

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Ольга Лыса, Богдан Стадник

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Olga Lysa, Bohdan Stadnyk

Lviv National Agrarian University

Аннотация. В работе предложена единая оценка уровня качества пищевой продукции. Качество пищевой продукции, как объект оценивания характеристик химического состава, отображено целевой функцией, которая зависит от отдельных характеристик продукции, которые могут быть определены экспериментально. Многокритериальная модель оценки качества пищевой продукции сведена к задаче оптимизации с заданной целевой функцией, комплексно учитывающей все показатели качества, и нечетко описанными нужными характеристиками продукции.

Ключевые слова: целевая функция, нечеткое множество, квалиметрия, линейное программирование.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На современном этапе развития рыночной экономики Украины важной задачей является создание качественной продукции. Согласно ДСТУ ISO 9000:2007 [1], качество продукции – степень, в которой совокупность собственных характеристик продукции удовлетворяет требованиям. Для изготовления качественной пищевой продукции, которая бы удовлетворяла требованиям потребителей, нужно качественное сырье. А на сегодняшний день при производстве сельскохозяйственной продукции аграрные формирования используют различные химические вещества (минеральные удобрения синтетического происхождения, пестициды, гербициды). Пищевая и перерабатывающая промышленность также используют различные пищевые добавки. Все это способствует ухудшению качества пищевой продукции, которая может представлять угрозу для потребителей. Такая продукция имеет худшие вкусовые качества по сравнению с органической продукцией, в ней имеются вредные примеси (в частности нитраты, тяжелые ме-

таллы, остатки пестицидов, гербицидов, аллергенных компонентов), которые негативно влияют на организм человека и на окружающую среду. Однако исключить полностью химические вещества из технологического цикла производства и переработки пищевой продукции и заменить их органическими веществами достаточно сложно. Поэтому существует необходимость разработки комплексной системы количественной оценки качества пищевой продукции как направление квалиметрии.

Пищевая продукция - специфический объект исследования. С начала производства и до поступления к потребителю она проходит довольно много этапов. И при оценке качества продукции необходимо проанализировать влияние всех веществ на различных этапах её производства.

При этом возникают проблемы теоретического, метрологического и нормативно-методологического характера. Анализ и методы решения этих проблем обусловили тематику и актуальность данной статьи.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросами качества вообще и вопросами качества продукции, воды и их безопасности для потребителей занимается большое количество ученых. В частности, вопросам качества воды посвящены работы [16, 17]. В работе [4] авторами предлагается производить только органическую пищевую продукцию, то есть без пестицидов, минеральных удобрений синтетического происхождения, с использованием органических удобрений и осуществлением защиты растений препаратами натурального происхождения. Однако выпуск такой продукции связан со значительными затратами.

В работе [5] исследуется влияние условий и длительности хранения на качество зерна

ячменя, в частности на содержание белка и крахмала в различных сортах зерна ячменя. Для использования в пивоварении, необходимо, чтобы характеристики зерна были в определенных пределах, в частности содержание белка должно составлять 9-12% суховещества. С точки зрения оценки качества зерна ячменя целесообразно установить функциональную зависимость между количеством белка, крахмала, минеральных веществ в различных сортах ячменя.

В работе [6] рассматривается влияние применения удобрений и предпосевной бактериализации на урожайность и качественные показатели яровой пшеницы. Исследуется влияние азотных удобрений на содержание белка и «сырой» клейковины в зерне, ИДК, фракционный состав белков зерна, ВПЗ, разрыхленность, валометрическую оценку, упругость. Установлено, что производительность является интегральным показателем, который отражает условия минерального питания. При удобрении азотными удобрениями возрастает содержание белка и клейковины в зерне. Однако не исследовано влияние удобрений на все качественные показатели пшеницы в комплексе, не установлены взаимозависимости, в частности не установлены соотношения между количеством белка, клейковины и нитратами. А система НАССР [10] требует систематически идентифицировать и контролировать степень риска, влияющую на безопасность пищевых продуктов на протяжении всей цепи производства.

В работе [7] показана целесообразность систем удобрения на повышение качества зерна. В работе [8] исследовано влияние систем удобрения на качество овощной продукции с точки зрения содержания в ней нитратов. Однако на качество продукции овощеводства влияют не только нитраты, но и содержание в овощах витаминов на 100г сырой массы, содержание белков, жиров, углеводов, клетчатки, органических кислот, содержание минеральных веществ, наличие токсичных элементов. Очевидно, что эти показатели целесообразно было бы проанализировать в комплексе, чтобы оценить качество овощей в целом.

