

*Key words: chips, snacks, jerky, snack products, collagen-containing raw materials, collagen, flavoring additives.*

---

УДК 543.424.2:577.115.3:664.325

## ИЗУЧЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА СВИННОГО ЖИРА МЕТОДАМИ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ И РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

*Ильин Николай Александрович, аспирант, старший лаборант  
Экспериментальной клиники-лаборатории биологически активных добавок  
животного происхождения, ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых  
систем им. В.М. Горбатова» РАН, e-mail: [n.ilin@fncps.ru](mailto:n.ilin@fncps.ru)*

ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова»  
РАН, Россия, Москва, e-mail: [info@fncps.ru](mailto:info@fncps.ru)

**Аннотация:** в данной работе проверялась возможность применения метода Рамановской спектроскопии для изучения жирнокислотного состава. Объектами служила жировая ткань свиней пород Алтайская и Ливенская двух локализаций – хребтовый и боковой участок. Для сравнения образцы были также изучены методом газовой хроматографии. Рамановская спектроскопия подтвердила свою эффективность при исследовании липидома.

**Ключевые слова:** Раман, спектроскопия, хроматография, жир, свинья.

**Введение.** Рамановская спектроскопия зарекомендовала себя как надежный метод исследования во многих сферах научной деятельности. Преимуществами Рамановской спектроскопии перед другими методами являются неинвазивность, бесконтактность, минимальная пробоподготовка, скорость исследования, экологичность (нет необходимости расходовать органические растворители) [1].

Метод развивается, разрабатываются новые методики обнаружения различных веществ, в том числе в животных тканях [2].

На сегодняшний день крайне важно наличие метода, с помощью которого возможно определить отличия состава жира у различных пород свиней.

**Цель работы:** определить возможности Рамановской спектроскопии в исследованиях образцов жировой ткани свиней и подтвердить ее эффективность, сравнив полученные данные с классическим стандартизованным методом газовой хроматографии.

**Материалы и методы.** В качестве исследуемого образца выступала жировая ткань, отобранная с бокового и хребтового участков туш свиней пород Алтайская и Ливенская. Их размеры составляли 1 на 3 см. Образцы отстаивались до приобретения комнатной температуры.

### *Рамановская спектроскопия*

Исследования проводились на конфокальном спектрографе InVia Raman (Renishaw, UK). Использовался лазер с длиной волны 785 нм при мощности 100%. Время снятия каждого спектра составляло 10 сек, количество аккумуляций – 3. Все исследования проводились на объективе x50L.

В дальнейшем спектры подвергались обработке в несколько этапов:

- отсечение краев спектра с отсутствием пиков;
- удаление «космических лучей»;
- удаление базовой линии;
- проведение нормализации;
- проведение спектра через фильтр Савицкого-Голяя 5 на 3.

Работа с прибором и дальнейшая обработка спектров проводилась в программе WiRE версии 5.5.24865-r5.5.HF2 [2].

### *Газовая хроматография*

Для хроматографического анализа образец расплавляли на лабораторной плитке. для получения метиловых эфиров жирных кислот отбирали 200 мкл расплавленного жира и переносили в центрифужную пробирку емкостью 15 мл. Всего добавляли 2 мл 2М раствора гидроксида калия в метаноле, затем 4 мл гексана и центрифугировали 1–3 мин при 3000–5000 об/мин. После центрифугирования 200 мкл верхнего гексанового слоя переносили в хроматографическую пробирку и добавляли 800 мкл чистого гексана для разбавления концентрации жирных кислот. Полученный образец анализировали на газовом хроматографе Agilent 7890 с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Agilent HP 5 30 м × 0,32 мм × 0,25 мкм (газ-носитель: азот) (Agilent Technologies, Inc., Калифорния, США). Данные по жирным кислотам представлены в г/100 г общего количества жирных кислот [3, 4].

Расчеты корреляции производились в программе Microsoft Excel с помощью пакета анализа данных.

**Результаты и обсуждения.** На рамановских спектрах видны отличия на некоторых участках. Особенно сильно эта разница видна на полосах 1061/1068, 1127,1266/1272 и 1650/1655 (Рисунок 1).

Для дальнейших расчетов данные были собраны в таблицу интенсивности конкретных пиков, отвечающих за определенные химические связи [2] (Таблица 1).

Для получения относительных значений, были рассчитаны соотношения интенсивностей ненасыщенных пиков к насыщенным. Затем, путем вычисления среднего геометрического соотношения, из полученных данных было рассчитано относительное количество ненасыщенных жирных кислот, которое мы можем сравнить с данными газовой хроматографии [2] (Таблица 2).

