




Исследование состава сахаров в хлебцах хрустящих, обогащенных яблочным порошком

Эльвира А. Пьяникова	¹	alia1969@ya.ru	 0000-0003-4424-7323
Ирина В. Черемушкина	²	ir-inacher2010@yandex.ru	 0000-0002-6016-0220
Анна Е. Ковалева	¹	a.e.kovaleva@yandex.ru	 0000-0001-7807-1755
Екатерина И. Быковская	¹	ekaterina.bykovskaya@inbox.ru	




¹ Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Представлены результаты влияния сухого порошка, полученного из яблок сорта «Антоновка», произрастающих в Курской области, на состав сахаров в хлебцах хрустящих. В рецептуре хлебцев частично заменили пшеничную цельнозерновую и ржаную муку яблочным порошком в количестве 10, 15 и 20%. С использованием инфракрасной спектроскопии были получены колебания характерных частот органических соединений, что позволило выявить характерные частоты функциональных групп. Как показывают исследования, в продуктах из яблок в основном преобладает яблочная кислота, на долю которой приходится 72-82% от общей суммы кислот. Также в яблочном сырье содержится лимонная кислота, на долю которой приходится примерно 2-4% и янтарная – 6-9 %. Летучие кислоты в количестве 1-4% обнаружены в яблочном порошке. В тесте с добавлением яблочного порошка повышается начальная кислотность и незначительно увеличивается содержание летучих кислот. Опытным путем установлено, что вводимое дополнительное сырье стимулирует процесс брожения теста. При этом продолжительность процесса созревания теста сокращается до 30-40 мин, а продолжительность расстойки – на 15 мин. Сравнительный анализ ИК-спектров яблочного порошка и трех образцов хлебцев (с содержанием 10, 15 и 20% яблочного порошка) и моносахаридов показал следующий моносахаридный состав: наличие галактозы, арабинозы, маннозы и, предположительно, сахарозы. Полученные в ходе исследования данные достаточно хорошо согласовываются с литературными данными по моносахаридному составу. Проведенными исследованиями установлено, что с помощью метода ИК-спектроскопии достаточно просто и быстро можно определить моносахаридный состав продукта.

Ключевые слова: яблочный порошок, хлебцы хрустящие, ИК-спектроскопия, моносахариды, параметры, технологический процесс

The effect of apple powder on the consumption of crispbread

Elvira A. Pyanikova	¹	alia1969@ya.ru	 0000-0003-4424-7323
Irina V. Cheremushkina	²	ir-inacher2010@yandex.ru	 0000-0002-6016-0220
Anna E. Kovaleva	¹	a.e.kovaleva@yandex.ru	 0000-0001-7807-1755
Katherine I. Bykovskaya	¹	ekaterina.bykovskaya@inbox.ru	

¹ South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. This study presents the results of the effect of a dry powder obtained from Antonovka apples growing in the Kursk region on the composition of sugars in crispbread. In the crispbread recipe, whole wheat and rye flour was partially replaced by apple powder in the amount of 10, 15 and 20%. The vibrations of the characteristic frequencies of organic compounds were obtained using infrared spectroscopy, this way it possible to identify the characteristic frequencies of functional groups. Studies show that apple products contain malic acid, which accounts for 72-82% of the total amount of acids. Also, raw apple materials contain citric acid, which accounts for about 2-4% and succinic – 6-9%. Volatile acids in an amount of 1-4% are found in malic powder. In the test with the addition of apple powder, the initial acidity increases and the content of volatile acids also increases but only slightly. It has been experimentally established that the introduced additional raw materials stimulate the fermentation process of the dough. At the same time, the duration of the ripening test is reduced to 30-40 minutes, and the duration of the proofing is equal to 15 minutes. A comparative analysis of the IR spectra of apple powder and three samples of bread (with a content of 10, 15 and 20% of apple powder) and monosaccharides showed the following monosaccharide composition: the presence of galactose, arabinose, mannose and, presumably, sucrose. The data obtained during the study corresponds fairly well with the literature data on the monosaccharide composition. Studies have shown that using the method of IR spectroscopy, the monosaccharide composition of the product can be obtained in a quite simple and fast way.

Keywords: apple powder, crispy bread, I-R spectroscopy, monosaccharides, parameters, technological process

Введение

Производство продуктов здорового питания является одним из важных путей улучшения состояния здоровья населения и увеличение продолжительности жизни. Интенсивно расширяющаяся линейка таких товаров продукты функционального и специализированного назначения [1–3].

