

637.073

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-103-106>

Тип статьи: Краткий обзор

Type of article: Brief review

**Белопухов С.Л.¹,
Зайцев С.Ю.²,
Золотарев С.В.¹,
Салаев Б.К.³**

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева» Москва, Россия
zoo@rgau-msha.ru, belopuhov@mail.ru

² Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста. 142132, Московская обл., городской округ Подольск, пос. Дубровицы, д. 60
s.y.zaitsev@mail.ru

³ ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет» Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11

Ключевые слова: ближняя инфракрасная спектроскопия, говядина, мясо, мясопродукты, химический анализ

Для цитирования: Белопухов С.Л., Зайцев С.Ю., Золотарев С.В., Салаев Б.К. БИК-анализ для оценки качества мяса. Аграрная наука. 2020; 342 (10): 103–106.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-103-106>

Конфликт интересов отсутствует

**Sergey L. Belopukhov¹,
Sergey Yu. Zaitsev²,
Sergey V. Zolotarev¹,
Badma K. Salaev³**

¹ FSBEI HE Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Moscow, Russia
E-mail: zoo@rgau-msha.ru, belopuhov@mail.ru

² Federal Scientific Center for Livestock - VIZH named after academician L.K. Ernst
142132, Moscow region, Podolsk district, Dubrovitsy, 60
E-mail: s.y.zaitsev@mail.ru

³ FSBEI HE "Kalmyk State University"
Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin st., 11

Key words: near infrared spectroscopy, beef, meat, meat products, chemical analysis

For citation: Belopukhov S.L., Zaitsev S.Yu., Zolotarev S.V., Salaev B.K. NIR analysis for assessing meat quality. Agrarian Science. 2020; 342 (10): 103–106. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-103-106>

There is no conflict of interests

БИК-анализ для оценки качества мяса

РЕЗЮМЕ

Качество мяса и мясной продукции сегодня необходимо оценивать по многим параметрам быстро и оперативно, особенно в технологиях переработки на разных этапах. В последние годы интенсивно развивается применение метода ближней инфракрасной (NIR, БИК) спектроскопии из-за возможности быстрого прогнозирования качества мяса, идентификации мяса и мясных продуктов. В обзоре обсуждаются принципы БИК-анализа, способы пробоподготовки и результаты количественного анализа на примере мяса говядины и мясных продуктов.

NIR analysis for assessing meat quality

ABSTRACT

The quality of meat and meat products today needs to be assessed by many parameters quickly and efficiently, especially in processing technologies at different stages. In recent years, the use of the near infrared (NIR) spectroscopy method has been intensively developing due to the possibility of quickly predicting the quality of meat, identifying meat and meat products. The review discusses the principles of NIR analysis, methods of sample preparation, and the results of quantitative analysis using the example of beef meat and meat products.

Поступила: 12 октября
После доработки: 12 октября
Принята к публикации: 15 октября

Received: 12 october
Revised: 12 october
Accepted: 15 october

Введение

Возрастающие требования потребителей к качеству мяса и мясной продукции определяют развитие и широкое применение на практике новых качественных и количественных экспресс-методов контроля качества. Традиционные методы анализа сегодня используют, как правило, только как арбитражные, поскольку и потенциометрия, и хроматография, и атомно-абсорбционный метод и др. (ГОСТ 34159-2017) являются длительными, требуют токсичных растворителей и реагентов, специального лабораторного оборудования и помещений, энергозатратны. В связи с этим с конца 90-х годов 20 века разработка быстрых, экологически безопасных методов оценки, прогнозирования качества мяса, идентификации мясной продукции привела к развитию технологий ближней инфракрасной (БИК) спектроскопии. БИК-анализ в агропромышленном комплексе применяют для оценки качества овощной продукции [1], волокна прядильных культур и семян масличных [2,3], зерновых культур.

Ближняя инфракрасная спектроскопия регистрирует поглощение электромагнитного излучения в диапазоне длин волн от 750 до 2500 нм. БИК-спектры содержат полосы поглощения в перекрывающихся длинах волн, что соответствуют обертонам и комбинациям колебательных частот, включающих C–H, O–H и N–H химические связи [4, 5]. Спектр уникален для образца и содержит данные, связанные с химическими и физическими свойствами органических молекул в образце, т.е. характеризуют его химический состав [6].

