия.

Актуальной задачей как для производителя товаров, так и для покупателя является оценка справедливой, т.е. рыночной цены, сложившейся при взаимодействии спроса и предложения на рынке идентичных или однородных товаров (работ, услуг) в сопоставимых экономических условиях [1].

Проведем оценку однородности в готовой продукции пищевых производств на примере изготовления хлебобулочных изделий. С точки зрения потребителя важными показателями качества являются внешний вид, форма, цвет продукта и др. Поэтому не случайно, что контролю этих признаков готовой продукции уделяется серьезное внимание [2].

Приведем далее традиционно используемые показатели качества хлеба. Качество хлеба, как и любого пищевого продукта, является понятием комплексным, охватывающим целый ряд его признаков [3].

Качество хлеба оценивают по органолептическим и физико-химическим показателям. Органолептические показатели определяются при осмотре и дегустации хлеба и хлебобулочных изделий.

Внешний вид, прежде всего, определяется формой изделия. Она должна быть правильной, соответствующей данному сорту хлеба. Подовые изделия не должны быть расплывшимися, иметь боковые выплывы. Для большинства подовых изделий не допускаются «притиски», с которых легко начинается плесневение мякиша. Формовые изделия имеют

несколько выпуклую верхнюю корку без боковых наплывов. В реализацию не допускают изделия мятые или деформированные вследствие небрежного обращения с хлебом.

Поверхность изделий должна быть гладкой, блестящей, без крупных трещин и подрывов, не загрязненной. Окраска корок должна быть равномерной, не бледной и не подгоревшей. Для многих видов изделий нормируется также толщина корок (для ржаных и ржано-пшеничных — до 3-4 мм, пшеничных — до 1,5-3 мм).

Состояние мякиша - важный показатель качества хлеба. Хлеб хорошего качества имеет равномерную мелкую тонкостенную пористость, без пустот и признаков закала (не разрыхленных участков мякиша). В нем нет посторонних включений в виде неразмешанных комочков муки или случайно попавших предметов (щепок, обрывков шпагата и т. п.). Мякиш свежего хлеба мягкий, хорошо пропеченный, не липкий и не влажный на ощупь, эластичный, после легкого надавливания пальцем принимает первоначальную форму. У черствого хлеба появляются жесткость, крошковатость.

Физико-химические показатели качества характеризуют строгое соблюдение рецептуры и ведения технологического процесса хлебопекарными предприятиями [3]. Для большинства изделий такими показателями являются влажность, кислотность и пористость. В улучшенных и сдобных изделиях дополнительно определяют содержание жира и сахара.

Влажность установлена стандартами на определенном, оптимальном для данного из-

делия, уровне, зависит от силы муки и рецептуры хлеба и в определенной степени связана с питательной ценностью, так как при увеличении влажности доля питательных веществ уменьшается. Влажность хлеба должна составлять (в процентах): у пшеничного простого и улучшенного — 42-48, у сдобных изделий — 34-42; у хлеба из ржаной муки — 45-51.

Кислотность до некоторой степени характеризует вкусовые достоинства хлеба. Недостаточно и излишне кислый хлеб неприятен на вкус. Кислотность хлеба (как и муки) выражается градусами Неймана ($^{\circ}\text{H}$) и составляет (в $^{\circ}\text{H}$): у изделий из пшеничной сортовой муки — 2-5; из ржаной — 6-12. Пористость хлеба показывает процентное отношение объема пор к общему объему мякиша. С пористостью хлеба связана его усвояемость. Хорошо разрыхленный хлеб с равномерной мелкой тонкостенной пористостью легко разжевывается и пропитывается пищеварительными соками и

поэтому полнее усваивается. Пшеничный хлеб из сортовой муки имеет пористость 60-75 %, из ржаной — 46-60 %.

В улучшенных и сдобных изделиях нормируется содержание жира и сахара, соблюдение норм гарантируется поставщиком. В спорных случаях эти показатели определяют соответствующими методами. Отклонения в меньшую сторону допускаются по жиру не более чем на 0,5-1 %, по сахару — на 1-2 %.