Особого внимания заслуживают продукты на основе растительного сырья, в том числе и с применением функциональных ингредиентов в производстве изделий, которые не изменяют органолептические свойства продукта, однако способствуют снижению его калорийности [4–5].

Для цитирования

Пьяникова Э.А., Черемушкина И.В., Ковалева А.Е., Быковская Е.И. Исследование состава сахаров в хлебцах хрустящих, обогащенных яблочным порошком // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 157–163. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-157-163

For citation

Pyanikova E.A., Cheremushkina I.V., Kovaleva A.E., Bykovskaya K.I. The effect of apple powder on the consumption of crispbread. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 157–163. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-157-163

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Обогащение хлебобучных изделий открывает возможности направленной биокоррекции организма с целью профилактики и лечения широкого круга заболеваний [6–9].

Использование в рецептуре хлебцев хрустящих яблочного порошка оказывает влияние на параметры технологического процесса производства и физико-химические показатели качества готового продукта [10].

В настоящее время инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия) широко используется для качественного анализа продуктов и для установления конфигурации и типов гликозидных связей, обнаружения водородных связей, различных функциональных групп и т.д. [11–13].

Исследования в области ИК-спектроскопии яблочного порошка в составе рецептур хлебцев хрустящих в разном процентном соотношении достаточно малочисленны и направлены преимущественно на установление наличия каких-либо функциональных групп.

Целью настоящего исследования являлось проведение качественного анализа моносахаридного состава хлебцев от введения в их рецептуру яблочного порошка в различных пропорциях.

Материалы и методы

Инфракрасная спектроскопия позволяет определять характерную частоту колебаний органических соединений, а в сложных белках и углеводах – характерные частоты функциональных групп. Важным результатом является обнаружение интервала частоты, который соответствует определенному колебанию атомной группировки. Каждый интервал частот будет соответствовать частоте структурно-родственных молекул, имеющих в своем составе данную группировку. Пики, входящие в данную группу, позволяют идентифицировать органические соединения (О-Н, N-Н, С-Н, S-Н). Инфракрасные спектры возникают за счет переходов между колебательными и вращательными уровнями основного электронного состояния при поглощении падающего излучения. Не все колебания сопровождаются изменением электрического дипольного момента μ связи, поэтому не все колебания могут быть обнаружены. Колебание становится активным в ИК-спектре при условии, что первая производная по нормальной координате не равна нулю: $d\mu/dr \neq 0$. В силу этого свойства полярные соединения соответствуют самым интенсивным полосам [14].

ИК-спектр делится на три области: ближнюю – от 12000 до 4000 см^{-1} , среднюю – от 4000 до 200 см^{-1} , дальнюю – от 200 до 10 см^{-1} . Дальняя область позволяет обнаружить тяжелые молекулы органических соединений, ближняя – легкие молекулы: воду, углекислый газ и т. д. Интервал частот 4000–2500 см^{-1} принадлежит области валентных колебаний простых связей X–H: О-Н, N-Н, С-Н, S-Н, а для валентных колебаний простых связей типа X–V: С-С, С-N, С-O и деформационных колебаний простых связей X–H: С-Н, О-Н, N-Н – 1500–500 см^{-1} . Область определения функциональных групп лежит в интервале от 3600

до 2100 см^{-1} , также включает в себя валентные колебания простых связей С-Н, О-Н, N-Н, С-Н, S-Н. В интервале от 3600 до 3200 см^{-1} можно обнаружить водородные связи в молекуле. От 2100 до 1200 см^{-1} лежит область колебания кратных связей $X=Y$, $X\equiv Y$: $C=C$, $C=O$, $C=N$, $C\equiv C$, $C\equiv N$, что позволяет определить наличие в структуре ароматических и гетероароматических групп.

Интервалу от 1300 до 200 принадлежит область валентных колебаний: С-С, С-N, С-O и деформационных колебаний: С-Н, N-Н, О-Н.

Повышенной информативностью обладают соединения двух областей: 3600–2100 и 2100–1200 см^{-1} , а при обнаружении характерных полос колебаний в этих областях для подтверждения необходимо проверить область 1200 – 200 см^{-1} .

Для определения природы углеродного остова подразделяют три типа колебаний: С-Н – деформация, С-С – деформационное колебание кольца и С-Н колебание.