В последнее время усилия были сосредоточены на применении этой технологии к анализу свежего мяса, в области оценки качества мяса, костной муки [7,8], кормовых добавок с использованием метода отражения [9,10]. Разработаны усовершенствованные БИК-анализаторы серии SpectraStar XT с расширенным спектральным диапазоном до 2600 нм, что обеспечивает быстрый и точный анализ основных показателей качества сельскохозяйственных (зерно, корма, комбикорма, комбикормовое сырье и т.д.) и пищевых (мясное сырье, полуфабрикаты, колбасные изделия, сыры, масло, печенья, и т.д.) продуктов. При помощи инфракрасных анализаторов определяют такие показатели, как влага, протеин, клетчатка, жир, зола, крахмал, лигнин и другие (в том числе аминокислоты в сырье) в твердых, размолотых, неразмолотых, жидких и пастообразных продуктах, с использованием стандартов отражения NIST, первичных стандартных образцов (SRM). Продолжительность анализа на все показатели составляет около одной минуты. В приборе использован монохроматор на основе дифракционной решетки с предварительным разложением излучения в спектр, запатентованная автоматическая настройка длин волн при каждом сканировании. Приемник инфракрасного излучения на основе арсенида индия-галлия (InGaAs) обеспечивает стабильные характеристики, высокое отношение сигнал/шум и более высокую стабильность.

Оценка химического состава мяса имеет важное значение в связи с его взаимосвязью с качественными и вкусовыми характеристиками, полезностью продукта и влиянием на здоровье потребителей. NIR используют для определения внутримышечного содержания жира, белка в говядине и свинине при условии гомогенизации образцов [10]. Отмечено, что в зависимости от состава кормов с подсолнечником, льняным семенем химический состав мяса говядины различался, в т.ч. по жирнокислотному составу [11].

Таким образом, результаты исследований показывают, что БИК-спектроскопия способна в массовых анализах успешно конкурировать с классическими химическими методами для оперативной оценки химического состава мяса и мясопродуктов, использовании в управлении качеством и контроле технологических процессов.

Поскольку мясо является основным источником липидов в рационе человека, то важно контролировать его жирнокислотный состав в связи с рекомендациями ВОЗ по снижению общего потребления жиров и насыщенных жирных кислот при одновременном увеличении потребления полиненасыщенных жирных кислот [11]. В этом случае БИК-анализ позволяет оперативно контролировать жирнокислотный состав мяса с высокой точностью моделей прогнозирования в зависимости от содержания жиров и состава жирных кислот [12], оценке числа двойных связей, связей C–H [13]. Основными источниками полиненасыщенных жирных кислот в мясе являются фосфолипиды, которые находятся в плазме и внутриклеточных мембранах, в отличие от триацилглицеролов, которые находятся в дискретных высококонцентрированных липидных каплях. Корреляция спектральных данных спектроскопии NIR с абсолютной концентрацией жиров более точная, так как поглощение NIR зависит от количества молекулярных связей в органической матрице [14,15], что подтверждается результатами анализа гомогенизированной говядины на содержание жира и жирных кислот, линолевой кислоты [15,16].

Использование спектроскопии NIR в качестве неразрушающего и быстрого аналитического метода для целей контроля качества мяса может представлять интерес для производителей и мясоперерабатывающих предприятий. Так, технологические параметры, такие как водоудерживающая способность, цвет и pH являются важными качественными характеристиками мяса. NIR спектроскопия пригодна для скрининговых целей оценки таких показателей [16–19]. При оценке pH БИК-спектроскопия подходит для скрининга образцов говядины [17, 20]. Показано, что значения pH варьируются между образцами, в зависимости от мраморности [21], степени измельчения, что важно для технологов [19].

Ближняя инфракрасная спектроскопия была протестирована для прогнозирования других технологических особенностей, таких как способность удерживать воду. Приемлемые уравнения БИК-анализа для целей скрининга были разработаны на примере говядины. Тем не менее гетерогенность образцов мяса и низкая повторяемость измерений влагоудерживающей способности мяса были указаны в качестве возможных причин ограниченной способности спектроскопии NIR прогнозировать старение и потери при варке [22, 23]. Также показана возможность БИК-анализа для классификации говяжьих туш по нежности [24].