Полученные данные показывают различия в содержании жирных кислот с двойными связями (ненасыщенные ЖК) в жире в зависимости от породы и от локализации. Шпик от свиней Ливенской породы содержал на 21-34% ненасыщенных ЖК меньше, чем соответствующие образцы шпика свиней Алтайской породы.

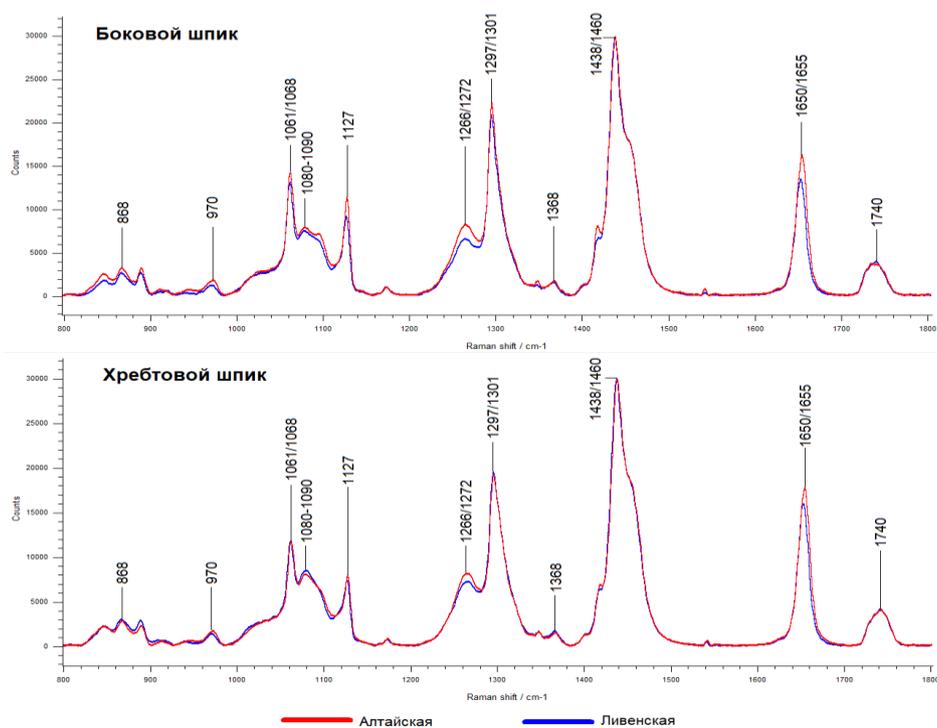


Рисунок 1 – Рамановские спектры бокового и хребтового шпиков свиней пород Алтайская и Ливенская

Таблица 1  
Сводная таблица интенсивностей спектров образцов жировой ткани

№	Положение пика (см <sup>-1</sup> )	Химическая группа	Боковой шпик		Хребтовой шпик	
			Алтайская	Ливенская	Алтайская	Ливенская
1	868	C-C, C-O	3160.61	2655.15	2763.84	2934.31
2	970	"=C-H"	1847.24	1202.33	2130.31	1370.92
3	1061/1068	C-C	14343.6	13189.8	14425.9	11804.4
4	1080–1090	C-C	7898.12	6926.89	8435.04	8040.02
5	1127	C-C	11276.6	9274.33	11962.3	7369.89
6	1266/1272	"=C-H"	8120.64	6470.21	9456.01	7127.59
7	1297/1301	CH <sub>2</sub>	22328.2	21093.4	25406.4	19714.8
8	1368	CH <sub>3</sub>	1689.51	1542.52	1885.1	1642.47
9	1438/1460	CH <sub>2</sub>	30203.4	30032.9	30617.5	30594.8
10	1650–1655	C=C	16300.6	13559.8	17013	15971.4
11	1740	C=O	3593.52	3969.23	3960.55	4110.98

Данные газовой хроматографии подтверждают эти различия, хоть и с меньшим разбросом (Таблица 3).