На длине волны 3100 – 3000 см^{-1} обнаружена $=C-H$ в ароматических соединениях, а $-C-H$ приходится на 3000 см^{-1} для насыщенных алифатических углеводов.

Ароматические углеводороды проявляют С-С деформационное колебание кольца в областях: 1600–1585 см^{-1} и 1500–1400 см^{-1} . Простые ковалентные связи С-Н определяются в интервале 900–675 см^{-1} и в зависимости от волнового числа проявляют различную гибридизацию: для sp^3 – от 2850 до 3000 см^{-1} , для sp^2 – более 3000 см^{-1} , для sp соответствует ~ 3300 см^{-1} . Слабое поглощение в интервале 3080–3030 см^{-1} сопутствующее среднему поглощению в области 1600–1475 см^{-1} , колебаний кольца соответствует наличию ароматического кольца. Сигнал в районе 1605 см^{-1} является следствием ароматичности молекулы. Неароматичность молекулы определяется отсутствием сильного поглощения в области 900–600 см^{-1} [15, 16].

С-С связь бывает различных типов, и для ее определения также используется спектральный метод. При наличии $C\equiv C$ -связи возникает сигнал в области 1680–1640 см^{-1} . В интервале 2260–2100 см^{-1} обнаруживается соединение – $C\equiv C$ – Деформационное колебание $=C-H$ группы наблюдается в интервале 1000–650 см^{-1} а группы – $C\equiv C-H$ – 700–600. Валентные колебания – $C\equiv C-H$ наблюдаются в 3330–3270 см^{-1} . Наличие дублета при волновом числе 1380 см^{-1} означает наличие более чем одной метильной группы у одного углерода [17].

Для определения $C=O$ группы необходимо провести анализ спектра в области 1820–1660 см^{-1} . При ее наличии следует продолжить рассмотрение. Если наблюдается две слабые полосы поглощения в 2850 и 2750 см^{-1} , то обнаруживается поглощение на нижнем значении волнового числа группы С-Н. Этот эффект возникает из-за валентных колебаний $O=C-H$, связи возле 2830 см^{-1} перекрываются обычно с валентными колебаниями С-Н. Тем не менее наличие умеренной связи в области 2720 см^{-1} поможет определить, является ли соединение альдегидным (возникает ли плечеобразный пик). Широкая полоса в интервале 3300–2500 см^{-1} с максимумом в середине

интервала наблюдается вследствие валентных колебаний О-Н-группы карбоксильных кислот, так как они, в основном, образуют водород-связанные димеры. Две или более сильно поглощающие связи в области $1300\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ возникают из-за валентных колебаний С-О в эфирах. Если ни один из приведенных случаев не наблюдается, то это означает, что исследователь имеет дело с кетонной молекулой [18, 19].

Результаты

Внесение в рецептуру хлебцев хрустящих яблочного порошка приводит к повышению кислотности, о чем свидетельствуют данные по результатам исследования физико-химических показателей [9].

В продуктах, содержащих яблочное сырье, присутствуют продукты, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

Состав кислот, содержащихся в яблочном сырье

Table 1.

Composition of acids contained in Apple raw materials

Наименование кислоты Name of the acid	Содержание, % Content, %
Яблочная кислота Apple acid	72–82
Лимонная кислота Lemon acid	2–4
Янтарная кислота Amber acid	6–9
Летучие кислоты Volatile acid	1–4

Повышение кислотности в продукте прямо пропорционально увеличению концентрации яблочного порошка. Нарастание кислотности коррелируется со снижением pH.

В технологии производства хлебцев, в связи с этим, следует сократить процесс брожения до 30–40 мин, в зависимости от количества вносимого порошка.

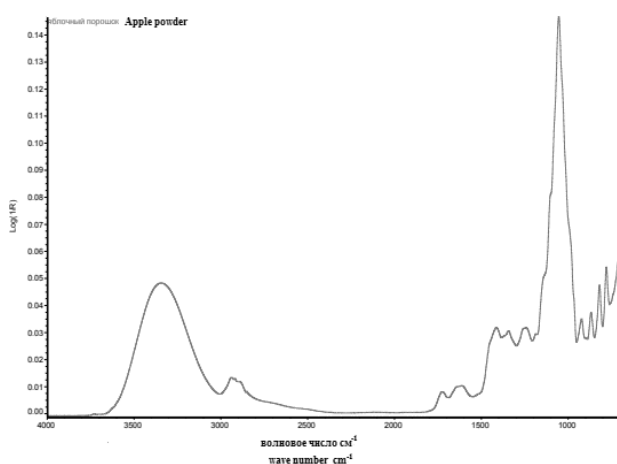


Рисунок 1. Яблочный порошок, спектры

Figure 1. Apple powder, spectra

Состав органических кислот оказывает непосредственное влияние на органолептические характеристики хлебцев. В связи с этим, в образцах определяли содержание яблочной и суммы летучих кислот.

