

Разработка методики оценки распределения компонентов в пищевых продуктах

Евгений С. Акатов¹ zhenek-asp@mail.ru
Ольга А. Орловцева¹ starosta1981@inbox.ru
Елена А. Постовая¹ elena31Postovaya@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В статье рассмотрена проблема оценки качества пищевых продуктов и процесса их изготовления на примере определения массовой доли хлористого натрия в буженине. Соль является важным компонентом, содержание которого регламентировано стандартами и техническими регламентами и оказывает влияние на все виды показателей: органолептические, качественные и безопасности. Проанализированы стандартные методы отбора проб и определения массовой доли хлористого натрия - методы Мора и Фольграда, которые устанавливают среднее значение измеряемого показателя. В результате проведенных исследований предложена методика оценки распределения компонентов в пищевом продукте, основанная на втором законе Фика, который учитывает нестационарность потока и предусматривает возможность изменения потока атомов в процессе диффузии. В статье приводится математическое обоснование предлагаемой методики. Основанный на методиках, регламентированных стандартами, метод позволяет наглядно продемонстрировать значения содержания компонента в массе продукта. Разработанный метод дает более полное представление о качестве продукции, позволяет сделать выводы о качестве процесса и причинах, влияющих на него. Данная информация позволит разработать комплекс мероприятий для обеспечения высокого уровня конкурентоспособности исследуемого пищевого продукта.

Ключевые слова: качество, буженина, распределение компонентов, методика, хлористый натрий, диффузия.

The development of the method for assessing the distribution of components in food

Evgeny S. Akatov¹ zhenek-asp@mail.ru
Olga A. Orlovtsseva¹ starosta1981@inbox.ru
Elena A. Postovaya¹ elena31Postovaya@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The article considers the problem of assessing the quality of food products and the process of their production using the example of determining the mass fraction of sodium chloride in baked pork. Salt is an important component, the content of which is regulated by standards and technical regulations and affects all types of indicators: organoleptic, quality and safety. Standard methods of sampling and determining the mass fraction of sodium chloride - the methods of Mora and Folgrade, which establish the average value of the measured index are analyzed. As a result of the conducted studies, a method for estimating the distribution of components in a food product based on the second Fick law, which takes into account the nonstationary nature of the flow and provides for the possibility of changing the flow of atoms in the diffusion process, is proposed. The article provides a mathematical justification for the proposed methodology. Based on the methods, regulated by standards, the method allows to demonstrate clearly the values of the component content in the product mass. The developed method gives a more complete picture of the quality of products, allows us to draw conclusions about the quality of the process and the causes that affect it. This information will allow to develop a set of measures to ensure a high level of competitiveness of the food product.

Keywords: quality, baked pork, distribution of components, technique, sodium chloride, diffusion

Введение

Качество пищевых продуктов определяется тремя составляющими:

- органолептические показатели, определяемые с помощью органов чувств (к ним относятся вкус, запах, внешний вид, консистенция и т. д.);
- показатели качества, прописанные в документации по стандартизации (стандартах и технических условиях) для конкретного вида продукта;
- показатели безопасности, регламентированные техническими регламентами.

Для цитирования

Акатов Е.С., Орловцева О.А., Постовая Е.А. Разработка методики оценки распределения компонентов в пищевых продуктах // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 82–85. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-82-85

Следует отметить, что качественные показатели зачастую тесно взаимосвязаны с показателями безопасности [2, 6]. Их значения в пищевых продуктах зависят от многих факторов, в частности от состава.

Главной причиной проблем при решении сложной аналитической задачи – анализе состава продуктов питания является их многокомпонентность. Различность состава и форм нахождения определяемых компонентов в пищевых продуктах осложняет процесс пробоподготовки: необходимо отделять определяемый компонент от сопутствующих, что значительно удлиняет

For citation

Akatov E.S., Orlovtsseva O.A., Postovaya E.A. The development of the method for assessing the distribution of components in food. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 82–85. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-82-85

процедуру оценки. Для управления качеством продукции на всех этапах технологического процесса, а не только при подготовке сырья или исследовании готовой продукции необходимо выбрать или разработать методику физического или химического анализа [1].

Одним из важных показателей пищевых продуктов, регламентированный не только национальными стандартами, но и техническими регламентами, является массовая доля соли. Особое значение она имеет в мясной отрасли.

Натрий и хлор играют важную роль в организме человека: участвуют во внутриклеточном и межклеточном обмене веществ, регулируют кислотно-щелочное равновесие, влияют на осмотическое давление в клетках, тканях и крови и на водный обмен, хлор является компонентом соляной кислоты в желудочном соке, а действие натрия способствует активации пищеварительных ферментов.

