

Анализ ароматобразующих веществ крекера с нетрадиционными видами сырья

Писаревский Д.С.

Аннотация. В настоящее время весьма актуальным является обогащения мучных кондитерских изделий, в частности крекера нетрадиционными видами сырья. Такие обогатители позволяют увеличить количество белка, пищевых волокон, витаминов и микронутриентов, а также снизить калорийность изделий. Целью работы было изучить влияние нетрадиционного сырья на образование летучих органических соединений, формирующих аромат крекера. Объектами исследования было 2 образца крекера: № 1 - «Янтарный с солью» (контроль) (ТУ 10.72.12-002-59045630-2016), № 2 - «ПротеинФит» (ТУ 10.72.12-616-02068108-2024) с заменой 100 % сахара на продукт сывороточный сухой (пермеат), 10 и 7 % муки пшеничной высшего сорта - на муку пшеничную цельнозерновую и изолят соевого белка соответственно, воду - на густенную лактулозосодержащую пищевую добавку на основе творожной сыворотки (ТУ 10.51.55-619-02068108-2024). Инструментальная оценка качественного и количественного содержания летучих органических соединений в образцах изделий проведена в условиях лаборатории современных методов анализа ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ВГУИТ) на лабораторном анализаторе запахов «МАГ-8» (ООО «СНТ», Россия) с методологией «электронный нос». Применены сенсоры на основе пьезокварцевых резонаторов ОАВ типа с базовой частотой колебаний 10,0–14,0 МГц с разнохарактерными пленочными и наноструктурированными сорбентами на электродах. По совокупности всех данных можно сделать вывод о том, что изменение рецептуры заметно влияет на качественный и количественный состав проб равновесных газовых фаз над образцами затыжного печенья. Установлено, что интенсивность опытного образца уступает контрольному на 6,5 %, что считается незначительным отличием, при этом анализ показателей стабильности запаха отобранных проб установил, что для представленных образцов из 28 возможных параметров удалось выделить 11, различающихся для проб значимо. По качественному составу опытный образец отличается от контроля более чем на 39 %. Это говорит о не близком качественном составе легколетучих органических соединений (ЛОС) в пробах. Полученные данные позволяют оценить вклад нетрадиционного сырья на общий запах готового изделия и открывают новые возможности для прогнозирования профиля ароматобразующих веществ обогащенного крекера уже на этапе создания рецептур.

Ключевые слова: крекер, нетрадиционное сырье, ароматобразующие вещества, интенсивность запаха, электронный нос.

Для цитирования: Писаревский Д.С. Анализ ароматобразующих веществ крекера с нетрадиционными видами сырья // Инновационная техника и технология. 2024. Т. 11. № 3. С. 43–51.

Analysis of flavor-forming substances of crackers with non-traditional types of raw materials

Pisarevsky D.S.

Abstract. Currently, it is very important to enrich flour confectionery products, in particular crackers, with non-traditional types of raw materials. Such fortifiers allow you to increase the amount of protein, dietary fiber, vitamins and micronutrients, as well as reduce the calorie content of products. The aim of the work was to study the effect of non-traditional raw materials on the formation of volatile organic compounds that form the flavor of a cracker. The objects of the study were 2 cracker samples: No. 1 - «Amber with salt» (control) (TU 10.72.12-002-59045630-2016), No. 2 - «ProteinFit» (TU 10.72.12-616-02068108-2024) with the replacement of 100% sugar with a dry whey product (permeate), 10 and 7 % of premium wheat flour is for whole wheat flour and soy protein isolate, respectively, water is for a condensed lactulose-containing food additive based on curd whey (TU 10.51.55-619-02068108-2024). Instrumental assessment of the qualitative and quantitative content of volatile organic compounds in product

samples was carried out in the laboratory of modern methods of analysis of the Voronezh State University of Engineering Technologies (VGUIT) on the MAG-8 laboratory odor analyzer (LLC SNT, Russia) with the «electronic nose» methodology, sensors based on piezoquartz resonators were used OAV type with a base oscillation frequency of 10.0–14.0 MHz with different film and nanostructured sorbents on the electrodes. Based on the totality of all the data, it can be concluded that the change in the formulation significantly affects the qualitative and quantitative composition of samples of equilibrium gas phases over samples of lingering biscuits. It was found that the intensity of the prototype is 6.5% lower than the control one, which is considered a minor difference, while the analysis of the odor stability indicators of the selected samples found that 11 of the 28 possible parameters were identified for the presented samples, which differ significantly for the samples. The qualitative composition of the prototype differs from the control by more than 39%. This indicates that the qualitative composition of volatile organic compounds (VOCs) in the samples is not close. The data obtained make it possible to assess the contribution of non-traditional raw materials to the overall smell of the finished product and open up new opportunities for predicting the profile of aroma-forming substances of an enriched cracker already at the stage of formulation creation.