Внесение яблочного порошка в состав теста приводило к незначительному увеличению количества летучих кислот при общем повышенном содержании кислот. Соответственно, послевкусие в хлебцах с яблочным порошком определяется не увеличением процентного содержания летучих кислот, а возрастанием удельного веса яблочной кислоты, что также определяет закономерное снижение pH в процессе брожения теста с яблочным порошком.

При добавлении яблочного порошка продолжительность клейстеризации крахмала и температура клейстеризации возрастают. В наибольшей степени на это влияние оказывает яблочный порошок, что объясняется высоким содержанием пектина.

При отработке технологического процесса экспериментально установлено, что яблочный порошок в достаточной мере стимулирует процесс брожения теста, что позволило сократить продолжительность созревания теста до 30–40 мин и на 15 мин продолжительность расстойки.

Качество готовой продукции зависит от вида и количества добавки. В большей степени порошок улучшает объем хлебцев, пористость. Внесение яблочного порошка более 15% влияет на цвет готовой продукции, значительно затемняя его до темно-коричневого. Таким образом, вносимый яблочный порошок можно добавлять в рецептуру хлебцев в количестве, не превышающем 15% к массе муки.

ИК-спектры образцов с добавлением 10%, 15% и 20% яблочного порошка соответственно (рисунки 1–5).