Первым этапом экспертизы хлебобулочных изделий является анализ обычно применяемых показателей качества хлеба и разделение их на подмножества количественных признаков, качественных признаков, признаков наличия, признаков психофизиологической природы и т.д. Приведем далее традиционно используемые показатели качества хлеба и выберем для них соответствующие обозначения признаков (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Выделенные признаки экспертизы x_i хлебобулочных изделий

Органолептические показатели					Физико-химические показатели		
Вкус и аромат	Внешний вид	Поверхность изделий	Окраска корок	Состояние мякиша	Влажность	Кислотность	Пористость
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8

Введенные выше признаки могут быть кластеризованы следующим образом. Первые пять из них $x_1 - x_5$ являются качественными признаками, и их значения определяются путем усреднения балльных оценок по группе экспертов. Последние три из них $x_6 - x_8$ являются количественными признаками отрицательного эффекта (ПОЭ), однако их природа отличается от обычных ПОЭ. Действительно, для этих признаков задаются диапазоны допустимых отклонений от номинальных значений $x_{j, \text{ном}}$. Так, для пшеничного хлеба из сортовой муки влажность 42-48%, кислотность 2-5 градуса Неймана, пористость — 60-75%.

Назовем последние признаки $x_6 - x_8$ признаками отклонений и охарактеризуем особенности их нормировки. В отличие от обычно рассматриваемых признаков экспертизы, значения отклонений могут быть не только положительными, но и отрицательными. Поэтому вместо обычно используемой при учете влияния ПОЭ функции вида $f(1/x_j)$ (например, функции цены) необходимо

применить функцию вида $f[1/|x_j - x_{j, \text{ном}}|]$.

В связи с выделением упомянутых подмножеств признаков, необходимо модифицировать обычно применяемое выражение для обобщенного показателя «качество-цена» [4].

Рассмотрим мультипликативную модель детерминированного комплексного показателя качество-цена:

$$J = J_{\text{кач}} \cdot J_{\text{цены}}, \quad (1)$$

Модифицируем показатель (1) применительно к данной задаче и получим следующую упрощенную формулу:

$$J_{\text{кач}} = \left[\hat{V}_{\text{кач}} \frac{\sum_l V_{l, \text{кач}} \hat{x}_{l, \text{кач}}}{\sum_l V_{l, \text{кач}}} + \hat{V}_{\text{кол}} \frac{\sum_j V_{j, \text{кол}} \hat{x}_{j, \text{кол}}}{\sum_j V_{j, \text{кол}}} \right] \cdot J_{\text{цены}} = \left[\frac{\hat{P}(x_{\text{цены}})}{\hat{V}_{\text{кач}} + \hat{V}_{\text{кол}}} \right], \quad (2)$$

где $\hat{V}_{\text{кол}}$, $\hat{V}_{\text{нал}}$, $\hat{V}_{\text{кач. пр.}}$ — групповые весовые коэффициенты, определяющие предпочтительность количественных признаков, признаков наличия и качественных признаков соот-

ответственно; множества $\{V_j, V_i, V_l\}$ определяют векторы приоритетов, т.е. относительный вклад отдельных признаков (частных критериев); $\hat{P}(x_{\text{цены}})$ — нормированная функция цены.

Приведем далее правила нормировки качественных признаков, признаков отклонений и признака цены последовательно.

1. Нормировка качественных признаков. Эти признаки оцениваются группой экспертов в баллах по пятибалльной шкале и усредняются по группе экспертов. Операция усреднения отражается верхней чертой над обозначением соответствующего признака в формуле (2).

Для того чтобы обеспечить однородный вклад различных слагаемых во взвешенную сумму (2), необходимо привести их значения к единому диапазону. Для этого введем следующую нормировку:

$$\hat{x}_j = \frac{x_j}{x_{j, \text{баз}}}, \quad j=1,2,\dots,m, \quad (3)$$

где знаменатель — максимальное значение признака по всем K объектам

$$x_{j, \text{баз}} = \max_k x_j^{(k)}, \quad k=1,2,\dots,K. \quad (4)$$

Нормированные таким образом значения признаков принадлежат единичному интервалу $\hat{x}_j \in [0, 1]$, $\forall j$. Применительно к процедуре пятибалльного оценивания можно принять $x_{j, \text{баз}} = 5$.

