

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

О.В. Жулинская, Б.А. Половин, К.В. Свидло

Рассмотрены вопросы применения метода анализа иерархий для определения параметров качества и безопасности функциональных пищевых продуктов. Приведено последовательное использование данной методики на примере сравнительных оценок комплексных показателей качества, что позволило разработать нормативные параметры качества и безопасности для пищевых продуктов, имеющих статус функциональных.

Введение

Системы управления безопасностью пищевых продуктов применяют практически во всем мире как надежную защиту потребителей. Внедрение систем управления безопасностью пищевых продуктов требует законодательство Европейского Союза, США, Канады, Японии, Новой Зеландии и многих других стран мира [1]. В Украине действует Закон “Про основні принципи і вимоги до безпеки і якості харчових продуктів”, который базируется на принципах системы стандарта НАССР.

Система анализа опасных факторов и критических точек контроля (в латинской аббревиатуре НАССР – «Hazard Analysis and Critical Control Point») является научно обоснованной системой, позволяющей гарантировать производство безопасной продукции путем идентификации и контроля опасных факторов. Принципиальный переход на обязательное наличие стандарта НАССР в Украине является одним из шагов по реализации ассоциации с Европейским Союзом.

Исследовано современное состояние и потребление функциональных пищевых продуктов (ФПП) на украинском рынке [2–3]. Сегодня украинское законодательство не требует от производителей проведения клинических исследований и научного подтверждения функциональности продукта; не регламентирует правила маркировки и реализации потребителям функциональных пищевых продуктов.

Определение функциональности продукта устанавливается по содержанию того или иного компонента, оказывающего положительное влияние на организм человека. Экспертизу функциональных пищевых продуктов проводят учреждения государственной санитарно-эпидемиологической службы, уполномоченные главным государственным санитарным врачом Украины. Без разрешения центрального органа исполнительной власти в сфере здравоохранения запрещается предоставлять на этикетке информацию о диетических и функциональных свойствах пищевого продукта [4–5].

Таким образом, в действующее законодательство ФПП нужно внести нормативные параметры качества и безопасности, а также нормы, которые бы обязывали производителей соответственно маркировать пищевые продукты, имеющие статус функциональных.

Целью работы является последовательное применение метода анализа иерархий для разработки параметров качества и безопасности функциональных пищевых продуктов.

Результаты исследований и их обсуждение

Любая система управления качеством пищевых продуктов базируется на комплексном показателе качества функциональной продукции (далее КПКФП), который состоит из многих показателей качества, различающихся упорядоченной совокупностью групп различных свойств. Данная совокупность направлена на достижение желаемого результата путем разработки инновационной продукции общеукрепляющего или профилактического, или адаптивного действия, или специального назначения для потребителя.

Для определения оценки важности комплексного показателя качества на стадиях произ-

водства функциональной продукции предлагаем использовать метод анализа иерархий, который позволяет количественно определить сравнительную важность критериев и субкритериев КПКФП.

Иерархическая структура, в которой каждый процесс низшего уровня связан только с одним процессом высшего уровня, называется структурой с сильными связями. Следующей характеристикой модели КПКФП есть ранг элемента (ранг критерия), который характеризует отношение связей одного отдельного элемента с общим количеством связей всей системы. Эта характеристика позволяет распределить критерии по порядку их значимости. Считается, что чем более значим элемент, тем больше связей он имеет с другими критериями. В общем виде для определения ранга критерия необходимо использовать полный перечень связей.

Отличительным моментом данного метода является определение не только порядка приоритетов каждого отдельного критерия, но и величины приоритета продукта [6]. В иерархии критериального подхода разработки нормативных параметров качества и безопасности функциональных продуктов питания (далее ФПП) наблюдается вложенность разного уровня критериев в схему комплексного показателя качества на стадиях производства функциональной продукции: группы комплексных показателей качества (далее КПК) с подгруппами (разными свойствами) → критерии КПК → свойства продукции функционального назначения.

В связи с актуальностью определения нормативных параметров качества функциональных пищевых продуктов их целесообразно сгруппировать в соответствии с методиками определения комплексного показателя качества, основанными на теориях:

- 1) группы органолептических свойств;
- 2) группы физико-химических свойств;
- 3) группы пищевой и биологической ценности;
- 4) группы общей функциональности;
- 5) группы санитарно-гигиенических свойств;
- 6) группы структурно-механических свойств.