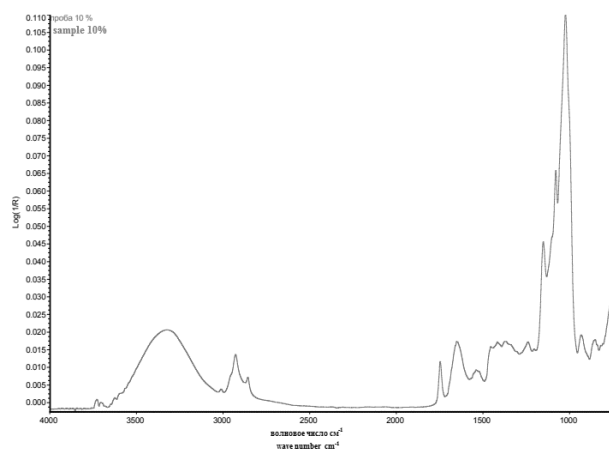


Рисунок 2. Спектры образца № 1 с 10% яблочного порошка

Figure 2. Spectra of sample no. 1 with 10% Apple powder

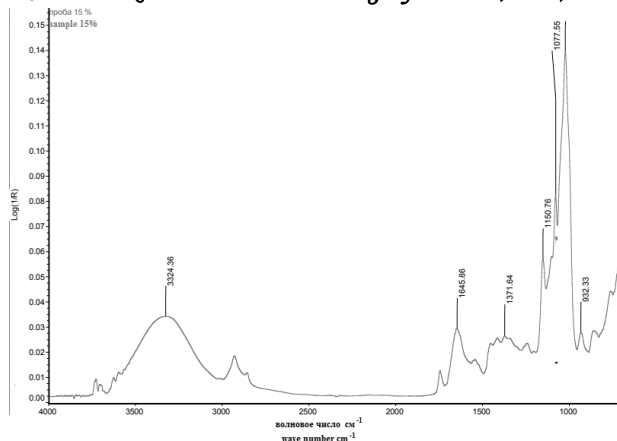


Рисунок 3. Спектры образца № 2 с 15% яблочного порошка

Figure 3. Spectra of sample no. 2 with 15% Apple powder

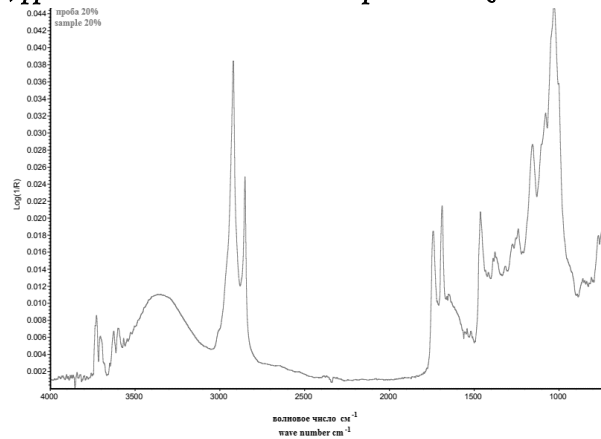


Рисунок 4. Спектры образца № 3 с 20% яблочного порошка

Figure 4. Spectra of sample no. 3 with 20% Apple powder

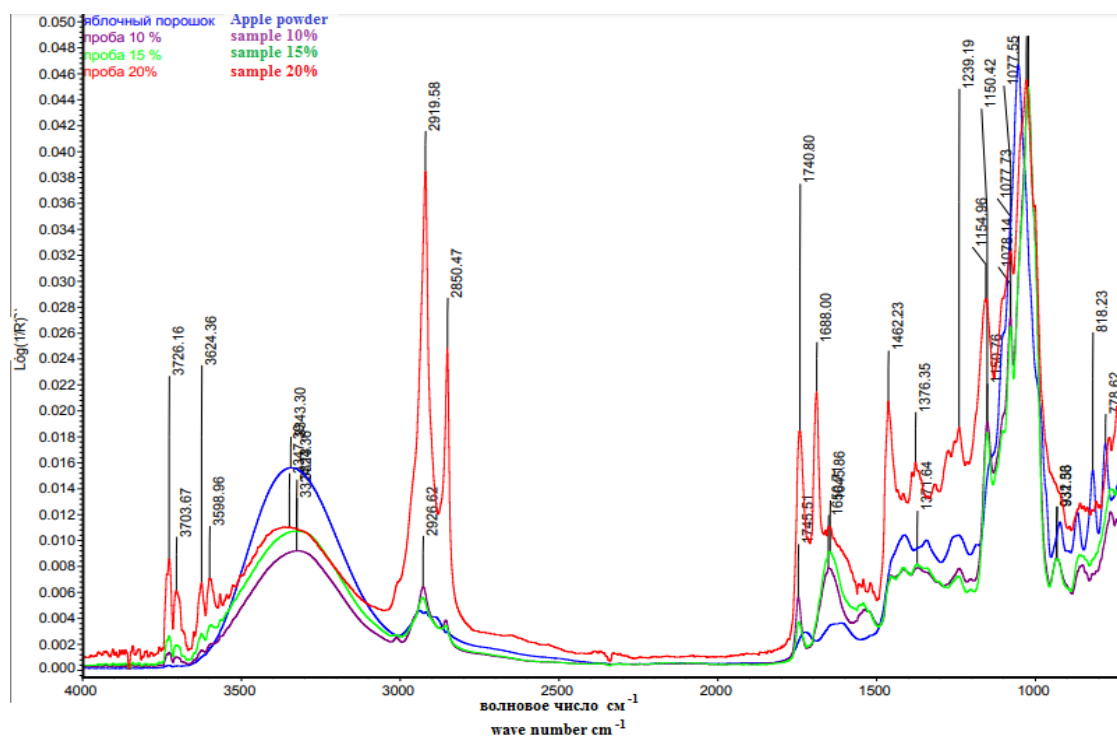


Рисунок 5. Спектры яблочного порошка и образцов № 1, 2, 3

Figure 5. Spectra of Apple powder and samples no. 1, 2, 3

В полученных ИК-спектрах всех трех образцов хлебцев присутствуют все колебания, соответствующие характерным полосам колебаний для яблочного порошка. На наличие неэтерифицированных карбоксильных групп, в образцах №1 и №3 указывает соответствующая частота колебаний $\sim 1730 \text{ см}^{-1}$ при диапазоне волн $1740\text{--}1700 \text{ см}^{-1}$, а частоты колебаний 1155 см^{-1} , $1105\text{--}1100 \text{ см}^{-1}$, $\sim 1075 \text{ см}^{-1}$, 1050 см^{-1} , $1025\text{--}1010 \text{ см}^{-1}$ находятся в области колебания скелета молекулы.

Обсуждение

При исследовании на приборе ИК-Фурье, по спектрам снятым при анализе яблочного порошка из яблок сорта «Антоновка» легко можно выявить его моносахаридный состав. Для детального рассмотрения и выявления наличия в исследуемом образце яблочного порошка присутствие моносахаридов в качестве аналога были использованы спектры простых сахаров, описанные в работе В.А. Седаковой [20], которые представлены на рисунке 6.