2. Нормировка признаков отклонений. Признаки отклонений являются признаками отрицательного эффекта, при увеличении которых происходит уменьшение комплексного показателя (2). Поэтому для выбора наилучшего объекта экспертизы требуется уменьшение или ограничение вклада соответствующих слагаемых в показатель J . Как указывалось выше, для учета таких признаков необходимо ввести функцию вида $f[1/|x_j - x_{j, \text{ном}}|]$.

Для расчетов введем промежуточную переменную $\tilde{x}_i$, учитывающую степень отклонения признака от среднего допустимого значения:

$$\tilde{x}_i = \left| \frac{x_i - x_{i, \text{ср}}}{x_{i, \text{ср}}} \right| + 0,1, \quad (5)$$

где $x_{i, \text{ср}}$ — среднее значение диапазона допустимых изменений показателя; 0,1 — слагае-

мое, учитывающее относительную погрешность измерений.

В отличие от формулы (4) выберем в качестве базового объекта для сравнения с другими объектами экспертизы объект с минимальным значением признака по группе сравниваемых объектов:

$$\tilde{x}_{j, \text{баз}} = \min_k \tilde{x}_j^{(k)}, \quad k=1,2,\dots,K. \quad (6)$$

Тогда превышение значения j -го признака для k -го объекта над базовым значением (6) будет характеризоваться нормированным признаком:

$$\hat{x}^{(k)}_j = \frac{\tilde{x}_{j, \text{баз}}}{\tilde{x}_j^{(k)}}. \quad (7)$$

Значения признаков отклонений и результаты их нормировки приведены в трех последних столбцах таблицы 2.

3. Функция цены. Цена объекта является признаком отрицательного эффекта, и для ее нормировки используем формулу:

$$\hat{P}^{(k)} = \frac{P_{\text{баз}}}{P^{(k)}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{баз}}$ — минимальная цена по группе сравниваемых объектов, $P^{(k)}$ — цена k -го объекта экспертизы.

Нечетко-множественная мультипликативная модель комплексного показателя «качество-цена» согласно работе [5] имеет вид:

$$J^{(\mu)} = J^{(\mu)}_{\text{кач}} \times J^{(\mu)}_{\text{цены}}, \quad (9)$$

Модифицируем показатель (9) применительно к нашей задаче аналогично тому, как это было сделано для детерминированного показателя качество-цена (2):

$$J^{(\mu)}_{\text{кач}} = \left[\hat{V}_{\text{кач}} \frac{\sum_l V_{l, \text{кач}} \mu_X(\hat{x}_l) \hat{x}_{l, \text{кач}}}{\sum_l V_{l, \text{кач}}} + \hat{V}_{\text{кол}} \frac{\sum_j V_{j, \text{кол}} \mu_X(\hat{x}_j) \hat{x}_{j, \text{кол}}}{\sum_j V_{j, \text{кол}}} \right] \cdot (10)$$

$$J^{(\mu)}_{\text{цены}} = \left[\frac{\mu_P(\hat{P}) \hat{P}(x_{\text{цены}})}{\hat{V}_{\text{кач}} + \hat{V}_{\text{кол}}} \right]$$

где $\mu_A(\hat{x}_j), \mu_A(\hat{x}_i), \mu_A(\tilde{x})$ — функции принадлежности множеств допустимых значений количественных признаков, признаков наличия и качественных признаков, соответственно; $m_{\text{нал}}$ — общее число признаков наличия.

