

УДК [641.5.001.63:658.562.012.7]:[543.06/.92:004]

Уравнение в обобщенных переменных качественной и количественной оценки процесса приготовления кулинарных блюд

Канд. техн. наук **А.Х.-Х. Нугманов**, albert909@yandex.ru

*Астраханский государственный технический университет
414056, Россия, Астрахань, ул. Татищева, 16*

В статье представлены результаты исследований по обобщению и систематизации сведений о проектировании рецептурного состава многокомпонентных пищевых систем и априорной оценке их качества на основе квалиметрического подхода. Такая модель прогнозирования качества продукции позволяет еще на этапе проектирования определить номенклатуру показателей качества и безопасности продукции, которые отвечали бы ожиданиям потребителей. Показатели качества представлены критериями подобия, которые являются параметрами задачи и приведены к безразмерному виду. В самой структуре комплексов подобия в соответствии с механизмом описываемого процесса отражаются характеристики взаимодействия между отдельными факторами, влияющими на протекание процесса и представленными в решении через параметры.

Ключевые слова: общественное питание; пищевая система; квалиметрический подход; качество пищевой смеси; теория анализа размерностей; критериальное уравнение; критерии подобия.

The equation in the generalized variables of the quality and quantitative standard of process of preparation of culinary dishes

Ph.D. **Albert Nugmanov**, albert909@yandex.ru

*Astrakhan State Technical University,
414056, Russia, Astrakhan, Tatishcheva str., 16*

Results of researches on generalization and systematization of data on design of prescription structure of multicomponent food systems and aprioristic assessment of their quality, on the basis of qualimetric approach are presented in article. The qualimetric model of forecasting of quality of production allows to define quality indicators and safety of production which would answer expectations of consumers at a design stage. Quality indicators, are presented by criteria of similarity which are task parameters, brought to a dimensionless look. Are reflected in the structure of complexes of similarity, according to the mechanism of the described process, characteristics of interaction between the separate factors influencing process course, presented in the decision through parameters.

Keywords: public catering; food system; qualimetric approach; quality of food mix; theory of the analysis of dimensions; criteria equation; criteria of similarity.

Процесс приготовления многокомпонентной и многофазной пищевой смеси в технологии общественного питания представляет собой сложную физико-химическую систему и труден для математического описания [1]. Это связано с тем, что процессы теплообмена и/или гидромеханические процессы в активной гидродинамической обстановке сопровождаются физико-химическими превращениями отдельных компонентов смеси при непосредственном энергетическом влиянии как извне, так и внутри системы [2].

Для процесса приготовления многокомпонентной пищевой смеси неоднородного состава, системы дифференциальных уравнений и соответствующих условий однозначности настолько сложные, что их аналитическое решение практически невозможно [3]. Процесс этот обусловлен действием внутреннего, до конца нераскрытого механизма. Поэтому методологическую основу обобщения результатов экспериментов с целью создания способа конструирования многокомпонентной пищевой смеси, например по критерию энергетической ценности блюда, составил метод анализа размерностей теории подобия [4].

Метод анализа размерностей обеспечивает взаимосвязь между переменными, связь между которыми другими аналитическими методами найти сложно или невозможно [4].

Уходя от этой проблемы и стремясь к полноте и детальности получаемых результатов, разрабатываемую модель процесса необходимо обогатить чертами, которые при более высоком уровне схематизации были бы отброшены как второстепенные. Соответственно, в круг исследования необходимо привести величины, посредством которых определяется влияние на ход процесса индивидуальных условий его протекания – собственных свойств системы и особенностей сложившейся физической обстановки [5]. В данном случае интересуют моделирование по величине общей энергетической ценности блюда, получаемой в процессе создания сбалансированной и адекватной к физиологическим особенностям индивидуума многокомпонентной пищевой смеси [6].

Величины, отнесенные к категории параметров задачи, различаются по своей физической природе и той роли, которую они играют в процессе решения [7].

В процессе кулинарного приготовления многокомпонентной многофазной пищевой смеси используются параметры, представляющие количественные характеристики физических свойств системы:

c – удельная теплоемкость пищевой смеси (Дж/(кг·К))

ρ – объемная масса пищевой смеси (кг/м³)

μ – вязкость используемой в процессе жидкой фазы (Па·с)

d – глубина по слою продукта или диаметр при шарообразной форме продукта (м).

Параметры, представляющие заданные по условию значения переменных:

T – температура, при которой готовится блюдо (К)

\mathcal{E} – калорийность получаемого блюда (Дж/кг)

τ – время кулинарного воздействия (с).