На спектрограмме достаточно хорошо видны пики моносахаридов: галактозы, фруктозы, маннозы, арабинозы, дисахарида. В ходе проведенного исследования пики, представленные на рисунке 6 и полученные при исследовании образца яблочного порошка из сорта яблок «Антоновка» (рисунок 1) свидетельствуют о совпадении частот колебаний как минимум по трем полосам. При дальнейшем исследовании образцов хлебцев с внесённым в рецептуру дополнительным компонентом в виде уже изученного яблочного порошка в количестве 10%, 15%, и 20% соответственно имеет место наличие полос пропускания, что свидетельствует о идентификации полученных спектров – спектру сахарозы. Анализируя пики на наличие и соответствие галактозы, можно сделать вывод о том, что имеет место совпадения соответствующих валентным колебаниям связей, представленным в таблице 2.

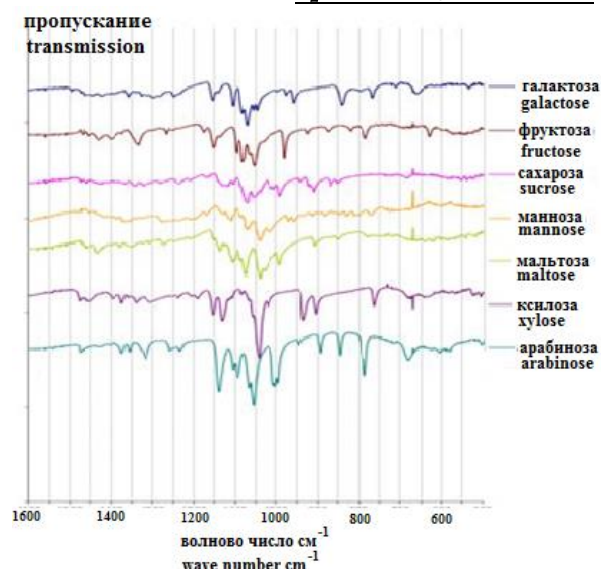


Рисунок 6. Спектры простых сахаров
Figure 6. Spectra of simple sugars

Таблица 2.

Валентные колебания связей

Table 2.

Stretching vibrations of the relations

Тип колебаний Type of oscillation	Частота колебаний Oscillation frequency		
	Галактоза Galactose	Арабиноза Arabinose	Манноза Mannose
Вибрационные колебания пиранозных колец, см ⁻¹ Vibrational vibrations of pyranose rings, cm ⁻¹	-	930–990	-
Колебания простых эфирных связей, см ⁻¹ Fluctuations of simple etheric bonds, cm ⁻¹	-	-	1022
С-О-группа, см ⁻¹ C-O-group, cm ⁻¹	1060–1080	1077–1078	-
С-С-группа, см ⁻¹ C-O-group, cm ⁻¹	1110–1200	-	1154
Деформационные колебания ОН-групп в недиссоциированных карбоксильных группах, см ⁻¹ Deformation oscillations OH-group of non dissociated carboxyl groups, cm ⁻¹	1239	1154	1239

Так как присутствуют совпадения по трем пикам (рисунок 5), то можно предположить о наличии в составе хлебцев моносахарида, такого как галактоза. Что касается исследований по наличию в составе трех образцов хлебцев фруктозы, то однозначно заявлять об этом нельзя, так как имеется всего одно совпадение на полученных спектрах, из чего можно сделать заключение, что ее присутствие в хлебцах маловероятно.

По ИК-спектрам, также можно утверждать о наличии арабинозы и маннозы, о чем свидетельствуют совпадения по трем пикам. Следовательно, арабиноза и манноза входят в состав изучаемых образцов хлебцев, что подтверждает теоретические данные.

Закключение

В результате сравнительного анализа ИК-спектров яблочного порошка полученного

из яблок сорта «Антоновка», произрастающих в Курской области, трех образцов хлебцев хрустящих с внесением яблочного порошка в рецептуру в количестве 10%, 15%, 20% соответственно было определено влияние яблочного порошка, на состав моносахаридов в хлебцах хрустящих.

С использованием ИК-спектроскопии определяется наличие моносахаридов в продукте. Изменение дозировки (увеличение с 10 до 20%) вносимого яблочного порошка на наличие пиков не влияет, а лишь указывает на присутствие в составе галактозы, арабинозы и манноза.