Введенные выше нормировки признаков (3), (7) имеют большое методическое значение. При этом все нормированные признаки изменяются в диапазоне $[0, 1]$, и для всех этих признаков может быть выбрана единая функция принадлежности. Для случая односторонней трапециoidalной функции ее форма задается характеристическим T -множеством $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$. Выберем в нашей задаче единую форму функции принадлежности с характеристическим множеством $T = \{0,2; 0,8; 1,0; 1,0\}$.

Далее представлено определение весовых коэффициентов качественных признаков методом анализа иерархий. Учитывая относительную важность качественных признаков (таблица 1), составим матрицу парных сравнений, следуя методике [5]:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 3 & 5 \\ 0,5 & 1 & 1,5 & 1,5 & 2,5 \\ 0,33 & 0,67 & 1 & 1 & 1,5 \\ 0,33 & 0,67 & 1 & 1 & 1,5 \\ 0,2 & 0,4 & 0,67 & 0,67 & 1 \end{pmatrix}.$$

При построении матрицы A было принято, что наиболее значимым признаком является вкус и аромат изделия (ранг равен 1), несколько менее значимым — внешний вид (ранг равен 2), наименее значимым — состояние мякиша (ранг равен 5).

Определим собственные числа матрицы A из уравнения:

$$AV = \lambda V, \quad (11)$$

где V - искомый вектор весовых коэффициентов. Расчеты показывают, что максимальное собственное число матрицы $\lambda_{\max} = 5,002$. Индекс согласованности $ИС = 0,001$, отношение согласованности $ОС = 0,001$. Итак, сформированная матрица A оказалась хорошо согласованной.

Определим собственные векторы матрицы парных сравнений и, разделив первый собственный вектор на сумму его элементов 1,924, получим нормированный вектор приоритетов качественных признаков:

$$V_{\text{кач}} = (0,424 \ 0,212 \ 0,138 \ 0,138 \ 0,088)^T \quad (12)$$

Проведем определение весовых коэффициентов признаков отклонений методом анализа иерархий. Учитывая относительную важность признаков отклонений (таблица 1), составим матрицу парных сравнений:

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 0,33 & 1 & 1,5 \\ 0,2 & 0,5 & 1 \end{pmatrix}.$$

При построении матрицы B было принято, что наиболее значимым признаком является влажность изделия (ранг равен 1), несколько менее значимым — кислотность (ранг равен 3), наименее значимым — пористость (ранг равен 5).

Определим собственные числа матрицы B из уравнения (11). Расчеты показывают, что максимальное собственное число матрицы $\lambda_{\max} = 2,909$. Определим собственные векторы матрицы парных сравнений B :

$$\text{eigenvecs}(B) = \begin{pmatrix} 0,937 & 0,984 & 0,344 \\ 0,301 & -0,128 & 0,777 \\ 0,177 & -0,128 & -0,526 \end{pmatrix}.$$

Разделив первый собственный вектор на сумму его элементов 1,415, получим нормированный вектор приоритетов количественных признаков отклонений:

$$V_{\text{кол}} = (0,662 \ 0,213 \ 0,125)^T. \quad (13)$$

Ниже приведен расчет обобщенного показателя качества. В таблице 2 представлены значения признаков x_i , нормированных признаков $\hat{x}_i$, произведений функций принадлежности и нормированных признаков $\mu_A \hat{x}_i$ при трапециoidalном задании функции принадлежности с характеристическим множеством $T = \{0,2; 0,8; 1,0; 1,0\}$.

Т а б л и ц а 2

Обобщенные показатели качества сравниваемой продукции

Признаки		Батон «Воронежский»			Батон «Городской»		
1	2	3	4	5	6	7	8
№	Наименование признаков	x_i	$\hat{x}_i$	$\mu_A \hat{x}_i$	x_i	$\hat{x}_i$	$\mu_A \hat{x}_i$
Органолептические показатели							
1	Вкус и аромат	4,8	0,96	0,96	4,3	0,86	0,86
2	Внешний вид	3,8	0,76	0,71	3,2	0,64	0,49
3	Поверхность изделия	3,6	0,72	0,62	3,8	0,76	0,71