Keywords: cracker, non-traditional raw materials, aroma-forming substances, odor intensity, electronic nose.

For citation: Pisarevsky D.S. Analysis of flavor-forming substances of crackers with non-traditional types of raw materials. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2024. Vol. 11. No. 3. pp. 43–51. (In Russ.).

Введение

Примерно половину рынка кондитерских изделий в РФ занимают мучные кондитерские изделия [1]. Они пользуются регулярным устойчивым спросом, благодаря высоким вкусовым свойствам, доступности, удобству потребления, а также традициям в питании населения РФ. Однако отечественные предприятия индустрии питания в настоящее время сталкиваются с проблемами производства из-за падения курса рубля, спада объемов роста продаж, обусловленных снижением покупательской способности, введением санкций. Стоимость продуктовых товаров стала ключевым фактором, влияющим на принятие потребителем решения при покупке [2, 3].

Вместе с этим, использование некоторых продуктов в повседневном питании населения ограничивается не только их высокой стоимостью, но и несоответствием принципам рационального питания [4]. Оценка химического состава мучных кондитерских изделий показывает, что содержание углеводов в них превышает содержание белка более, чем в 10 раз, при этом они имеют высокую калорийность, низкую пищевую и биологическую ценность. В это же время современные представления о питании нацеливаются на употребление продуктов низкокалорийных, богатых пищевыми волокнами, белками, витаминами и т. п. [5, 6]. В связи с этим формирование ассортимента продуктов питания, отвечающих приоритетным направлениям государственной политики в области здорового питания и удовлетворяющих потребительский спрос в их качестве, является на сегодняшний день актуальным направлением развития потребительского

рынка. Применение недорогого сырья с высокими показателями пищевой ценности при производстве мучных кондитерских изделий позволяет получить значительный экономический эффект, так как затраты на сырье в производстве продукции составляют более 70 % от всех издержек [7].

Анализ научной литературы выявил, что сегодня весьма актуальным является разработка и создание мучных кондитерских изделий обогащенных нетрадиционными видами сырья. Так, например, разработана рецептура крекера с добавлением 15 % шрота калины обыкновенной. Установлено, что при добавлении в рецептуру 15 % шрота из ягод калины обыкновенной крекер имеет равномерный, выраженный кремовый цвет с золотистым оттенком, тонкий запах и привкус калины, гладкую поверхность. По физико-химическим показателям полученные крекеры полностью соответствуют требованиям ГОСТ 14033-2015. Полученные изде-



Рис. 1. Общий вид анализатора «МАГ-8»

Таблица 1 – Отклики сенсоров и площадь «визуального отпечатка» максимальных сигналов сенсоров в парах равновесных газовых фаз над пробами

Но- мер об- раза	Классы веществ							
	Вода, все полярные соединения	Спирты, альдегиды, амины	Орг. полярные соединения, кислоты	Все полярные, амины	Кетоны, спирты	Азотсодержащие соединения	Серосодержащие соединения	Вода, все менее полярные соединения
1	16,44	26,67	16	11,56	13,33	5,33	3,11	7,56
2	17,04	22,87	15,7	10,76	16,14	4,48	4,04	8,97

Таблица 2 - Относительное содержание групп легколетучих органических соединений в равновесных газовых фазах над пробами по значимым сигналам сенсоров, %

Номер образца	Отклики сенсоров, Гц								Площадь «визуального отпечатка», Гц*с
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
1	37	60	36	26	30	12	7	17	S _с 2577
2	38	51	35	24	36	10	9	20	2410

лия имели более высокое содержание пищевых волокон и витаминов, а также кальция, магния, β-каротина [8]. Более того, предложена рецептура галет повышенной пищевой ценности с использованием соевого белка. Установлено, что оптимальное содержание соевого белкового продукта в рецептуре галет не должно превышать 7,5 % от общей массы пшеничной муки. Добавление соевого белкового продукта способствует повышению пищевой ценности галет по белку на 21,6 %, жиру – на 14,1 %, минеральным веществам – на 11,1 %, изофлавоноидам – на 140,8 % при снижении содержания общих углеводов на 6,5 % по сравнению с контролем. При этом данный продукт обладает функциональными свойствами, так как при употреблении 100 г изделий увеличивается до значимых величин по фосфору (с 11,7 до 20,1 %), витамину Е (с 12,6 до 18,0 %) и изофлавоноидам (с 9,6 до 23,2 %) по сравнению с контролем [9].