Таким образом, сравнительный анализ спектров яблочного порошка моносахаридов, всех трех образцов хлебцев показал следующий моносахаридный состав: галактоза, арабиноза, манноза и, предположительно, сахароза.

Литература

- 1 Жаркова И.М., Самохвалов А.А., Густинович В.Г., Корячкина С.Я. и др. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 213–217. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-213-217
- 2 Черемушкина И.В., Осенева О.В. Прогноз и перспективы формирования потребительских предпочтений в области экологически чистых продуктов питания на региональном рынке // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 4. С. 171–177. doi:10.20914/2310-1202-2019-4-171-177
- 3 Санина, Т.В., Черемушкина И.В., Алехина Н.Н. Повышение качества хлеба из биоактивированного зерна пшеницы // Хлебопечение России. 2004. № 2. С. 20.
- 4 Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А. Влияние порошка плодов черноплодной рябины на потребительские свойства бисквитов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 139–146. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-139-146
- 5 Канарская З.А., Хузин Ф.К., Ивлева А.Р., Гематдинова В.М. Тенденции развития технологии кондитерских изделий // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 195–204.
- 6 Родионова Н.С., Попов Е.С., Матвеев Д.И., Певцова Е.С. и др. Влияние растительных биокорректоров на состояние влаги в мучных изделиях функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 190–195. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-190-195
- 7 Kapreliants L., Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients // International Food Research Journal. 2017. V. 24. № 5. P. 1975–1979.
- 8 Aksenova L.M., Rimareva L.V. Directed conversion of protein modules of plant and animal foods // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. V. 87. № 2. P. 132–134.
- 9 Babinets P.P., Sokolovskiy S.I., Sokolovskiy I.I., Prohorov G.V. et al. Energy and information technologies in regenerative medicine: effect of the interaction of biologically active plant substrates with the human body // Journal of Education, Health and Sport. 2015. V. 5. № 6.
- 10 Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Быковская Е.И., Овчинникова Е.В. Влияние яблочного порошка на потребительские свойства хлебцев хрустящих // Вестник ВГУИТ. 2019. Т.81. № 4. С. 122–130. doi:20914/2310-1202-2019-3-1-9
- 11 Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений; пер. с англ. М.: Мир, 1991. 536 с.
- 12 Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений: практическое руководство; пер. с англ. М.: Мир, 1965. 220 с.
- 13 Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: Основы, техника, аналитическое применение; пер. с англ. М.: Мир, 1982. 327 с.
- 14 Генералов, Е.А. Физико-химические подходы к анализу природы полисахаридов // Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2015. № 4 (08). С. 38–54.
- 15 Купцов А.Х., Жижин Г.Н. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров. Москва: Техносфера, 2013. 696 с.
- 16 Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. Спектрометрическая идентификация органических соединений; пер. с англ. Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. 557 с.
- 17 Volland W. Organic compound identification using infrared spectroscopy. WA.: Bellevue, 1999.
- 18 Sternhell S., Kalman J.R. Organic Structures from Spectra. 4th Edition. John Wiley and sons, 2008. 453 p.
- 19 Hu Y., Yu G., Zhao X. et al. Structural characterization of natural ideal 6-O-sulfated agarose from red alga *Gloiopeltis furcata* // Carbohydr. Polym. 2012. V. 89. P. 883–889.
- 20 Седакова В.А., Громова Е.С. Исследование качественного состава сопутствующих сахаров в пектине различного происхождения // Вестник фармации. 2011. № 4 (54). С. 17–23.

References

- 1 Zharkova I.M., Samokhvalov A.A., Gustinovich V.G., Koryachkina S.Ya. et al. Review of bakery products for gluten free and herodietetic nutrition. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 213–217. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-213-217 (in Russian).
- 2 Cheremushkina I.V., Oseneva O.V. Forecast and prospects for the formation of consumer preferences in the field of environmentally friendly products in the regional market. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 4. pp. 171–177. doi: 10.20914/2310-1202-2019-4-171-177 (in Russian).
- 3 Sanina T.V., cheremushkina I.V., Alyokhina N.N. Improving the quality of bread from bioactivated wheat grain. Bread Making Of Russia. 2004. no. 2. pp. 20. (in Russian).
- 4 Kovaleva A.E., Rynikova E.A. Influence of aronia fruit powder on consumer properties of biscuits. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 139–146. doi: 10.20914/2310-1202-2019-2-139-146 (in Russian).
- 5 Kanarskaya Z.A., Huzin F.K., Ivleva A.R., Gematdinova V.M. Trends in the development of confectionery technology. Proceedings of VSUET. 2016. no. 3. pp. 195–204. (in Russian).
- 6 Rodionova N.S., Popov E.S., Matveev D.I., Pevtsova E.S. et al. Influence of vegetable biocorrectors on the moisture state in flour products of functional purpose. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 190–195. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-190-195 (in Russian).
- 7 Kapreliants L., Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients. International Food Research Journal. 2017. vol. 24. no. 5. pp. 1975–1979.
- 8 Aksenova L.M., Rimareva L.V. Directed conversion of protein modules of plant and animal foods. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. vol. 87. no. 2. pp. 132–134.