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Окраска корок	3,3	0,66	0,51	4,0	0,80	0,80
5	Состояние мякиша	3,5	0,70	0,58	3,4	0,68	0,55
	Взвешенная сумма качественных признаков	—	детерм. 0,82	нечетко-множ. 0,76	—	детерм. 0,77	нечетко-множ. 0,72
Физико-химические показатели							
6	Влажность, %	52	1,00	1,00	57	0,57	0,35
7	Кислотность, °Н	5,1	1,00	1,00	5,7	0,76	0,71
8	Пористость, %	44	0,76	0,71	51	1,00	1,00
9	Взвешенная сумма	—	0,97	0,96	—	0,67	0,51
10	Функция цены	17	0,88	0,88	15	1,00	1,00
	Обобщенный показатель качество-цена	—	детерм. 0,77	нечетко-множ. 0,75	—	детерм. 0,72	нечетко-множ. 0,62

Взвешенные суммы признаков и обобщенный показатель качества рассчитаны по формулам (2), (10) с учетом найденных весовых коэффициентов (12), (13). Функция цены определялась с учетом стоимости изделий 17 и 15 руб. соответственно.

На основании проведенной экспертизы хлебобулочных изделий можно сделать следующие выводы:

1. Использование принципа разделения признаков на качественные и признаки отклонений позволяет обеспечить большую объективность экспертизы, чем сравнение объектов экспертизы «в целом».

2. Введенные выше обобщенные показатели качества (2), (10) служат основой эффективного учета количественных, качественных и стоимостных характеристик объектов экспертизы.

3. Нечетко-множественный обобщенный показатель качества более чувствителен к различию свойств объектов экспертизы, чем его детерминированный аналог.

ЛИТЕРАТУРА

1 Быков, В. А. Определение цены сделки в целях налогообложения [Текст] / В. А. Быков // Бухгалтерский учет. - 2001. - № 3. - С. 66-69.

2 Битюков, В. К. Автоматизированная система контроля качества цвета хлебобулочных изделий [Текст] / В. К. Битюков, А. А. Хвостов, Д. И. Ребриков и др. // Вестник ВГТА. — 2011. — № 2. — С. 25-32.

3 Пономарева, Е. Комплексная оценка качества хлебобулочных изделий [Текст] / Е. Пономарева, М. Чурилов, О. Воропаева и др. // Хлебопродукты. — 2008. — № 3. — С. 23-27.

4 Бухарин, С. В. Многокритериальная экспертиза ERP-систем с учетом стоимостно-внедренческих характеристик [Текст] / С. В. Бухарин, А. В. Мельников // Вестник Воронежского института МВД России. – 2011. – № 3. — С. 135-143.

5 Дилигенский, Н. В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология [Текст] / Н. В. Дилигенский, Л. Г. Дымова, П. В. Севастьянов. — М.: Издательство Машиностроение-1, 2004. — 397 с.

REFERENCES

1 Bykov, V. A. Determination of transaction prices for tax purposes [Text] / V. A. Bykov // Accounting. - 2001. - № 3. - P. 66-69.

2 Bityukov, V. K. Automated quality control system color bakery [Text] / V. K. Bityukov, A. A. Hvostov, D. I. Rebrikov et al // Bulletin of VSTA. - 2011. - № 2. - P. 25-32.

3 Ponomareva, E. Comprehensive assessment of the quality of bakery products [Text] / E. Ponomarev, M. Churylov, O. Voropaeva et al // Bakery. - 2008. - № 3. - P. 23-27.

4 Bukharin, S. V. Multicriterial examination of ERP-systems, taking into account the cost-promotional characteristics [Text] / S. V. Bukharin, A. V. Melnikov // Bulletin of the Voronezh institute of MIA of Russia. - 2011. - № 3. - P. 135-143.

5 Diligensky, N. V. Fuzzy modeling and multi-objective optimization of production systems in the face of uncertainty: technology, economics, ecology [Text] / N. V. Diligensky, L. G. Dimov, P. V. Sevastyanov. – M.: Mashinosroenie-1, 2004. - 397 p.