Также разработано рецептурно-компонентное решение пасты для мучных кондитерских изделий на основе продукта сывороточного сухого (пермеат). Объектами исследования являлись пермеат и мучные кондитерские изделия. По результатам проведенных исследований обосновано применение пермеата с целью замены части сахарозы (до 15 %) в мучных кондитерских изделиях. Это улучшает функционально-технологические характеристики готового продукта, в том числе способствует уменьшению времени выстойки практически в 2 раза и увеличению пластической прочности начинки [10]. Кроме того, предложена рецептура крекера повышенной пищевой ценности из композитной смеси пшеничной муки высшего сорта и цельнозерновой муки из зерна нута сорта Краснокутский 28. Оптимальное содержание нутовой муки в составе композитной смеси (85 и 90 %), не снижающее органолептические показатели готового продукта, составляет 10 %. Введение нутовой муки в рецептуру

крекера способствует повышению содержания белка и минеральных веществ в готовом продукте в 1,3 и 1,6 раза соответственно. Нутовая мука выполняет роль влагоудерживающего агента и способствует продлению срока хранения печенья [11].

Целью данных исследований являлось изучение влияния нетрадиционных видов сырья на содержание ароматобразующих веществ в крекере из пшеничной муки высшего сорта.

Объектами исследований было 2 образца крекера: № 1 - «Янтарный с солью» (контроль) (ТУ 10.72.12-002-59045630-2016), № 2 - «ПротеинФит» (ТУ 10.72.12-616-02068108-2024) с заменой 100 % сахара на продукт сывороточный сухой (пермеат), 10 и 7 % муки пшеничной высшего сорта - на муку пшеничную цельнозерновую и изолят соевого белка соответственно, воду - на сгущенную лактулозо-содержащую пищевую добавку на основе творожной сыворотки (ТУ 10.51.55-619-02068108-2024).

Замес теста влажностью 28,5 % осуществлялся на лабораторном тестомесе с z-образными лопастями фирмы «Werner&Pfleiderer». После тесто направляли в расстойный шкаф для ферментации в течение 45 мин при температуре 28-30 °С и относительной влажности воздуха 70 %. Затем полуфабрикат пропускали через валик раскаточного стола, формировали слои и прокатывали слоеный пласт теста до нужной толщины. Далее формовали тестовые заготовки квадратной формы и направляли на выпечку в духовой шкаф фирмы «SUMSUNG» при температуре 200 °С в течение 9-10 мин [12].

Анализ аромата свежеприготовленных проб изделий проводили через 48 ч после выпечки в условиях лаборатории современных методов анализа ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ВГУИТ) на лабораторном анализаторе запахов «МАГ-8» (ООО «СНТ», Россия) с методологией «электронный нос» (рисунок 1) [13].

Объекты и методы исследования

В исследовании были применены сенсоры на основе пьезокварцевых резонаторов ОАВ-типа с базовой частотой колебаний 10,0-14,0 МГц с разнохарактерными пленочными и наноструктурированными сорбентами на электродах [14]. Покрытия выбраны в соответствии с задачей испытаний для определения легколетучих органических соединений (ЛОС) пищевых объектов. Для обеспечения разной избирательности и детектирования наибольшего числа летучих соединений (ЛОС), выделяющихся из пробы при температуре эксперимента, применяли 8 разнохарактерных сенсоров. Порядок установки сенсоров выбран от сильно полярных (S1) до менее полярных сорбентов (S8), что влияет только на форму итоговых интегральных многомерных аналитических сигналов, но не на результаты эксперимента: S1 - Поливинилпирролидон (ПВП); S2 – Прополис, пчелиный клей (ПчК); S3 - Дициклогексан-18-Краун-6 (ДЦГ18К6); S4 – Гидроксиапатит (ГА); S5 - Полиэтиленгликоль ПЭГ-2000 (ПЭГ-2000); S6 - Полиэтиленгликоль себацинат (ПЭГСб), S7 - Полиэтиленгликоль сукцинат (ПЭГС), S8 - Тритон X-100 (TX100).