- 9 Babinets P.P., Sokolovskiy S.I., Sokolovskiy I.I., Prohorov G.V. et al. Energy and information technologies in regenerative medicine: effect of the interaction of biologically active plant substrates with the human body. *Journal of Education, Health and Sport*. 2015. vol. 5. no. 6.
- 10 Kovaleva A.E., Pyanikova E.A. Effect of wild rose hip fruit powder on consumer properties of biscuit. *Proceedings of VSUET*. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 256–262. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-256-262 (in Russian).
- 11 Nakamoto K. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds*. Moscow, Mir, 1991. 536 p. (in Russian).
- 12 Nakanishi K. *Infrared spectra and the structure of organic compounds: a practical guide*. Moscow, Mir, 1965. 220 p. (in Russian).
- 13 Smith A. *Applied IR spectroscopy: Basics, technique, analytical application*. Moscow, Mir, 1982. 327 p. (in Russian).
- 14 Generalov E.A. Physico-chemical approaches to analyzing the nature of polysaccharides. *Electronic scientific journal of Kursk state University*. 2015. no. 4 (08). pp.38–54. (in Russian).
- 15 Kuptsov A.H., Zhizhin G.N. *Fourier-CR and Fourier-IR spectra of polymers*. Moscow, Technosphere, 2013. 696 p. (in Russian).
- 16 Silverstein R., Webster F., Kiml D. *Spectrometric identification of organic compounds*. Moscow, BINOM. Lab. znaniy, 2011. 557 p. (in Russian).
- 17 Volland W. *Organic compound identification using infrared spectroscopy*. WA., Bellevue, 1999.
- 18 Sternhell S., Kalman J.R. *Organic Structures from Spectra*. John Wiley and sons, 2008. 453 p.
- 19 Hu Y., Yu G., Zhao X. et al. Structural characterization of natural ideal 6-O-sulfated agarose from red alga *Gloiopeltis furcata*. *Carbohydr. Polym.* 2012. no. 89. pp. 883–889.
- 20 Sedakova V.A., Gromova E.S. Investigation of the qualitative composition of concomitant sugars in pectin of various origin. *Vestnik of pharmacy*. 2011. no. 4 (54). pp.17–23. (in Russian).

Сведения об авторах

Эльвира А. Пьяникова к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, alia1969@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4424-7323>

Ирина В. Черемушкина д.т.н., профессор, кафедра торгового дела и товароведения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19 г. Воронеж, 394036, Россия, ir-inacher2010@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6016-0220>

Анна Е. Ковалева к.х.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, a.e.kovaleva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7807-1755>

Екатерина И. Быковская студент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия ekaterina.bykovskaya@inbox.ru

Вклад авторов

Эльвира А. Пьяникова предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания, несёт ответственность за плагиат

Ирина В. Черемушкина написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию

Анна Е. Ковалева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Екатерина И. Быковская обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Elvira A. Pyanikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, commodity science, technology and expertise of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, alia1969@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4424-7323>

Irina V. Cheremushkina Dr. Sci. (Engin.), professor, trade and commodity department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ir-inacher2010@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6016-0220>

Anna E. Kovaleva Cand. Sci. (Chem.), associate professor, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, a.e.kovaleva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7807-1755>

Katherine I. Bykovskaya student, commodity science, technology and expertise of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia ekaterina.bykovskaya@inbox.ru

Contribution

Elvira A. Pyanikova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations and is responsible for plagiarism

Irina V. Cheremushkina wrote the manuscript, correct it before filing in editing

Anna E. Kovaleva consultation during the study

Katherine I. Bykovskaya wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 07/02/2020	После редакции 17/02/2020	Принята в печать 26/02/2020
Received 07/02/2020	Accepted in revised 17/02/2020	Accepted 26/02/2020