Общий вид зависимости:

$$\mathcal{E} = f(c, \rho, \mu, \tau, T, d). \quad (1)$$

Запишем зависимость в степенном виде:

$$\mathcal{E} = a \cdot c^x \rho^y \mu^z \tau^k T^d d^f. \quad (2)$$

Выразим эту зависимость через размерность величин входящих в уравнение:

$$\text{м}^2 \text{с}^{-2} = (\text{м}^2 \text{с}^{-2} \text{К}^{-1})^x \cdot (\text{кг} \cdot \text{м}^{-3})^y \cdot (\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \text{м}^{-1})^z \cdot (\text{с})^k \cdot (\text{К})^d \cdot (\text{м})^f$$

или:

$$M^2 C^{-2} = M^{(2x-3y-z+f)} \cdot C^{(-2x-z+k)} \cdot K^{(-x+d)} \cdot K\Gamma^{(y+z)}.$$

Составим систему уравнений по размерностям:

$$\begin{aligned} M| \quad & 2 = 2x - 3y - z + f \\ C| \quad & -2 = -2x - z + k \\ K| \quad & 0 = -x + d \\ K\Gamma| \quad & 0 = y + z \end{aligned}$$

выразим k, d, z, f через x, y :

$$k = -2 + 2x - y; d = x; z = -y; f = 2 - 2x + 2y.$$

Запишем зависимость в степенном виде через степени x, y, z :

$$\Xi = a \cdot c^x \rho^y \mu^{-y} \tau^{(-2+2x-y)} T^x d^{(2-2x+2y)},$$

тогда:

$$\frac{\Xi \cdot \tau^2}{d^2} = a \cdot \left(\frac{c \cdot \tau^2 \cdot T}{d^2} \right)^x \cdot \left(\frac{\rho \cdot d^2}{\mu \cdot \tau} \right)^y.$$

Примем, что:

$$\begin{aligned} K_{\text{стаб}} &= \frac{\Xi \cdot \tau^2}{d^2} = \Xi \left(\frac{\tau}{d} \right)^2 = \Xi \left(\frac{d}{\tau} \right)^{-2} = \frac{\Xi}{\omega^2}; \\ K_{\text{энтал}} &= \frac{c \cdot \tau^2 \cdot T}{d^2} = c \cdot T \cdot \left(\frac{d}{\tau} \right)^{-2} = \frac{I}{\omega^2}; \\ Re_{\text{мод}} &= \frac{\rho \cdot d^2}{\mu \cdot \tau} = \frac{\rho \cdot d}{\mu} \cdot \left(\frac{d}{\tau} \right) = \frac{\rho \cdot d \cdot \omega}{\mu}, \end{aligned}$$

где ω – это скорость перемещения полей калорийности, I – теплосодержание системы (энтальпия), тогда обобщенное критериальное уравнение рассматриваемого процесса в общем виде будет выглядеть следующим образом:

$$K_{\text{стаб}} = a \cdot (K_{\text{энтал}})^x \cdot (Re_{\text{мод}})^y,$$

где a, x, y – соответственно численный коэффициент и показатели степеней критериального уравнения, описывающего процесс кулинарного приготовления многокомпонентной многофазной пищевой смеси, а отношение характерного размера на время протекания процесса практически является показателем скорости перемещения полей калорийности [8].

Следует отметить, что основной целью применения кулинарной технологии является достижение заданной степени усвоения переносимых компонентов в готовой для употребления пище организмом индивидуума [9, 10, 11]. Таким образом, они должны не только обладать заданной пищевой ценностью — биологической и энергетической, физиологической и органолептической, но и иметь заданную пищевую усвояемость [9, 12]. Следовательно, для получения адекватного универсального критериального уравнения качественной и количественной оценки процесса приготовления многокомпонентной и многофазной пищевой смеси в технологии общественного питания, из равноразмерных величин, необходимо составить симплекс подобия (или инвариант подобия), учитывающий изменение степени усвоения кулинарной продукции в процессе ее приготовления, и дополнить им полученное обобщенное критериальное уравнение рассматриваемого процесса [8, 13].

Гипотетически предполагая, что в процессе кулинарной обработки при постоянной температуре энтальпия системы (внутренняя тепловая энергия) практически не меняется, то варьирование степени усвоения определяется изменением энтропии системы в зависимости от влагосодержания материала.

Таким образом, разность энтропийных составляющих до и после переработки объекта исследования, отнесенная к эксергии системы, характеризует работу, затраченную на изменение энтропии системы, и как следствие изменение степени усвоения кулинарной продукции организмом $K_{у\text{св}}$ [9].