Сенсоры представляют собой чувствительные элементы в приборе «электронный нос», на которые нанесены тонкие пленки сорбентов. Тонкие пленки подобраны так, чтобы извлекать из воздуха в около сенсорном пространстве ячейки детектирования определенные группы летучих органических соединений (ЛОС). В результате взаимодействия ЛОС с модификаторами сенсоров изменяется частота колебаний преобразователя газовых сенсоров, которая фиксируется в программном обеспечении отдельно для каждого измерительного элемента. Чем больше изменение частоты колебаний, тем больше соединений сорбировалось модификатором, а, значит, находилось в около сенсорном пространстве ячейки детектирования прибора и соответственно - в анализируемом образце.

Подготовка проб к анализу осуществлялось следующим образом: пробы образцов крекера выдерживали при комнатной температуре (25 ± 1 °C) не менее 30 мин. Объем равновесной газовой фазы (РГФ) составлял 3 см³. Отбор над пробами и ввод ее в ячейку детектирования проводили автоматическим пробоотборником анализатора «МАГ-8», что обеспечивает высокую повторяемость отбора и снижает общую погрешность анализа.

Важно отметить, что общее время взвешивания ЛОС пробы было 60 с. При таком режиме анализа к указанному времени в системе устанавливается равновесие, поэтому полученные результаты – изменение частот колебаний разных сенсоров в массиве, согласно теории пьезокварцевого микровзвешивания, соответствуют массе адсорбированных из около сенсорного пространства, а, значит, поступивших в составе РГФ выделяемых пробами молекул летучих соединений.

Исследования, проводимые на приборе «МАГ-8» по методике «электронный нос», позволяют получить информацию о количественном и качественном составе аромата, оценить сходство или различие запахов анализируемых проб.

Результаты и их обсуждение

Для оценки близости или различия состава равновесных газовых фаз над представленными образцами (состав смеси ЛОС в РГФ) был проведен анализ химического состава летучих соединений, содержащихся в ней максимально. Особенность анализа – пробы с малым содержанием воды, что приводит к заведомо низким откликам сенсоров с полярными и среднеполярными покрытиями.

Максимальный отклик отдельных сенсоров (частота колебаний), полученный после 60 с нагрузки парами, выявил разные реакции сенсоров в парах РГФ над пробами, особенно большая разница была между сигналами сенсора S2. Сигналы всех сенсоров превышают уровень шумов, поэтому полную информацию включили в выборку аналитических сигналов, чтобы снизить погрешность оценки различий состава аромата проб. Величина суммарного отклика массива сенсоров в «электронном носе» (площадь «визуального отпечатка» максимальных сигналов - максимумов) показала, что интенсивность двух ароматов незначительно различается и экспериментальный образец (2410 Гц*с) уступает контрольному (2577 Гц*с) на 6,5 % (таблица 1).

Существенное влияние на снижение насыщенности запаха в экспериментальном образце оказывает оболочка зерна, внесенная с мукой пшеничной цельнозерновой. Высокое содержания растительной клетчатки (9,3 % на 100 г муки) в оболочке позволяет удерживать и значительно связывать ароматобразующие соединения в рецептуре изделия.

Для корректной интерпретации запаха исследуемых образцов крекера определили природу и количественный состав химических соединений, а также их индивидуальный вклад в общий спектр ароматобразующих веществ. С помощью метода нормировки рассчитали долю вклада сигналов сенсоров в массиве с разными покрытиями в суммарный аналитический сигнал (таблица 2).

В контрольном и экспериментальном образцах крекера выявлены органические соединения, среди которых - вода, спирты, кислоты, альдегиды, кетоны. Содержание поверхностной несвязанной влаги идентично для обеих проб. Однако установлено, что, несмотря на близость интенсивности аромата, состав его для экспериментальной пробы существенно изменился. Наибольшее содержание в РГФ над пробами отмечается по сигналам сенсоров для среднеполярных ЛОС, а также для кетонов, спиртов - сенсоры S2-S5.

Содержание белковых веществ (пептидов и аминокислот) по пищевой ценности в эксперимен-