В качестве инструмента расстановки приоритетов весового коэффициента каждого интегрального индекса КПК (w) для целей исследования выбран метод анализа-иерархий (МАИ), разработанный Т. Саати и К. Кернсом [7] в 70-х годах XX в., который является вполне эффективным для решения многокритериальных задач с иерархическими структурами. Метод заключается в декомпозиции проблемы на более простые составляющие и дальнейшей последовательности суждений лица, принимающего решение методом попарных сравнений. Экспертным путем формируются конечные оценки, к которым применяются методы матричной алгебры [8].

В процессе осуществления процедур МАИ должны быть соблюдены следующие этапы:

- I. Задача структурируется в виде иерархической модели с несколькими уровнями: глобальный критерий – промежуточные критерии – альтернативы.
- II. В соответствии со структурой иерархической модели составляется алгоритм решения поставленной задачи.
- III. Задаются матрицы попарных сравнений промежуточных критериев и альтернатив на основе экспертных оценок.
- IV. На основе составленного алгоритма количественно оцениваются приоритеты альтернатив по критериям промежуточных уровней и, в конечном счете, приоритеты альтернатив по глобальному критерию.

Содержание и поэтапное применение этой методики иллюстрируется на примере сравнительной оценки комплексного показателя функциональной продукции. На основе множества критериев оценки альтернатив нами разработана иерархическая модель, изображенная на рисунке 1, которая наглядно отображает иерархию системы критериев, характеризующих важность комплексного показателя качества на стадиях производства функциональной продукции. С ее помощью можно комплексно оценить степень важности показателей качества по отношению к продуктам питания функционального назначения.