В последние годы в связи с рекомендациями по питанию, предложенными ВОЗ, изучается несколько стратегий улучшения состава продуктов животного происхождения, предназначенных для потребления человеком, например, модулирующая генетика и диета [25]. Однако повышенная концентрация диетических ненасыщенных жирных кислот может оказывать негативное влияние на качество жиров. Результаты исследований показывают, что, например, в колбасных изделиях можно с высокой точностью оценить профиль жирных кислот [26] с учетом того, что колбасы имеют сложную матрицу, состоящую из мясных и жировых смесей, полученных

из различных анатомических областей и потенциально различных видов животных. Для этого разработаны калибровки NIR для сложных продуктов и нетрадиционных аналитических параметров, например, для контроля жирнокислотного состава животных, кормящихся различными диетами, быстрого контроля качества колбас. Такая информация может быть использована для оценки срока хранения колбасных изделий, дополнительной характеристики пищевой ценности, например, для оценки содержания солей и свободных аминокислот [27].

Сегодня потребители делают акцент на аспектах мяса, связанных с качеством, таких как характеристики животных (вид, порода), географическое происхождение, система кормления и др. По мере расширения возможностей обеспечения дифференцированного мяса и мясопродуктов повышенными качественными характеристиками потребители готовы платить за такие продукты [28]. Чтобы гарантировать, что потребителя не обманывают при продаже мяса и мясопродуктов с учетом качества, происхождения, видам, требуются инструменты для быстрого и успешного подтверждения этих параметров.

БИК-спектроскопию успешно применяют для целей идентификации крупного рогатого скота, ламы и конины с точностью до 100% [29, 30], для оценки, например, наличия свинины в телячьей колбасе [31], классификации

мяса по географическому происхождению [32]. Причем удается даже увидеть различия между результатами исследований, связанными с разными системами кормления, применением комбикормов, высокоолеиновой диетой или высокой линоленовой диетой по рационам из рапса и льняного семени [33].

Заключение

С каждым годом число публикаций по применению БИК-анализа для оценки качества мяса и мясных изделий возрастает, что связано, прежде всего, с отсутствием специальной пробоподготовки, экологичностью метода, разработкой новых высокоэффективных БИК-анализаторов. БИК-спектроскопия становится мощным аналитическим инструментом для сравнительной характеристики изучаемых образцов, в качественном и количественном анализе мяса, мясопродуктов, идентификации товаров, оценке происхождения. Появление портативных БИК-анализаторов позволяет оперативно контролировать качество продукции и принимать решения на любом этапе технологического процесса как в сельскохозяйственных, так и перерабатывающих предприятиях. Для дальнейшего развития данного метода необходимо также иметь широкий спектр государственных стандартных образцов. Исследование проведено при поддержке гранта РНФ 20-16-00032.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCE

- Елисева О.В., Елисеев А.Ф., Белопухов С.Л. Применение ближней инфракрасной спектроскопии для анализа химического состава базилика. *Бутлеровские сообщения*. 2019;60(12):152-156. [Yeliseyeva O.V., Yeliseyev A.F., Belopukhov S.L. Application of near infrared spectroscopy to analyze the chemical composition of basil. *Butlerov messages*. 2019;60(12):152-156. (In Russ.)]
- Enakiev Y.I., Grishina E.A., Belopukhov S.L., Dmitrevskaya I.I. Application of NIR spectroscopy for cellulose determination in flax. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018;24(5):897-901.
- Belopukhov S., Dmitrevskaya I., Grishina E., Zaitsev S., Uschapovsky I. Effects of Humic Substances Obtained from Shives on Flax Yield Characteristics. *Journal of Natural Fibers*. 2017;14(1):126-133.
- Юшина Ю.К., Куликовский А.В., Становова И.А. Унификация методов контроля качественных характеристик мяса и мясных продуктов. Все о мясе. 2016;(4):18-21. [Yushina Yu.K., Kulikovskiy A.V., Stanovova I.A. Unifikatsiya metodov kontrolya kachestvennykh kharakteristik myasa i myasnykh produktov. *Vse o myase*. 2016;(4):18-21. (In Russ.)]
- Roberts J.J., Motin J.C., Swain D., Cozzolino D. A feasibility study on the potential use of near infrared reflectance spectroscopy to analyze meat in live animals: discrimination of muscles. *Journal of Spectroscopy*. 2017. Article ID 3948708
- Chapman J., Elbourne A., Truong V.K., Cozzolino D. Shining light into meat — a review on the recent advances in vivo and carcass applications of near infrared spectroscopy. *International Journal of Food Science and Technology*. 2020;55(3):935-941.
- Santos, C.A.T., Lopo, M., Páscoa, R.N.M.J. A Review on the Applications of Portable near-Infrared Spectrometers in the Agro-Food Industry. *Appl. Spectrosc.* 2013;67(11):1215-1233.
- Porep J.U., Kammerer D.R., Carle R. On-Line Application of Near Infrared (NIR) Spectroscopy in Food Production. *Trends Food Sci. Technol.* 2015;46(2A):211-230.
- Niu Zhiyou, Han Lujia, Su Xiao-ou, Yang Zhenhai Nongye gongcheng xuebao. *Trans. Chin. Soc. Agr. Eng.* 2005;21(4):155-157.
- Prieto N., López-Campos Ó., Aalhus J.L. Use of near Infrared Spectroscopy for Estimating Meat Chemical Composition, Quality Traits and Fatty Acid Content from Cattle Fed Sunflower or Flaxseed. *Meat Sci.* 2014;98(2):279-288.
- Wood J.D., Richardson I.R., Nute G.R. Effects of Fatty Acids on Meat Quality: A Review. *Meat Sci.* 2003;(66):21-32.
- Guy F., Prache S., Thomas A. Prediction of Lamb Meat Fatty Acid Composition Using near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS). *Food Chem.* 2011;127(3):1280-1286.
- Prieto N., Ross D.W., Navajas E.A. Online Prediction of Fatty Acid Profiles in Crossbred Limousin and Aberdeen Angus Beef Cattle Using near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Anim.* 2011;5(1):155-165.
- Mourou B.P., Gruffat D., Durand D. Breeds and Muscle Types Modulate Performance of Near-Infrared Reflectance Spectroscopy to Predict the Fatty Acid Composition of Bovine Meat. *Meat Sci.* 2015;(99):104-112.
- Azizian H., Kramer J. A Rapid Method for the Quantification of Fatty Acids in Fats and Oils with Emphasis on *Trans* Fatty Acids Using Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy (FT-NIR). *Lipids*. 2005;40(8):855-867.
- Kapper C., Klont R.E., Verdonk J.M.A.J. Prediction of Pork Quality with Near Infrared Spectroscopy (NIRS): 1. Feasibility and Robustness of Nirs Measurements at Laboratory Scale. *Meat Sci.* 2012;91(3):294-299.
- Balage J.M., Luze Silva, S., Gomide C.A. Predicting Pork Quality Using Vis/Nir Spectroscopy. *Meat Sci.* 2015;(108):37-43.
- De Marchi M., Penasa M., Cecchinato A. The Relevance of Different near Infrared Technologies and Sample Treatments for Predicting Meat Quality Traits in Commercial Beef Cuts. *Meat Sci.* 2013;(93):329-335.
- De Marchi M., Penasa M., Battagin M. Feasibility of the Direct Application of near-Infrared Reflectance Spectroscopy on Intact Chicken Breasts to Predict Meat Color and Physical Traits. *Poult. Sci.* 2011;90(7):1594-1599.
- Liao Y.-T., Fan Y.-X., Cheng F. On-Line Prediction of Fresh Pork Quality Using Visible/near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Meat Sci.* 2010;86(4):901-907.
- Prieto N., Roehe R., Lav n P. Application of near Infrared Reflectance Spectroscopy to Predict Meat and Meat Products Quality: A Review. *Meat Sci.* 2009;(83):175-186.
- Elmasry G., Barbin D.F., Sun D.-W. Meat Quality Evaluation by Hyperspectral Imaging Technique: An Overview. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2012;52(8):689-711.
- Prieto N., Andrés S., Giráldez F.J. Ability of near Infrared Reflectance Spectroscopy (Nirs) to Estimate Physical Parameters of Adult Steers (Oxen) and Young Cattle Meat Samples. *Meat Sci.* 2008;(79):692-699.
- Scollan N.D., Dannenberger D., Nuernberg K. Enhancing the Nutritional and Health Value of Beef Lipids and Their Relationship with Meat Quality. *Meat Sci.* 2014;97(3):384-394.
- Dugan M.E.R., Vahmani P., Turner T.D. Pork as a Source of Omega-3 (N-3) Fatty Acids. *J. Clin. Med.* 2015;4(12):1999-2011.
- Fernández-Cabanás V.M., Polvillo O., Rodríguez-Acuña R. Rapid Determination of the Fatty Acid Profile in Pork Dry-Cured Sausages by Nir Spectroscopy. *Food Chem.* 2011;124(1):373-378.