В работе [9] исследована зависимость содержания белка и стекловидности от норм внесения азотных удобрений. Положитель-

ным является то, что установлена зависимость между содержанием белка и стекловидности, но целесообразно эту зависимость дополнить другими показателями качества, установить многофакторные зависимости качественных характеристик зерна.

В работе [11] исследовано влияние минеральных удобрений на качество зерна. На основании опытов установлено оптимальное соотношение доз минеральных удобрений (если азотных удобрений вносят много, то это ухудшает качество зерна). В этой работе опять же наблюдается изучение влияния только одного фактора на качество зерна.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что качественная пищевая продукция должна соответствовать комплексу различных характеристик. Причем разные характеристики имеют различное влияние на качество продукции. Целесообразно установить взаимозависимости между различными характеристиками продукции, используя данные опытов выращивания продукции при различных условиях. Задачу создания качественной продукции можно свести к задаче оптимизации. Такая идея уже была выдвинута в работе [12]. Однако автор ограничивался рассмотрением оптимизации показателя качества продукции в условиях определенности. Чтобы продукция была качественной её характеристики не должны иметь какое-то одно определенное значение, а находиться в определенном диапазоне, не превышать определенный предел или быть больше определенного предела.

В реальности понятие качественной пищевой продукции определяется неконкретными числовыми показателями определенных ее характеристик, а принадлежности значений характеристик продукции к определенному интервалу. Так, например, для поздней капусты имеются следующие требования к качеству: содержание сухого вещества должно быть не менее 9-10%, содержание углеводов - не менее 5-6%, содержание витамина С – не менее 40-50 мг на 100 г суховещества, содержание нитратов – не более 400 мг/кг.

Качество продукции является предметом изучения квалиметрии. Квалиметрические измерения состоят в общем из двух моментов [13]:

1. Измерение характеристик продукции (экспериментальный этап);

2. Оценка качества продукции на основании полученных характеристик (этап обработки результатов измерения).

На сегодняшний день можно с нужной точностью определить отдельные характеристики продукции. Для этого существует методологическое обеспечение измерения, инструментальная база. Однако практически отсутствует методологическое обеспечение комплексной оценки качества продукции, которая бы учитывала все аспекты производства и хранения пищевой продукции.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы - получить единую оценку уровня качества пищевой продукции. Основными задачами в части оценки качества продукции, по мнению автора, являются:

- Построение многокритериальных моделей оценки качества продукции;
- Введение нечетких описаний характеристик продукции на основании нечетких множеств;
- Приведение оптимизации в условиях неопределенности с нечеткими ограничениями и нечеткими коэффициентами к задаче линейного программирования.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Пищевая сельскохозяйственная продукция - это специфический вид продукции, качество которой необходимо оценивать и по характеристикам химического состава, и по характеристикам товарного качества. Товарное качество сельскохозяйственной продукции (например, вес единицы продукции, плотность головки капусты, высоту внешнего кочана капусты и др.) можно оценивать по совокупности относительных показателей [16]. Качество пищевой продукции, как объект оценивания характеристик химического состава, должна отражаться целевой функцией, которая зависит от отдельных характеристик продукции, учитывающих различные свойства продукции, и могут быть определены (измерены) экспериментально. Максимальное значение целевой функции соответствует лучшему варианту продукции. На этом этапе проблемой является составление

целевых функций. В принципе, построение целевой функции зависит от тех характеристик продукции, которые хочет потребитель и для какой цели продукция будет использоваться, то есть цели оценивания специфических свойств продукции, этапов и условий производства и жизненного цикла продукции. Кроме того необходимо учитывать действие процесса производства продукции и действие самой продукции на окружающую среду, то есть показатели экологичности продукции.

Качество продукции определяется совокупностью ее характеристик, которые могут быть измерены. Для систематизации этих характеристик с целью получения пищевой продукции нужного качества целесообразно строить многокритериальные модели выбора; вводить нечеткие описания, используя теорию нечетких множеств. В данном случае следует использовать теорию нечетких множеств, потому, что цели, ограничения, критерии выбора точно не определены. Используя нечеткие отношения можно моделировать постепенное изменение свойств и установить неизвестные функциональные зависимости присущие разным биологическим и технологическим процессам. Их используют там, где сложно применить количественные методы с четко определенными коэффициентами и ограничениями. Теория нечетких множеств является результатом обобщения многозначной логики, теории вероятности, математической статистики и дискретной математики. Именно наличие математических средств (теория матриц, теория графов, функции распределения, n -значная логика Поста), которые отражают нечеткую входную информацию и определяют методы обработки полученных экспериментальных данных, дают возможность построить математическую модель процесса оценивания качества продукции, который бы с заданной точностью отражала реальность.