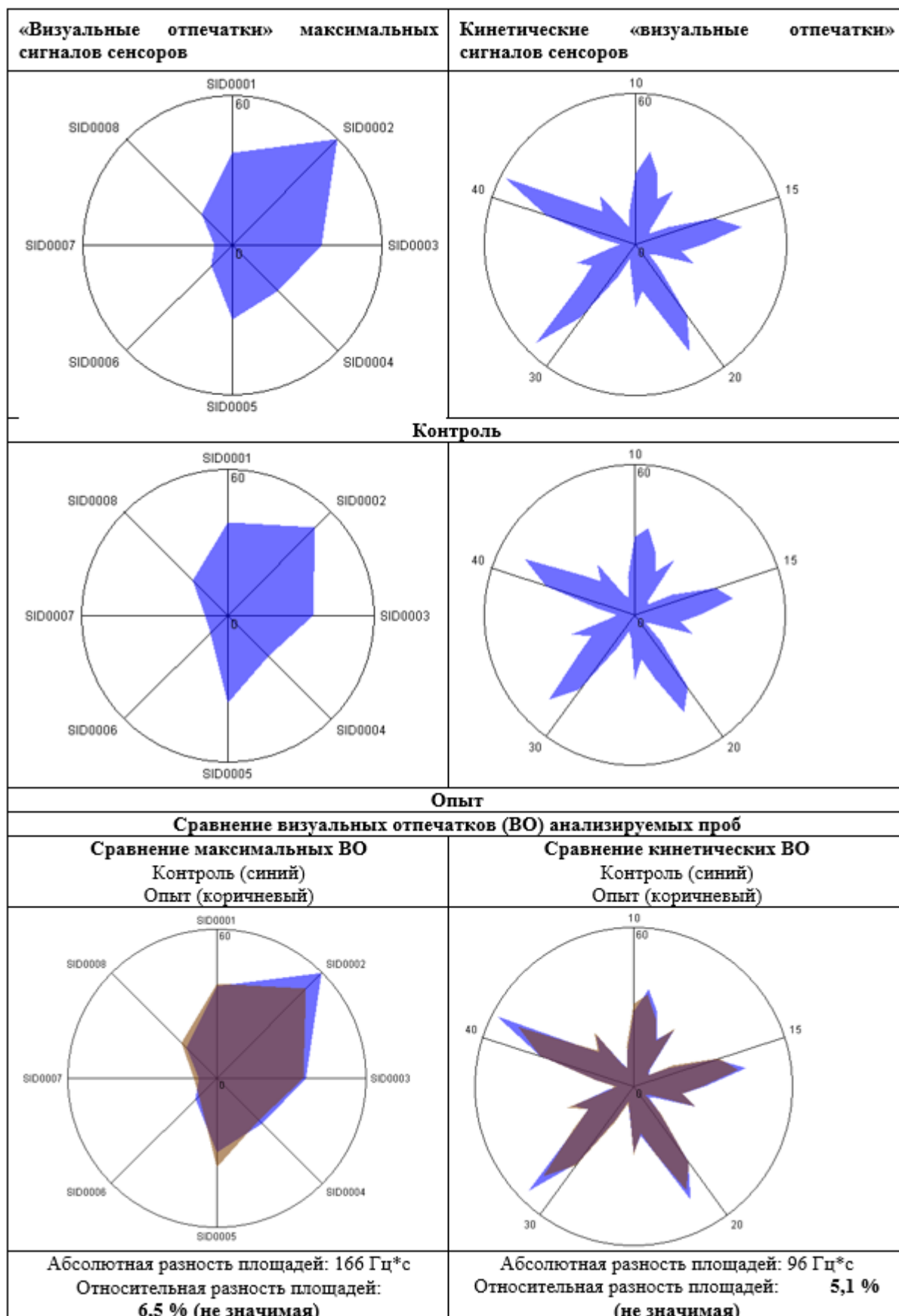


Рис. 2. Круговые диаграммы максимальных сигналов сенсоров «электронного носа» в парах РФФ над пробами и их сравнение

Таблица 3 - Соотношение сигналов сенсоров в матрице для тестируемых образцов

Номер образца	Значения показателя стабильности запаха для сравниваемых пар сенсоров										
	$A_{S1/S2}$	$A_{S6/S1}$	$A_{S7/S1}$	$A_{S5/S2}$	$A_{S7/S2}$	$A_{S3/S5}$	$A_{S7/S3}$	$A_{S4/S5}$	$A_{S4/S7}$	$A_{S6/S5}$	$A_{S6/S8}$
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1	0,62	0,32	0,19	0,5	0,12	1,2	0,19	0,87	0,27	0,4	0,71
2	0,75	0,26	0,24	0,71	0,18	0,97	0,26	0,67	0,38	0,28	0,5