Однако для того чтобы действие поваренной соли обладало положительным эффектом, потреблять ее надо не более 10–15 г в сутки; превышение данного значения может повлечь негативные последствия для организма: переизбыток удержанной воды приводит к нарушениям работы сердца и почек, стимулирует возникновение отеков и вызывает головные боли. Поэтому контроль содержания соли в пищевых продуктах является основной задачей производителей, специализирующихся на выпуске «соленой» продукции.

Другой важной проблемой, связанной с поваренной солью в мясных продуктах, является равномерность ее распределения. Поэтому важной задачей становится разработка методики, не только определяющей массовую долю соли в продукте, но учитывающей ее распределение в массе.

Рассмотрим данную проблему на примере анализа распределения хлористого натрия в буженине.

Материалы и методы

В мясоперерабатывающей отрасли для определения содержания хлористого натрия действует межгосударственный стандарт ГОСТ 9957-2015, который предусматривает анализ продукции методом Мора и методом Фольгарда [1]. В основе наиболее простого – метода Мора – лежит реакция между ионами серебра и ионами хлора в присутствии в качестве индикатора хромата калия. Метод Фольгарда основан на освобождении испытуемого образца от белковых веществ и оттитровании избытка добавленного раствора азотнокислого серебра раствором роданистого калия в присутствии железоаммонийных квасцов как индикатора.

Данные стандартизированные методы позволяют получить оценку массовой доли хлористого натрия в мясных продуктах с необходимой для промышленности точностью [4]. При этом в ГОСТ 9957-2015 указано, что определение показателя проводят в двух параллельных опытах, а за окончательный результат принимают их среднее арифметическое значение.

При этом для осуществления химического анализа, в том числе и содержания хлористого натрия, стандартом ГОСТ 9792-73 предусмотрен следующий порядок отбора точечной пробы: необходимо отрезать в поперечном направлении на расстоянии не менее 5 см от края кусок массой 200–250 г. То есть данным документом регламентировано только выделение пробы относительно расстояния от края, но не учитываются размеры самого продукта [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Оба рассматриваемых метода определяют только среднее содержание соли в исследуемом образце, которое позволяет оценить конечный продукт, и не характеризуют протекание процесса его изготовления. Среднее содержание соли – это рецептурный показатель и принимать его за основной не совсем корректно. Поэтому в современном производстве важно не только контролировать качество, но и управлять им. Для этого необходимо установить взаимосвязь качественных показателей продукта с факторами, оказывающими влияние на эти показатели.

В связи с этим распределение хлористого натрия по объему продукта является важным критерием при оценке качества посола мясных продуктов (буженины, карбоната и т. п.) [3]. Дело в том, что среднее значение соли – это рецептурная оценка, которая, в принципе, не зависит от технологии производства, а ее распределение – следствие воздействия различных факторов и технологических режимов.

Распределение соли по объему буженины, равно как и распределение любого компонента, осуществляется за счет процесса диффузии, на который оказывают влияние различные технологические параметры и свойства исходного сырья. Эта закономерность выражается во втором законе Фика [12, 13]. Он учитывает то, что поток атомов в процессе диффузии может меняться, т. е. принимает во внимание не стационарность потока [8, 11]. При этом скорость накопления диффундирующего вещества в данном объеме является разностью между входящим и выходящим потоками за единичное время. В условиях, не зависящих от концентрации коэффициента диффузии, получим второй закон Фика для одномерной диффузии в дифференциальной

форме [9, 10], где концентрация C зависит от времени t и от глубины диффузии x :

$$\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2} \quad (1)$$

Концентрацию представляем как сумму i -х концентраций:

$$c(t, x) = \sum_{i=0}^N c_i(t) x^2 \quad (2)$$

$$c(t, x) = c_0(t) + c_1(t) + c_2(t) x^2 \quad (3)$$

Представив данное уравнение в виде 2-х функций – время и координата (глубина просола) – получаем следующее:

$$c(t, x) = c_1(t) c_2(x) \quad (4)$$

где:

$$c(x) \frac{dc_1}{dt} = D [c_1(t) c_2(x)] \quad (5)$$

$$\frac{dc}{dt} = \frac{D [c_1(t) c_2(x)]}{c_2(x)} \quad (6)$$

Интегрирование функции времени позволяет вывести константу:

$$\int \frac{dc_1(t)}{c_1(t)} = \int \frac{D(b_1 + 2b_2x)}{b_0 + b_1x + b_2x^2} \quad (7)$$

В результате $t=0$, концентрация в начальный момент времени равна нулю ($C_0=0$), $K = \ln c_0$, получаем уравнение:

$$c(t, x) = \left[D \frac{b_1 + 2b_2x}{b_0 + b_1x + b_2x^2} t + K \right] \times [b_0 + b_1x + b_2x^2] \quad (8)$$