Анализ сложных квалиметрических систем, построенный с использованием теории нечетких множеств, позволяет корректно описать состояние продукции и сравнить ее с базовой продукцией.

Нечеткое множество \tilde{A} определяем через базовую шкалу X и функцию принадлежности $\mu_{\tilde{A}}(x)$. Функция принадлежности прини-

мает значение интервале [0;1]. Нечеткое множество \tilde{A} – это совокупность пар вида [14]:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)), x \in X\}. \quad (1)$$

В случае, если базовая шкала дискретная и конечная, т.е. $X = \{x_i\}_{i=1}^n$, то нечеткое множество можно записать так:

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}, \quad (2)$$

где: x_i – i -те значение базовой шкалы.

Функция принадлежности $\mu_{\tilde{A}}(x)$ определяет степень уверенности эксперта в том, что данное значение базовой шкалы соответствует нечеткому множеству.

Если функция принадлежности непрерывна, то она может быть представлена в колоколообразной, треугольной или трапециевидной форме. Колоколообразная функция принадлежности имеет вид:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-b}{c}\right)^2}, \quad (3)$$

где: b – значение точки x , в которой $\mu(x)=1$ – абсцисса вершины колоколообразной функции; c – коэффициент колоколообразной функции.

Треугольная форма функции принадлежности характеризуется вершиной \bar{X} . Трапециевидная форма функции принадлежности характеризуется носителем $[x_0; \bar{x}_0]$ и ядром $[x_1; \bar{x}_1]$.

Качество продукции, как уже было указано, зависит от многих характеристик. Смоделировать же сложную систему трудно. Поэтому при моделировании системы учитывают только важнейшие характеристики, а несущественные – игнорируют. Тогда принимают решение на основании упрощенной модели. Есть и другой подход: несущественные характеристики в математическую модель не вводят явно, а учитывают их влияние приближенно, аппроксимируя нелинейные задачи линейными задачами с нечеткими коэффициентами. При таком математическом описании можно вводить количественные и качественные характеристики. Качественные характеристики интерпретируют как качественные переменные. Таким образом принимают решения на основании построения модели, в которой цели и ограничения могут быть сформулированы нечетко. Нечетко могут быть описаны ограниче-

ния, коэффициенты в математических описаниях ограничений. Нечеткими могут быть и ограничения, и коэффициенты в ограничениях (общий случай) [14]. При исследовании качества продукции необходимо решить задачу линейного программирования с подвижными границами ограничений, которые не являются классическими задачами линейного программирования. Рассмотрим случай, когда нечетко определены лишь границы ограничений. В частности, чтобы зерно ячменя было пригодно для пивоварения, содержание белка в нем должен быть в пределах 9-12%. Тогда надо рассмотреть ограничения вида:

$$a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n \lesseqgtr b_i, b_i + d_i, \quad (4)$$

где: ограничения могут изменяться от b_i к b_i+d_i ; $d_i \geq 0$.

Причем чем больше отклонение тем меньше степень его допустимости.

$$a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n = a_i \times x, \quad (5)$$

где: $a_i = (a_{i1}; \dots; a_{in})$,

$$x = (x_1; \dots; x_n).$$

Функция принадлежности может быть линейной, кусочно-линейной, гиперболической, экспоненциальной, кубической.

Нечеткая линейная модель имеет вид:

$$Z(x) = c \cdot x \rightarrow \max. \quad (6)$$

Характеристики $x = (x_1; \dots; x_n)$ выбирают из ограничений:

$$g_i(x) \equiv a_i \cdot x \lesseqgtr b_i, \quad b_i + d_i i = \overline{1, m_1}$$

$$g_i(x) \equiv a_i \cdot x \leq b_i, \quad i = \overline{m_1 + 1, m} \quad (7)$$

Векторов $x = (x_1; \dots; x_n)$, $C = (c_1; \dots; c_n)$; $a_i = (a_{i1}; \dots; a_{in})$ и числа $b_i i = \overline{1, m}$, $d_i > 0$ $i = \overline{1, m_1}$ действительны.