тальном образце крекера больше на 65 % в сравнении с контролем, что связано в большей степени с внесением изолята соевого белка. При этом анализ аромата установил, что в экспериментальном образце меньше аминов и азотсодержащих соединений по сенсорам S2, S4 и S6 на 3,8, 0,8 и 0,9 % соответственно, а также кислот - на 0,3 % (сенсор S3). Такая обратно пропорциональная закономерность объясняется тем, что обогащенный крекер в сравнении с контрольной рецептурой содержит на 29 % больше пищевых волокон, которые являются хорошими сорбентами и снижают за счет поглощения присутствие летучих соединений над пробой, ослабляя аромат. Однако, подтверждение того, что экспериментальный образец наиболее обогащен протеинами и незаменимыми показывают сенсоры S1 и S8, значения которых, в образце № 2 выше на 0,6 и 1,4 % соответственно. Это связано с тем, что сенсоры S1 (самый полярный) и S8 (самый неполярный), способны улавливать своей гидрофильной частью воду, а гидрофобной частью другие классы легколетучих соединений, содержащих двойную связь или бензольное кольцо [15]. Такое пространственное строение и связь атомов внутри молекулы наиболее характерно для карбоксильной группы аминокислот (двойная связь атома кислорода) или ароматобразующих аминокислот - фенилаланин, тирозин, триптофан, в состав которых как раз входят бензольное, фенольное и индольное кольцо соответственно. При этом в образце № 2 выявлено больше кетонов и спиртов на 2,8 % (сенсор S5), серосодержащих соединений на 0,9 % (сенсор S7).

Для прогнозирования изменений запаха необходимо сравнить интегральные сигналы массива всех сенсоров – «визуальные следы» максимальных и кинетических откликов сенсоров за 60 с нагрузки парами, полученными от исследуемых проб. Для этого сопоставили площади и форму «визуальных образов» сигналов сенсоров в РГФ над пробами (рисунок 2). Для отдельных проб в одном масштабе

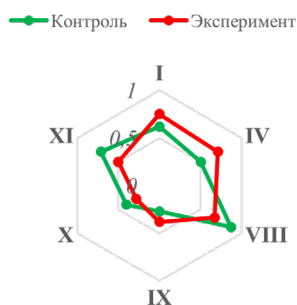


Рис. 3. Круговая диаграмма различающихся качественных параметров для проб крекера

сопоставлены фигуры круговых диаграмм сигналов сенсоров, чтобы отразить изменения как качественного (форма), так и количественного (площадь) состава смеси летучих соединений, диффундирующих из проб. По осям с номерами сенсоров (по кругу) отложены их максимальные сигналы, ΔF_{max} , Гц и сигналы в конкретные моменты времени (для кинетических отпечатков).

Анализ круговых диаграмм сенсоров «электронного носа» в парах РГФ над пробами установил, что относительная разность площадей максимальных и кинетических сигналов «визуальных отпечатков» различаются на 6,5 и 5,1 % соответственно, что является не значимым различием.

Проследить изменения в качественном составе РГФ над пробами и появление/исчезновение соединений легколетучих фракций, а также сделать вывод о близости/различии ароматов позволяет параметр идентификации (показатель стабильности запаха) $A_{i/j}$, рассчитываемый по сигналам сенсоров в анализируемых пробах. Для этого вычисляют отношение значений сигналов двух разных сенсоров друг к другу, для 8-ми сенсоров возможно 28 различных комбинаций (параметров). Близость состава части регистрируемых летучих соединений проб оценивается по доле совпадающих в пределах погрешности из набора параметров [16]. Пробы считаются с близким идентичным ароматом при различии не более 30 % параметров. В таблице 3 представлены наиболее существенно отличающиеся для проб параметры качественного состава.

Анализ показателей стабильности запаха отобранных проб установил, что для представленных образцов из 28 возможных параметров удалось выделить 11, различающихся для проб значимо. По качественному составу образец № 2 отличается от контроля более чем на 39 %. Это говорит о не близком качественном составе ЛОС в пробах.

По совокупности всех данных можно сделать вывод о том, что изменение рецептуры влияет на качественный состав пробы. Для визуализации вывода о различиях качественного состава запаха проб представили набор качественных параметров (6 комбинаций различных значений частот колебаний сенсоров друг к другу), которые максимально различаются для проб (таблица 3), в виде круговых диаграмм (рисунок 3).

Выводы

В ходе проведения данного исследования пришли к выводу, что нетрадиционное сырье, вхо-

дядшее в состав обогащенного крекера оказывает существенное влияние на интенсивность запаха, состав ароматобразующих веществ и скорость их распространения. Полученные данные, безусловно,

помогут правильно прогнозировать органолептические показатели обогащенного крекера уже на этапе составления рецептур и позволят сделать шаг к цифровизации аромата и его объективной оценке.