Учитывая, что пищевая энергетическая ценность не равна общей энергии потребляемых продуктов (эксергии) [10], изменение степени усвоения энергии организмом можно оценить следующим критерием (симплексом): отношением пищевой калорийности или энтропийной составляющей в уравнении Гиббса-Геймгольца к общей энергии Гиббса, т.е.

$$K_{у\text{св}} = \frac{\left[\left(T \frac{\partial \Delta S}{\partial U_p} \right)_{\text{нач.при } U_{p\text{нач.}}} - \left(T \frac{\partial \Delta S}{\partial U_p} \right)_{\text{кон.при } U_{p\text{кон.}}} \right]}{RT \ln A_w + T \frac{\partial \Delta S}{\partial U_p}},$$

после сокращения задаваемый $T = \text{const}$:

$$K_{у\text{св}} = \frac{\left[\left(\frac{\partial \Delta S}{\partial U_p} \right)_{\text{нач.при } U_{p\text{нач.}}} - \left(\frac{\partial \Delta S}{\partial U_p} \right)_{\text{кон.при } U_{p\text{кон.}}} \right]}{R \ln A_w + \frac{\partial \Delta S}{\partial U_p}}.$$

Тогда обобщенное критериальное уравнение рассматриваемого процесса в общем виде будет выглядеть следующим образом:

$$K_{\text{стаб}} = a \cdot (K_{\text{энтал}})^x \cdot (Re_{\text{мод}})^y \cdot K_{у\text{св}}^z,$$

где z – показатель степени симплекса, учитывающего степень усвоения кулинарной продукции организмом $K_{у\text{св}}$.

Полученные критерии подобия являются параметрами задачи и приведены к безразмерному виду. В самой структуре комплексов подобия в соответствии с механизмом описываемого процесса отражается характер взаимодействия между отдельными факторами, влияющими на протекание процесса и представленными в решении через параметры [6]. Определяемым критерием выбран критерий стабилизации $K_{\text{стаб}}$, т.к. в него входит искомая величина, получаемая при проведении кулинарного процесса и определенных значениях параметров – энергетическая ценность многокомпонентного блюда.

Задача исследований – определить численные значения безразмерных комплексов $K_{\text{стаб}}$, $K_{\text{энтал}}$, $Re_{\text{мод}}$, $K_{у\text{св}}$ и найти значения коэффициента a и показателей степеней x , y , z в критериальном уравнении для различных вариантов технологии блюд [3] при условии сохранения объема порции, исходного компонентного состава блюда и его органолептических свойств [12, 14].

Литература

1. Нугманов А.Х., Никулина М.А., Титова Л.М.. Первые блюда для фастфуда // Питание и общество. 2014. № 4 С. 26–27.
2. Методические указания по лабораторному контролю качества продукции общественного питания. Порядок отбора проб и физико-химические методы испытаний. М.: ВНИИОП, 1991.
3. Здобнов А. И., Цыганенко В. А., Пересичный М. И. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий: для предприятий общественного питания. М.: Гамма Пресс 2000, 2002. 656 с.
4. Гухман А. А. Введение в теорию подобия. 3-е изд. М.: Изд-во ЛКИ, 2010. 296 с.

5. Титова Л. М., Нугманов А. Х.-Х. Разработка технологии традиционных для русской кухни блюд на предприятиях общественного питания экспресс обслуживания [Электронный ресурс] // Концепт. Современные научные исследования. Вып. 1. 2013. URL: <http://e-koncept.ru/2013/53651.htm> (Дата обращения 31.08.2015).
6. Нугманов А.Х., Алексанян И.Ю. Общественное питание. Научно-практические основы выбора оптимальных рациона и технологии // Germany, Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing GmbH&Co.KG, 2011. p. 122.
7. Szirtes T., Rózsa P. *Applied dimensional analysis and modeling*. Amsterdam. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007. P.820.
8. Муратова Е.И., Толстых С.Г., Дворецкий С.И., Зюзина О.В., Леонов Д.В. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания: учебное пособие. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2011. 80 с.
9. Dulloo A. G., Jacquet J., Seydoux J. and Montani J.-P. The thrifty catch-up fat phenotype: its impact on insulin sensitivity during growth trajectories to obesity and metabolic syndrome. *International Journal of Obesity*. 2006, no. 30. pp. 23–35. doi:10.1038/sj.ijo.0803516.
10. Lobstein T. Jackson R. Estimated burden of pediatric obesity and co-morbidities in Europe Numbers of children with indicators of obesity-related disease. *International Journal of Pediatric Obesity*. 2006. V. 1(1). Part 2. pp. 33–41.
11. Жубрева Т. В. Совершенствование технологии полуфабрикатов высокой степени готовности из картофеля, моркови и свеклы: дис. ... канд. тех. наук. Москва, 1984. 183 с.
12. Monro J., Burlingame B. Carbohydrates and Related Food Components: In Foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1996. V. 9(2). pp. 100–118.
13. Коновалов К.Л., Лосева А.И., Шулбаева М.Т., Печеник Н.В. Создание качественно новых продуктов с заданными свойствами // Пищевая индустрия. 2010. № 5. С.26–29.
14. ГОСТ Р 53104-2008. Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. М.: Стандартинформ, 2009. 15 с.