Исходя из уравнения (8), для решения задачи по оценке распределения хлористого натрия предлагается вести отбор проб согласно рисунку 1, а массовую долю соли в каждой пробе определять с помощью методов Мора или Фольгарда. При подготовке к анализу пробы мясных изделий освобождают от оболочки. Из середины цельного готового мясного батона делают поперечный срез (как правило, неправильной формы) толщиной 1 см. Отрезанному образцу придают форму окружности радиусом, максимально приближенным к краям. Затем размечают получившуюся заготовку тремя окружностями: крайняя, средняя и центральная, причем каждая следующая окружность имеет радиус меньше предыдущей в 2 раза. В каждой зоне производят забор проб размером около 1 см (рисунок 1). Пробы измельчают на мясорубке с диаметром отверстий решетки 3,0-4,5 мм и тщательно перемешивают.

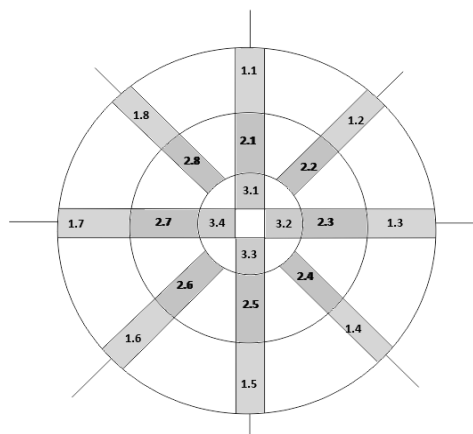


Рисунок 1. Схема отбора проб из среза анализируемого образца

Figure 1. Scheme of sampling from the cut of the analyzed sample

Получившиеся результаты, могут быть представлены в виде круговых диаграмм (рисунок 2 а, б).

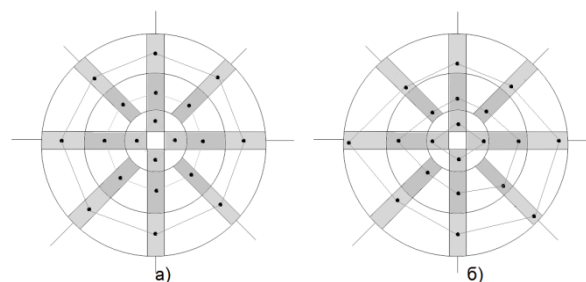


Рисунок 2. Распределение соли в буженине по сечению среза: а – равномерный просол, б – неравномерный просол

Figure 2. Distribution of salt in the boiled pork over the cross-sectional area: а – uniform salting, б – non-uniform salting

Вероятными причинами возникновения неравномерного распределения соли могут быть [7]:

- разная плотность мяса;
- количество влаги в мясе;
- температура внутри камеры;
- влажность внутри камеры;
- количество влаги в мясе;
- количество вносимой соли.

Все это приводит к нестабильности процесса, а, следовательно, к производству продукции более низкого качества.

Заключение

Данная методика оценки распределения соли позволит не только объективно оценивать качество продукта, но и качество самого процесса производства в целом и на каждой отдельной его стадии

ЛИТЕРАТУРА

- 1 ГОСТ 9957–2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия. М.: Стандартинформ, 2016. 12 с.
- 2 Шаулина Л.П., Корсун Л.Н. Контроль качества и безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. 111 с.
- 3 ГОСТ Р 55795–2013. Продукты из свинины запеченные и жареные. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.
- 4 ГОСТ ISO 1841–2–2013. Мясо и мясные продукты. Потенциометрический метод определения массовой доли хлоридов. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.
- 5 ГОСТ 9792–73. Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины, говядины и мяса других видов убойных животных и птиц. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2009. 5 с.
- 6 Сидоров М.А., Корнелаева Р.П. Микробиология мяса и мясопродуктов. М.: «КОЛОС», 1998. 256 с.
- 7 Филатов А.С., Божкова С.Е., Стрельченко В.А. Способ улучшения потребительских свойств цельномышечных изделий // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 3(91). С. 79–82.
- 8 Знаменский Ю.П. Новое, более общее решение для второго закона Фика, позволяющее описывать массоперенос во всех трех средах // Проблемы современной науки. 2016. № 23. С. 10–17.
- 9 Xu Z., Zheng D., Ai B., Hu B. et al. Transport diffusion in one dimensional molecular systems: Power law and validity of Fick's law // AIP Advances. 2015. V. 5. № 10. URL: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4935186>.
- 10 Poirier D.R., Geiger G.H. Transport Phenomena in Materials Processing // A publication of TMS. 2016. 652 p.
- 11 Sun L., Hirvi J.T., Pakkanen T.A., Schatz T. et al. Estimation of montmorillonite swelling pressure: a molecular dynamics approach // Journal of physical chemistry C. 2015. № 34. V. 119. P. 19863–19868.
- 12 Myers P.D., Goswami D.Y., Stefanakos E. Molten salt spectroscopy for quantification of radiative absorption in novel metal chloride-enhanced thermal storage media // Journal of solar energy engineering, transactions of the ASME. 2015. № 4. V. 137. P. 041002.
- 13 Tunieva E.K., Nasonova V.V., Stanovova I.A., Spiridonov K.I. et al. Effect of salting on back fat hydrolysis and oxidation // Top conference series: earth and environmental science // 59. Сеп. «59th International Meat Industry Conference, MEATCON 2017» – Publishing house: Institute of Physics Publishing, 2017. P. 012047.