Согласно подходу Беллмана-Заде, по которому решение является сечением целей и ограничений, построим оптимизационную модель:

$$\lambda \rightarrow \max \quad (8)$$

$$\lambda \leq \mu_z(x),$$

$$\lambda \leq \mu_i(x) \quad \forall i = \overline{1, m_1},$$

$$0 \leq \lambda \leq 1; x \in U,$$

$\mu_z(x)\mu_i(x)$ – функции принадлежности целей и ограничений:

$$\lambda = \min(\mu_z(x), \mu_1(x), \dots, \mu_{m_1}(x)).$$

Если предположить, что все функции принадлежности линейные:

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } z(x) \leq w_0 - d_0 \\ 1 - \frac{z(x) - (w_0 - d_0)}{d_0} & \text{при } w_0 - d_0 < z(x) \leq w_0 \\ 1 & \text{при } w_0 \leq z \end{cases}$$

тогда нечеткая задача оптимизации будет сведена к детерминированному виду:

$$\begin{aligned} \lambda &\rightarrow \max, & (9) \\ d_0 \lambda - c \cdot x &\leq -(w_0 - d_0) \\ \lambda d_i + a_i \cdot x &\leq b_i + d_i \quad \forall i = \overline{1, m_1} \\ a_i \cdot x &\leq b_i \quad \forall i = \overline{m_1 + 1, m} \\ x &\geq 0; \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{w} &= \max z(x) \\ a_i \cdot x &\leq b_i \quad \forall i = \overline{1, m} \\ x &\geq 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{w} &= \max z(x) \\ a_i \cdot x &\leq b_i + d_i \quad \forall i = \overline{1, m_1} \\ a_i \cdot x &\leq b_i \quad \forall i = \overline{m_1 + 1, m} \\ x &\geq 0. \end{aligned}$$

Для оценки качественных характеристик химического состава овощной продукции целесообразно составить следующие целевые функции.

Целевая функция для оценки содержания питательных веществ:

$$z(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 - \max, \quad (10)$$

где: x_1 – содержание углеводов, x_2 – содержание белков; x_3 – содержание жиров; x_4 – клетчатка; x_5 – содержание органических кислот.

Матрицу принадлежности можно определить по данным опытов выращивания овощной продукции, установив функциональные зависимости между количествами белков, жиров, углеводов, клетчатки и органических кислот при различных условиях выращивания. Для нахождения таких зависимостей можно использовать, например, метод наименьших квадратов. При ограничениях (например, для поздней капусты по ГОСТ 26768-85) x_1 (углеводы) $\geq 5-6\%$

Целевая функция для оценки содержания витаминов:

$$z(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 - \max \quad (11)$$

где: x_1 – содержание витамина С (аскорбиновая кислота), x_2 – содержание витамина А; x_3 – содержание витамина В₁ (тиамин); x_4 – витамина В₂ (рибофлавин); x_5 – содержание РР (никотиновая кислота):

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 &\geq 0-50 \\ x_1 &\geq 40-45; \quad x_2 \geq 0,01-0,02; \quad x_3 \geq 0,02-0,03; \quad x_4 \geq 0,03-0,04; \quad x_5 \geq 0,7-0,74. \end{aligned}$$

Целевая функция для оценки содержания минеральных веществ:

$$z(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7,$$

где: x_1 - содержание Na; x_2 - содержание K; x_3 - содержание Ca; x_4 - содержание Mg; x_5 - содержание P; x_6 - содержание Fe; x_7 - содержание нитратов:

$$x_1 \geq 12-13; \quad x_2 \geq 170-185; \quad x_3 \geq 40-48; \quad x_4 \geq 13-16; \quad x_5 \geq 25-31; \quad x_6 \geq 0,3-0,6; \quad x_7 \leq 0,4.$$

Тогда для оценки качества химического состава овощной продукции целесообразно использовать интегральный показатель качества, который бы рассчитывался как:

$$I = \prod_{i=1}^4 I_i \quad (12)$$

I_1 – показатель товарного качества продукции;

I_2 – показатель оценки питательных веществ;

I_3 – показатель оценки содержания витаминов;

I_4 – показатель оценки содержания минеральных веществ.

ВЫВОДЫ

Проблему оценивания качества пищевой продукции целесообразно, по мнению автора, решить путем построения многокритериальной модели, которая обеспечила бы получение однозначной оценки качества продукции.

Многокритериальную модель оценки качества пищевой продукции целесообразно свести к задаче оптимизации с заданной целевой функцией, которая бы комплексно учитывала все показатели качества с нечетко описанными нужными характеристиками продукции.