References

1. Nugmanov A.Kh., Nikulina M.A., Titova L.M. Pervye blyuda dlya fastfuda [Soups for fast food]. *Pitanie i obshchestvo [Power and Society]*, 2014, no. 4, pp. 26–27.
2. *Metodicheskie ukazaniya po laboratornomu kontrolyu kachestva produktsii obshchestvennogo pitaniya [Guidelines for laboratory quality control of products catering]*. Poryadok otbora prob i fiziko-khimicheskie metody ispytaniy. Moscow, VNIIP Publ., 1991.
3. Zdobnov A. I., Tsyganenko V. A., Peresichnyi M. I. *Sbornik retseptur blyud i kulinarykh izdelii: Dlya predpriyatii obshchestvennogo pitaniya [Collection of recipes of food and culinary products: For catering]*. Moscow, Gamma Press 2000 Publ., 2002. 656 p.
4. Gukhman A. A. *Vvedenie v teoriyu podobiya [Introduction to the theory of similarity]*. 3-e izd. Moscow, LKI Publ., 2010. 296 p.
5. Titova L. M., Nugmanov A. Kh.-Kh. Razrabotka tekhnologii traditsionnykh dlya russkoi kukhni blyud na predpriyatiyakh obshchestvennogo pitaniya ekspress obsluzhivaniya [Development of technology for the traditional Russian cuisine dishes in catering Express Service]. *Kontsept. Sovremennye nauchnye issledovaniya [Concept. Modern scientific research]*, 2013, no. 1. URL: <http://e-koncept.ru/2013/53651.htm> (Accessed 31.08.2015).
6. Nugmanov A.Kh., Aleksanyan I.Yu. *Obshchestvennoe pitanie. Nauchno-prakticheskie osnovy vybora optimal'nykh ratsiona i tekhnologii [Food service. Scientific and practical basis of a choice of an optimum diet and technology]*. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2011. P. 122
7. Szirtes T., Rózsa P. *Applied dimensional analysis and modeling*. Amsterdam. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007, 820 p.
8. Muratova E.I., Tolstykh S.G., Dvoretzkiy S.I., Zyuzina O.V., Leonov D.V. *Avtomatizirovannoe proektirovanie slozhnykh mnogokomponentnykh produktov pitaniya: uchebnoe posobie [Computer-aided design of complex multi-component food]*. Tambov, TGTU Publ., 2011. 80 p.

9. Dulloo A. G., Jacquet J., Seydoux J. and Montani J.-P. The thrifty catch-up fat phenotype: its impact on insulin sensitivity during growth trajectories to obesity and metabolic syndrome. *International Journal of Obesity*, 2006, no. 30, pp. 23–35. doi:10.1038/sj.ijo.0803516.
10. Lobstein T. Jackson R. Estimated burden of pediatric obesity and co-morbidities in Europe Numbers of children with indicators of obesity-related disease. *International Journal of Pediatric Obesity*, 2006, vol. 1(1), Part 2, pp. 33–41.
11. Zhubreva T. V. Sovershenstvovanie tekhnologii polufabrikatov vysokoi stepeni gotovnosti iz kartofelya, morkovi i svekly [Improvement of technology of semi-finished products of high degree of readiness from potatoes, carrots and beet]. *Candidate's thesis*. Moscow, 1984, 183 p.
12. Monro J., Burlingame B. Carbohydrates and Related Food Components: In Foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1996, vol. 9(2), pp. 100–118.
13. Konovalov K.L., Loseva A.I., Shulbaeva M.T., Pechenik N.V. Sozdanie kachestvenno novykh produktov s zadannymi svoistvami [Creation of qualitatively new products with the set properties]. *Pishchevaya industriya [Food industry]*, 2010, no. 5, pp. 26–29.
14. GOST R 53104-2008. *Uslugi obshchestvennogo pitaniya. Metod organolepticheskoi otsenki kachestva produktsii obshchestvennogo pitaniya* [State Standard 53104-2008. *Services of public catering. Method of an organoleptic assessment of quality of production of public catering*]. Moscow, Standartinform Publ., 2009, 15 p.

Статья поступила в редакцию 02.10.15