Таблица 2

## Соотношение интенсивности пиков ненасыщенных жирных кислот к насыщенным

Отношения интенсивностей (I) рамановских сигналов	Боковой шпик		Хребтовой шпик	
	Алтайская	Ливенская	Алтайская	Ливенская
I <sub>970</sub> /I <sub>1297</sub>	0.083	0.057	0.084	0.070
I <sub>970</sub> /I <sub>1430</sub>	0.061	0.040	0.070	0.045
I <sub>970</sub> /I <sub>1735</sub>	0.514	0.303	0.538	0.333
I <sub>1266</sub> /I <sub>1297</sub>	0.364	0.307	0.372	0.362
I <sub>1266</sub> /I <sub>1430</sub>	0.269	0.215	0.309	0.233
I <sub>1266</sub> /I <sub>1735</sub>	2.260	1.630	2.388	1.734
I <sub>1655</sub> /I <sub>1297</sub>	0.730	0.643	0.670	0.810
I <sub>1655</sub> /I <sub>1430</sub>	0.540	0.451	0.556	0.522
I <sub>1655</sub> /I <sub>1735</sub>	4.536	3.416	4.296	3.885
Относительное количество ненасыщенных жирных кислот	0.466	0.347	0.481	0.398

Таблица 3

## Данные, полученные методом газовой хроматографии

Показатели	Боковой шпик		Хребтовой шпик	
	Алтайская	Ливенская	Алтайская	Ливенская
Ненасыщенные ЖК, %	63.839	56.599	63.675	61.331
Насыщенные ЖК, %	36.160	43.402	36.326	38.668

**Выводы.** Рамановская спектроскопия подтвердила свою пригодность при работе с животными жирами. Для более четкой интерпретации необходимо создание базы данных рамановских спектров. Это также позволит, базируясь на гостированных количественных методах, таких как газовая хроматография, разработать количественный метод определения ЖК методом рамановской спектроскопии – универсальный метод изучения жирнокислотного состава как животных жиров, так и растительных масел, для которого не требуется специальная пробоподготовка и применение дорогостоящих реактивов.

## Библиографический список

1. Wang K., Li Z., Li J., Lin H. Raman spectroscopic techniques for nondestructive analysis of agri-foods: A state-of-the-art review // Trends in Food Science and Technology. 2021. № 118. С. 490–504.
2. Пчелкина В.А., Чернуха И.М., Никитина М.А., Ильин Н.А. Жировая ткань свиней двух разных пород и места: морфология и рамановские исследования // Продукты питания и сырье. 2023. №1.
3. Иванкин А.Н., Олиференко Г. Л., Куликовский А. В., Чернуха И.М., Семенова А.А., Спиридонов К.И., Насонова В.В. Определение ненасыщенных жирных кислот с мигрирующей двойной связью в сложных биологических

матрицах методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным и масс-спектрометрическим детектированием // Журнал аналитической химии. 2016. Т. 71. № 11. С. 1188–1195.

4. ГОСТ 17567-81. Хроматография газовая. Термины и определения: государственный стандарт союза ССР : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 9 июня 1981 г. N 2880: дата введения 1982-07-01. – Москва : Московский печатник, 1981. - 12 с. - Текст : непосредственный.

5. Моделирование мехатронных систем производства инстантированных напитков с добавлением амарантовой муки / А. М. Попов, К. Б. Плотников, П. П. Иванов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 273-281

## STUDYING THE FATTY ACID COMPOSITION OF PIG FAT BY GAS CHROMATOGRAPHY AND RAMAN SPECTROSCOPY METHODS

*Ilyin Nikolay Aleksandrovich*, graduate student, senior laboratory assistant at the Experimental Clinic-Laboratory of Biologically Active Additives of Animal Origin, Federal Scientific Center for Food Systems named after. V.M. Gorbatov RAS, e-mail: [n.ilin@fncps.ru](mailto:n.ilin@fncps.ru)

Federal Scientific Center for Food Systems named after. V.M. Gorbatov RAS, Russia, Moscow, e-mail: [info@fncps.ru](mailto:info@fncps.ru)

**Abstract:** *In this work, the possibility of using the Raman spectroscopy method to study the fatty acid composition was tested. The objects were adipose tissue of pigs of the Altai and Livenskaya breeds of two localizations - the spinal and lateral sections. For comparison, samples were also studied by gas chromatography. Raman spectroscopy has proven its effectiveness in studying the lipidome.*

**Key words:** *Raman, spectroscopy, chromatography, fat, pig.*

---

УДК 664.97

## ПРОИЗВОДСТВО КОРМА ДЛЯ РЫБ

*Каимбаева Лейла Амангельдиновна*, д-р техн. наук, профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, e-mail: [kleila1970@mail.ru](mailto:kleila1970@mail.ru)

*Оразгалиева Каламкас Сериковна*, магистр с/х наук, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, e-mail: [o.kalam\\_1985@mail.ru](mailto:o.kalam_1985@mail.ru)

*Исембердиева Назым*, докторант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, e-mail: [nazymissemberdiyeva@gmail.com](mailto:nazymissemberdiyeva@gmail.com)