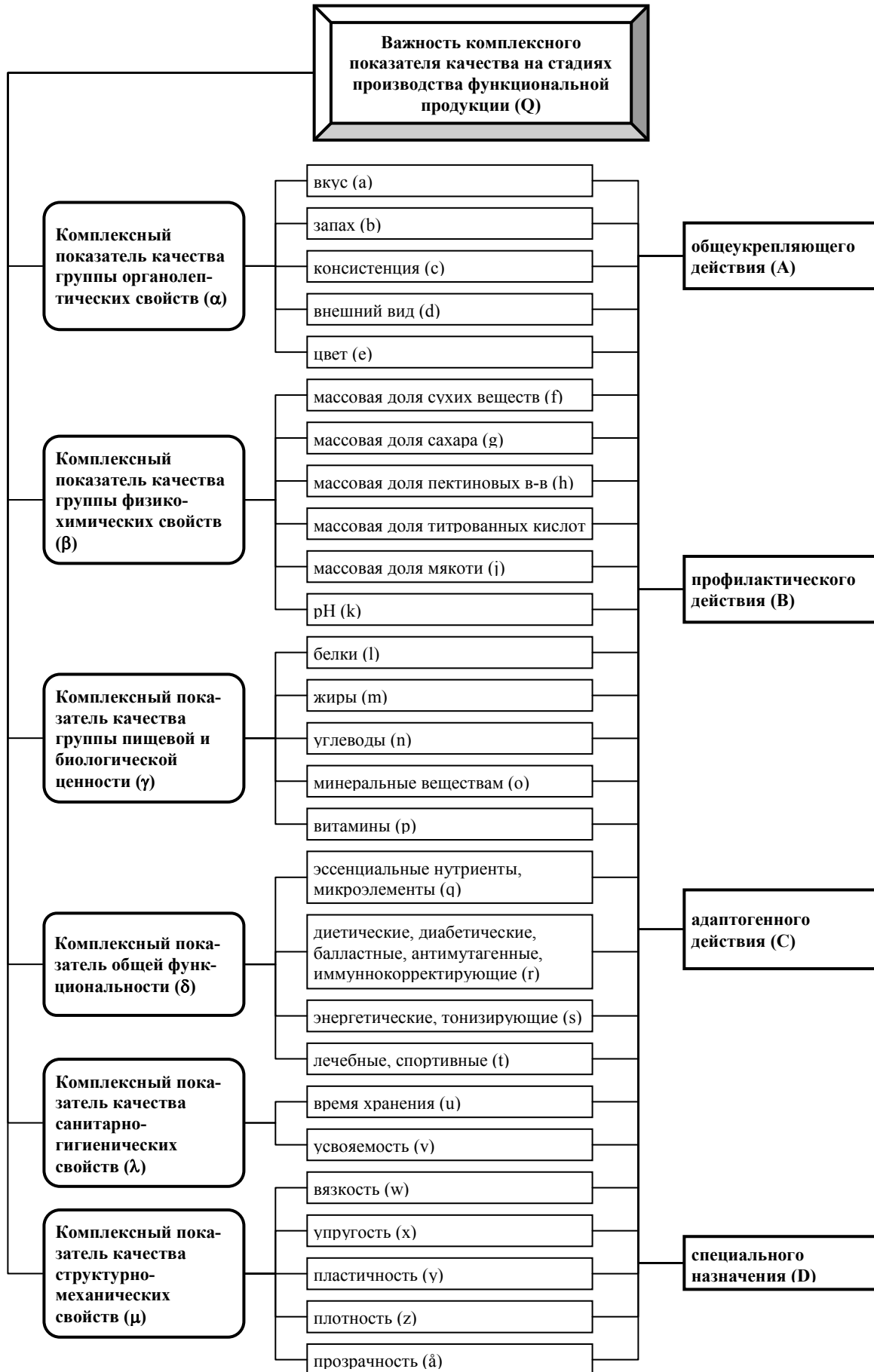


Рисунок 1– Схема иерархической модели важности комплексного показателя функциональной продукции

В разработанной модели выделены два иерархических уровня важности критериев по отношению к глобальному критерию и обозначены связи между ними: связи альтернатив с критериями второго уровня, связи критериев второго уровня с критериями первого уровня, которые замыкаются в глобальный критерий.

В модели используются следующие критерии и альтернативы (рисунок 1):

1. Глобальный критерий (важность комплексного показателя качества на стадиях производства функциональной продукции) – Q.
2. Критерии первого уровня (основные комплексные показатели различных свойств продукта, состоящие из комплексных показателей качества на различных стадиях производства функциональных продуктов, обозначены греческими буквами от α до μ).
3. Критерии второго уровня (основные факторы комплексных показателей различных свойств продукта, дающие альтернативу выбора критериев количественного состава полноценного КПК для различной функциональности), обозначены латинскими буквами от a до z, \dot{a} .
4. В качестве альтернатив рассматриваются основные типы функциональной продукции, которые будут оцениваться экспертным путем по степени влияния на главные факторы, из которых состоят КПК, А – общеукрепляющего действия; В – профилактического действия; С – адаптогенного действия; D – специального назначения.

По нашему мнению, типы функциональной продукции оказывают наибольшее влияние на перечисленные критерии и наиболее важны для обеспечения определения комплексного показателя качества. На основе экспертных данных записываются матрицы попарных сравнений критериев [S] для каждого из уровней иерархии.

В соответствии со структурой иерархической модели составляется алгоритм решения поставленной задачи.

Вначале запишем матрицу попарных сравнений промежуточных критериев относительно критериев более высокого уровня. На основе экспертных данных записываются матрицы попарных сравнений критериев [S] для каждого из уровней иерархии в соответствии с рисунком 1. Для проведения субъективных парных сравнений разработана шкала относительной важности [9].

Для критериев первого уровня: $G(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda, \mu)_q$ – матрица попарных сравнений критериев первого уровня $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda, \mu$ относительно глобального критерия q.

Для критериев второго уровня:

$$G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxyz})\alpha; \quad G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxyz})\beta; \quad G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxyz})\gamma; \\ G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxyz})\delta; \quad G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxyz})\lambda; \quad G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxyz})\mu.$$

Теперь перейдем от матриц попарных сравнений промежуточных критериев к векторам приоритетов.

Для каждой матрицы попарных сравнений вычисляется вектор приоритетов, на основе которого осуществляется ранжирование элементов, рассматриваемых с использованием матрицы попарных сравнений. В качестве векторов приоритетов используются нормированные собственные вектора матриц [10].

Вычисления нормированного собственного вектора W положительной квадратной матрицы проводятся в соответствии с уравнением

$$SW = \lambda_{\max} W, \tag{1}$$

где λ_{\max} – максимальное собственное значение матрицы.

Для критериев первого уровня: $G_{(\alpha\beta\gamma\delta\lambda\mu)}q \rightarrow W_{(\alpha\beta\gamma\delta\lambda\mu)}$, где $W_{(\alpha\beta\gamma\delta\lambda\mu)}$ – вектор приоритетов критериев первого уровня $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda, \mu$ относительно глобального критерия Q.

Для критериев второго уровня: $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)а}$; $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)б}$; $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)γ}$; $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)δ}$; $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)λ}$; $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)μ}$.

Полученные значения векторов $W_{(S_j^i)}$ используются при определении векторов приоритетов альтернатив относительно всех элементов иерархии. Общий вид выражения для вычисления векторов приоритетов альтернатив определяется формулой

$$W_{S_j^i}^G = [W_{S_1^{i-1}}^G, W_{S_2^{i-1}}^G, \dots, W_{S_m^{i-1}}^G] W_{S_j^i}^S, \quad (2)$$

где $W_{S_j^i}^G$ – вектор приоритетов альтернатив относительно элемента S_1^{i-1} , определяющий j-й столбец матрицы,

$W_{S_j^i}^S$ – вектор приоритетов элементов $S_1^{i-1}, \dots, S_n^{i-1}$, связанных с элементом S_j^i высшего уровня иерархии.