Литература

- [1] Фролова Н. А., Шкрабтак Н. В., Гужель Ю. А., Праскова Ю. А. Функциональные продукты питания // Благовещенск: Изд-во Амурского государственного университета, 2021. С. 224
- [2] Мишина О. Ю., Иващенко И. С., Воронцова Е. С. Исследование потребительских свойств кондитерских изделий функционального назначения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4(52). С. 293–302.
- [3] Новикова Ж. В., Максимкин А. А., Семисажонова Ю. А., Новиков А. Р. Исследование потребительских предпочтений на выявление потенциальных кондитерских изделий функционального назначения // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2017. № 6(47). С. 106–109.
- [4] Ловкис З. В., Моргунова Е. М., Кондратенко С. А., Томашевич С. Е., Моргунов А. Н. Методология оценки конкурентного потенциала кондитерских изделий функционального назначения в контексте тенденций мирового рынка // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2020. Т. 58. № 3. С. 283–297.
- [5] Святкина Л. И., Андрухова В. Я. Современные технологии в формировании качества и потребительских свойств мучных кондитерских изделий // Товаровед продовольственных товаров. 2022. № 7. С. 474-480.
- [6] Щербакова Е. И., Садриева В. В. Перспективы использования регионального растительного ингредиента в производстве мучных кондитерских изделий // Товаровед продовольственных товаров. 2022. № 3. С. 169–173.
- [7] Лодыгин А. Д., Давыденко Н. И. Разработка технологии мучного кондитерского изделия с использованием плодов тыквы // Пищевая индустрия. 2019. № 2(40). С. 30–32.
- [8] Черненко Е.Н., Черненко А.А. Влияние продуктов переработки калины обыкновенной на качество крекера // Российский электронный научный журнал. 2022. № 2 (44). С.79-92. DOI: 10.31563/2308-9644-2022-44-2-79-92

References

- [1] Frolova N. A., Shkrabtak N. V., Guzhel Yu. A., Praskova Yu. A. Functional food products Blagoveshchensk: Publishing House of Amur State University, 2021. p. 224.
- [2] Mishina O. Yu., Ivashchenko I. S., Vorontsova E. S. Research of consumer properties of functional confectionery products // Proceedings of the Nizhnevolszhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2018. No. 4(52). pp. 293-302.
- [3] Novikova Zh. V., Maksimkin A. A., Semisazhonova Yu. A., Novikov A. R. Research of consumer preferences to identify potential confectionery products of functional purpose // Technology and commodity science of innovative food products. 2017. No. 6(47). pp. 106-109.
- [4] Lovkis Z. V., Morgunova E. M., Kondratenko S. A., Tomashevich S. E., Morgunov A. N. Methodology for assessing the competitive potential of functional confectionery products in the context of global market trends // Vesci National Academy of Sciences of Belarus. Gray agricultural crops. 2020. Vol. 58. No. 3. pp. 283-297.
- [5] Svyatkina L. I., Andrukhoval V. Ya. Modern technologies in the formation of quality and consumer properties of flour confectionery products // A commodity specialist of food products. 2022. No. 7. pp. 474-480.
- [6] Shcherbakova E. I., Sadrieva V. V. Prospects for the use of a regional vegetable ingredient in the production of flour confectionery // A commodity specialist of food products. 2022. No. 3. pp. 169-173.
- [7] Lodygin A.D., Davydenko N. I. Development of technology for flour confectionery products using pumpkin fruits // Food industry. 2019. No. 2(40). pp. 30-32.
- [8] Chernenkov E.N., Chernenkova A.A. The influence of products of processing of viburnum vulgare on the quality of a cracker // Russian electronic scientific journal. 2022. No. 2 (44). pp.79-92. DOI: 10.31563/2308-9644-2022-44-2-79-92
- [9] Statsenko E.S., Starberg M.A., Borodin E.A. Biscuits of increased food grade values with soy protein product // Technique and technology of food production. 2023. Vol. 53. No. 3. pp. 513-524. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-3-2454
- [10] Melnikova E.I., Bogdanova E.V., Paveleva D.A. Application of whey permeate in paste technology for flour confectionery products // Modern achievements of biotechnology. Equipment, technologies and packaging for the implementation of innovative projects at enterprises of the food and biotechnology industry:

- [9] Стаценко Е.С., Штарберг М.А., Бородин Е.А. Галеты повышенной пищевой ценности с соевым белковым продуктом // *Техника и технология пищевых производств*. 2023. Т. 53. № 3. С. 513–524. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-3-2454
- [10] Мельникова Е.И., Богданова Е.В., Павельева Д.А. Применение пермеата подсырной сыворотки в технологии пасты для мучных кондитерских изделий // *Современные достижения биотехнологии. Техника, технологии и упаковка для реализации инновационных проектов на предприятиях пищевой и биотехнологической промышленности: материалы VII Международной научно-практической конференции, 20–24 октября 2020 г., Пятигорск: Издательство ПФ СКФУ, 2020. Т II. С. 39-42.*
- [11] Казанцева И.Л., Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н. и др. Разработка рецептуры крекера из комpositной муки // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2017. №2-3. С. 56-60
- [12] Писаревский Д. С., Пономарева Е. И., Титов С. А., Полянский К. К. Эффективность применения пермеата в технологии производства крекера // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2024. № 1(395). С. 28-33. DOI 10.26297/0579-3009.2024.1.5. EDN: ONHMHG.
- [13] Кучменко Т.А. Химические сенсоры на основе пьезокварцевых микровесов. В монографии *Проблемы аналитической химии*. Т. 14/ Под ред. Ю.Г. Власова. 2011. С.127-202.
- [14] Kuchmenko T. A.; Lvova L. B. A Perspective on Recent Advances in Piezoelectric Chemical Sensors for Environmental Monitoring and Foodstuffs Analysis // *Chemosensors*, 2019, Volume 7, Issue 3, pp. 39-45.
- [15] Кучменко Т. А., Умарханов Р. У., Менжулина Д. А. Биогидроксиапатит - новая фаза для селективного микровзвешивания паров-маркеров воспаления в носовой слизи телят и человека. Сообщение 2. Анализ реальных объектов // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2021. Т. 21, № 2. С. 216-224. DOI 10.17308/sorpchrom.2021.21/3355. EDN: NAMZXD.
- [16] Kuchmenko T., Lvova L. Chemosensitive Materials: Smart Materials for Chemical and Biological Stimulation: Edition 2, 2022, 646 p. Chapter 16. Piezoelectric Chemosensors and Multisensory Systems. p. 567–603. <https://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-1-83916-277-0>.
- materials of the VII International Scientific and Practical Conference, October 20-24, 2020, Pyatigorsk: Publishing House PF NCFU, 2020. T II. pp. 39-42.
- [11] Kazantseva I.L., Kulevatova T.B., Zlobina L.N., etc. Development of a cracker recipe from composite flour // *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2017. No.2-3. pp. 56-60
- [12] Pisarevsky D. S., Ponomareva E. I., Titov S. A., Polyansky K. K. The effectiveness of permeate application in cracker production technology // *Izvestia of Higher Educational Institutions. Food technology*. 2024. No. 1(395). pp. 28-33. DOI 10.26297/0579-3009.2024.1.5. EDN: ONHMHG.
- [13] Kuchmenko T.A. Chemical sensors based on piezo quartz microweights. In the monograph *Problems of analytical chemistry*. Vol. 14/ Edited by Yu.G. Vlasov. 2011. pp.127-202.
- [14] Kuchmenko T. A., Lvova L. B. Review of recent achievements in the field of piezoelectric chemical sensors for environmental monitoring and food analysis // *Chemosensors*, 2019, Volume 7, issue 3, pp. 39-45.
- [15] Kuchmenko T. A., Umarhanov R. U., Menzhulina D. A. Biohydroxyapatite is a new phase for selective microweighting of vapor markers of inflammation in the nasal mucus of calves and humans. Message 2. Analysis of real objects // *Sorption and chromatographic processes*. 2021. Vol. 21, No. 2. pp. 216-224. DOI 10.17308/sorpchrom.2021.21/3355. EDN: NAMZXD.
- [16] Kuchmenko T., Lvova L. Chemosensitive materials: Smart materials for chemical and biological stimulation: Edition 2, 2022, 646 p. Chapter 16. Piezoelectric chemosensors and multisensor systems. pp. 567-603. <https://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-1-83916-277-0>

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Писаревский Дмитрий Сергеевич аспирант "Кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств" ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий" 394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19 Тел.: +7(915) 563-93-08 E-mail: d_pisarevskiy@inbox.ru</p>	<p>Pisarevsky Dmitry Sergeevich PhD in Technical Sciences postgraduate student "Department of Technology of bakery, confectionery, pasta and grain processing industries" Voronezh State University of Engineering Technology Phone: +7(915) 563-93-08 E-mail: d_pisarevskiy@inbox.ru</p>
---	--