Нечеткую задачу оптимизации (задачу с нечетко определенными ограничениями) целесообразно свести к задаче классического линейного программирования, используя подход Беллмана-Заде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Systema upravlinnya yakisty. Osnovni pologennya ta slovnyk terminiv: DSTU ISO 9000:2007 / [Chynnyivid 2008-01-01]. – К.: Dergstandart Ukrainy, 2008.35 – (Dergavnyi standart Ukrainy).
2. Yakist produktsii. Otsinyvannya yakosti. Terminy ta vyznachennya: DSTU 2925-94.- [Chynnyivid 1996-01-01]. – К.: Dergstandart

- Ukrainy, 1995.27 – (Dergavnyi standart Ukrainy).
3. Metodologia. Terminy ta vyznachennya: DSTU 2681-94.- [Chynnyi vid 1996-01-01].– K.: Dergstandart Ukrainy, 1994.68 – (DergavnyistandardUkrainy).
4. Arnauta O.V. 2010. Vyrobnystvo organichnoi harchovoi produktsii v Ukraini yak sposib pidvyshchennya ii bezpeky [Elektronny resurs] /Naukovi dopovidi NUBiP – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-5/10aov.pdf>
5. Bober A.V. Zmina yakosti zerna yachmeny zalegno vid umov ta tryvalosti zberigannya [Elektronnyresurs]/ – Naukovi dopovidi NUBiP – 2010-5(21). – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-5/10bavcds.pdf>
6. Gorodniy M.M. 2010. Vplyv zastosuvannya dobryv i peredposivnoi bakteryzatsii mikrobiologichnym preparatom na vrogajnist ta yakisni pokaznyky pshenytsi yaroj [Elektronnyresurs]/ Naukovi dopovidi NUBiP – regym dostupu: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-5/10_gmn.pdf.
7. Kalenska S.M. 2010. Phizychni ta tehnologichni vlastyvoli zerna trytykale yarogo zalegno vid abiotychnyh i biotychnyh phaktoriv [Elektronny resurs – Naukovi dopovidi NUBiP – 2010-2(18). – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-/10ksmabf.pdf>.
8. Myhalska O.M. 2011. Vplyv system udobrennya na vmist nitrativ v ovochevyh kulturah [Elektronnyresurs – Naukovidopovidi NUBiP – 2011-7(29). – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011-7/11mom.pdf>.
9. Syhomud O.G. 2011. Tehnologichni vlastyvoli zerna pshenytsi yaroj zalegno vid rivnya azotnogo gyvlennya. [Elektronnyresurs] – Naukovi dopovidi NUBiP – 2012-6 (35). – regym dostupu: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_6/12sog.pdf.
10. Systema HACCP. Hazard Analysis and Critical Control Point– Lviv: Leonorm, 2003– 216.
11. Gengalo O.M. 2010. Pozakoreneve pidgyvlennya vodorozchynnymy dobryvamy z mikroelementamy yak sposib optymizatsii umov gyvlennya pshenytsi ozymoi [Elektronnyresurs]/ – Naukovi dopovidi NUBiP – 2010-2 (18). – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10gom.pdf>
12. Voronkov O.G. 1988. Uroven kachestva produktyi kak obyekt optymizatsii: Prepr. /ANUSSR, In-t kibernetikyim. –14.
13. Kuts V.R. 2012. Kvalimetriya. Navch. posibnyk. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politehniky - 256.
14. Syavavko M.S. 2006. Osnovy ekonomichnoi inphormatyky. Navchalnyi posibnyk. – Lviv: «Magnolia Plys» - 236.
15. Orlovskiy S.A. 1981. Problemy pruynatyia resheni pry nechetkoyi ishodnoyi inphormatsii. – M.: Nauka. 208.
16. Wojtynka A. 2008. Periphyton community composition and water quality in rusałkalake In flow sandoutflow /Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. – OL PAN – Lublin, – Tom5 - 164–169.
17. Mazur A. 2010. In fluenceof the predam reservoiron the quality of surface watersupp lyingreservoir „nielisz” / Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. – OL PAN– Lublin, , Tom 7, 243–250.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO DEFININGASSESSMENT OF QUALITY OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Summary. The paper presents a unified assessment of food quality level. The quality of food as an object of evaluation of the characteristics of the chemical composition, displays objective function that depends on the individual characteristics of the products that can be determined experimentally. Multicriteriamodel ofevaluation food is reduced to the problem of optimization with a given objective function, which comprehensively considers all parameters of quality products, and clearly described the required characteristics of the product.

Key words: objective function, fuzzy set, qualitymetry, linear programming.