REFERENCES

- 1 GOST 9957–2015. Miaso i miasnye produkty Metody opredeleniia sodержaniia khloristogo natriia [Meat and meat products. Methods for determining the content of sodium chloride] Moscow, Standardinform, 2016. 12 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений С. Акатов к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zhenek-asp@mail.ru
Ольга А. Орловцева к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, starosta1981@inbox.ru
Елена А. Постовая магистрант, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, elena31Postovaya@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 25.07.2018

2 Shaulina L.P., Korsun L.N. Kontrol kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov i prodovol'stvennogo syria [Quality control and food safety and food raw material] Irkutsk, Publishing House of the ISU, 2011. 111 p. (in Russian)

3 GOST R 55795–2013. Produkty iz svininy zapechennye i zharenye Tekhnicheskie usloviia [Pork products baked and fried. Technical conditions] Moscow, Standardinform, 2015. 16 p. (in Russian)

4 GOST ISO 1841–2–2013. Miaso i miasnye produkty Potentsiometricheskii metod opredeleniia massovoi doli khloridov [Meat and meat products. Potentiometric method for determining the mass fraction of chlorides] Moscow: Standardinform, 2014. 10 p. (in Russian)

5 GOST 9792–73. Kolbasnye izdeliia i produkty iz svininy baraniny goviadiny i miasa drugikh vidov uboinykh zhivotnykh i pits [Sausage products and products from pork, lamb, beef and other meat of slaughter animals and birds. Acceptance rules and methods of sampling] Moscow, Standardinform, 2014. p. (in Russian)

6 Sidorov M.A., Kornelaeva R.P. Mikrobiologiya miasa i miasoproduktov [Microbiology of meat and meat products] Moscow, "KOLOS", 1998. 256 p. (in Russian)

7 Filatov A.S., Bozhkova S.E., Strelchenko V.A. A way to improve the consumer properties of whole-muscle products. *Vestnik miasnogo skotovodstva* [Bulletin of beef cattle] 2015. no. 3 (91). pp. 79–82. (in Russian)

8 Znamenky Y.P. A new, more general solution for Fick's second law, which allows one to describe mass transfer in all three environments. *Problemy sovremennoi nauki* [Problems of Modern Science] 2016. no. 23. pp. 10–17. (in Russian)

9 Xu Z., Zheng D., Ai B., Hu B. et al. Transport diffusion in one dimensional molecular systems: Power law and validity of Fick's law. *AIP Advances*. 2015. vol. 5. no. 10. Available at: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4935186>.

10 Poirier D.R., Geiger G.H. Transport Phenomena in Materials Processing. A publication of TMS. 2016. 652 p.

11 Sun L., Hirvi J.T., Pakkanen T.A., Schatz T. et al. Estimation of montmorillonite swelling pressure: a molecular dynamics approach. *Journal of physical chemistry C*. 2015. no. 34. vol. 119. pp. 19863–19868.

12 Myers P.D., Goswami D.Y., Stefanakos E. Molten salt spectroscopy for quantification of radiative absorption in novel metal chloride-enhanced thermal storage media. *Journal of solar energy engineering, transactions of the asme*. 2015. no. 4. vol. 137. pp. 041002.

13 Tunieva E.K., Nasonova V.V., Stanovova I.A., Spiridonov K.I. et al. Effect of salting on back fat hydrolysis and oxidation // Top conference series: earth and environmental science. 59. Сеп. «59th International Meat Industry Conference, MEATCON 2017». Publishing house: Institute of Physics Publishing, 2017. pp. 012047.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeny S. Akatov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zhenek-asp@mail.ru

Olga A. Orlovtseva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, starosta1981@inbox.ru

Elena A. Postovaya master student, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, elena31Postovaya@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.5.2018

ACCEPTED 7.25.2018