По результатам расчета итогового вектора приоритетов следует, что наибольшую важность с точки зрения рассмотренных критериев имеют функциональные продукты общеукрепляющего действия (таблица 1). В первую очередь необходимо увеличивать объёмы производства пищевых продуктов общеукрепляющего действия, для которых необходимо разработать нормативные параметры качества и безопасности, влияющие на развитие функциональной продукции в Украине.

Таблица 1 – Важность групп функциональности относительно нормативных параметров качества и безопасности

Функциональные свойства	Общеукрепляющего действия	Специального назначения	Профилактического действия	Адаптогенного действия	Собственный вектор	Нормованный собственный вектор, W
Общеукрепляющего действия	1	3	5	4	4,650	1,926
Специального назначения	1/3	1	3	4	2,414	1,000
Профилактического действия	1/5	1/3	1	1/2	0,704	0,292
Адаптогенного действия	1/4	1/4	2	1	1	0,414
Общее значение собственных векторов					8,768	
Собственное значение, λ_{\max}					4,174	
m					4	
Индекс согласованности, CI					0,058	
Среднее значение индекса согласованности, CIS					0,9	
Отношение согласованности, CR					0,065	

Заключение

Показано, что метод анализа иерархий представляет собой качественную процедуру для определения весовых коэффициентов критериев, используемых при расчёте интегрального комплексного показателя качества продуктов питания функционального назначения. Определение основных параметров качества и безопасности пищевых продуктов позволяет получить наиболее объективное и достоверное значение интегрального показателя результативности комплексного показателя качества, способствует принятию рациональных решений на стадиях производства продуктов питания функционального назначения.

Применение аппарата МАИ позволяет учесть при выборе все нормативные параметры качества и безопасности пищевых продуктов, определить направления инновационного процесса структурирования показателей в виде целостной иерархии. При этом производство продуктов питания функционального назначения обеспечивает возможность целенаправленно повышать уровень определения типа функциональности на основе согласованных комплексных показателей качества и их критериев.

Предложенная методика представляет собой четкий поэтапный алгоритм ранжирования показателей при проведении комплексной оценки. Результирующий интегральный показатель (глобальный критерий) учитывает степени важности составляющих критериев и субкритериев. Методика может быть использована при решении широкого класса многокритериальных задач, допускающих представление в виде иерархической структуры.

Литература

- 1 Сердюк, А.М. Эколого-гігієнічні проблеми харчування // Журнал Академії медичних наук України. – 2002. – Т.8. – № 4. – С. 677–684.
- 2 Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document / A.T. Diplock, P.J. Aggett, M. Ashwell et al. // British J. Nutrition. – 1999. – V.81, Suppl.1. – P. 1–27
- 3 Бакулина, О.Н. Инновации и функциональные ингредиенты здорового питания / О.Н. Бакулина // Сб. докл. Международ. форума «Пищевые ингредиенты в продуктах питания XXI века», 28–30 нояб. 2014 г. – М., 2014. – С. 5–7.
- 4 Аминова, И.Я. Кондитерские изделия функционального назначения с добавлением овсяной муки / И.Я. Аминова, М.Ю. Тамова, В.К. Кочетов // Известия вузов. Пищ. технология. – 2010. – № 1. – С. 121–122.
- 5 Сирохман, І.В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: Навчальний посібник / І.В. Сирохман – К.: Центр учбової літератури. – 2009. – 543 с.
- 6 Євстрат, Д.І. Застосування методу аналізу ієрархій для оцінки маркетингової активності торговельних підприємств // Математичні методи та моделі в економіці. – 2012. – № 2. – С. 66–71.
- 7 Белов, А.В. Построение математической модели системы анализа характеристик качества информационно-управляющих систем масштаба предприятия [Текст] / А.В. Белов, В.А. Смирнов // Качество. Инновации. Образование. – 2009. – № 4. – С. 37–42.
- 8 Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] : пер. с англ. / Т. Саати. – М.: Радиоисвязь, 1989. – 192 с.
- 9 Силкина, Г.Ю. Теоретико-игровое моделирование взаимодействия субъектов в инновационной сфере [Текст] / Г.Ю. Силкина // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». – 2012. – № 2–1 (144). – С. 99–104.
- 10 Андрейчиков, А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] : учеб. пособие / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 359 с.

Поступила в редакцию 06.12.2016