27. Prevornik M., Škrlep M., Janež L. Accuracy of near Infrared Spectroscopy for Prediction of Chemical Composition, Salt Content and Free Amino Acids in Dry-Cured Ham. *Meat Sci.* 2011;88(2):299–304.

28. Honeyman M.S., Pirog R., Huber G. The United States Pork Niche Market Phenomenon. *J. Anim. Sci.* 2006;84(8):2269–2275.

29. Mamani-Linares L.W., Gallo C., Alomar D. Identification of Cattle, Llama and Horse Meat by Near Infrared Reflectance or Transflectance Spectroscopy. *Meat Sci.* 2012;90(2):378–385.

30. Restaino E., Fassio A., Cozzolino D. Discrimination of Meat Patés According to the Animal Species by Means of near Infrared Spectroscopy and Chemometrics Discriminación De Muestras De Paté De Carne Según Tipo De Especie Mediante El Uso De La Espectroscopia En El Infrarrojo Cercano Y La Quimiometria. *CyTA. J. Food.* 2011;9(3):210–213.

31. Schmutzler M., Beganovic A., Böhler G. Methods for Detection of Pork Adulteration in Veal Product Based on Ft-Nir Spectroscopy for Laboratory, Industrial and on-Site Analysis. *Food Control.* 2015;(57):258–267.

32. Sun S., Guo B., Wei Y. Classification of Geographical Origins and Prediction of $\Delta 13c$ and $\Delta 15n$ Values of Lamb Meat by near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Food Chem.* 2012;135(2):508–514.

33. Zamora-Rojas E., Pérez-Marín D., De Pedro-Sanz E. In-Situ Iberian Pig Carcass Classification Using a Micro-Electro-Mechanical System (Mems)-Based near Infrared (Nir) Spectrometer. *Meat Sci.* 2012;90(3):636–642.

ОБ АВТОРАХ

Белопухов Сергей Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры химии

Зайцев Сергей Юрьевич, доктор биологических наук, доктор химических наук, профессор

Золотарев Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор

Салаев Бадма Катинович, кандидат педагогических наук, профессор

ABOUT THE AUTHORS

Sergey L. Belopukhov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Chemistry

Sergey Yu. Zaitsev, Doctor of Biological Sciences, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Sergey Zolotarev V., Doctor of Technical Sciences, Professor

Badma K. Salaev, Candidate of Pedagogical Sciences, professor

НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ •

Коронавирус свиней может представлять угрозу для человека

Исследователи из Университета Северной Каролины в Чапел-Хилл пришли к мнению, что коронавирус, который поражает свиней в Китае, может передаваться людям. Речь в данном случае идет о коронавирусе синдрома острой диареи (о SADS-CoV). Экспериментально американскими учеными было доказано, что вирус способен воспроизводиться и в клетках человека. У свиней он вызывает заболевания пищеварительной системы – сильную диарею и рвоту и особенно опасен для поросят. По результатам проведенного исследования отмечается, что данные вирусы могут оказаться опасны-

ми из-за их способности быстро передаваться между видами. Пока не были установлены случаи заражения SADS-CoV среди людей, но пандемия SARS-CoV-2 ясно дала понять, что коронавирусы животных могут передаваться людям. Было установлено также, что к вирусу чувствительны различные типы клеток млекопитающих, в том числе клетки легких и кишечника человека. В отличие от вызвавшего нынешнюю пандемию SARS-CoV-2, вирус SADS-CoV быстрее размножается не в легких, а в кишечнике.

В исследовании отмечается, что вместе со способностью быстро размножаться в клетках легких и кишечника человека вирус демонстрирует также и серьезный потенциальный риск возникновения заболевания в будущем как у людей, так и у популяций животных.

