



## **Влияние ферментной обработки зерна на содержание ароматообразующих веществ в хлебе из пшеничной муки**

### **The effect of enzyme processing of grain on the content of flavor-forming substances in wheat flour bread**

Доцент В.В. Петриченко

Кубанский государственный технологический университет, кафедра пищевой инженерии, тел. 8-916-189-55-82

v.petrichenko@enzoway.ru

профессор Е.И. Пономарева, доцент Н.Н. Алехина, доцент С.И. Лукина, магистр Л.А. Никитина

Воронежский государственный университет инженерных технологий, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, тел. 8-961-613-17-06

elena6815@yandex.ru

Associate Professor V.V. Petrichenko,

Kuban state technological university, chair of food engineering, tel. 8-916-189-55-82

v.petrichenko@enzoway.ru

Professor E.I. Ponomareva, associate professor N.N. Alyokhina, associate professor S.I. Lukina, master L.A. Nikitina

Voronezh state university of engineering technologies, chair of technology of bakery, confectionery, pasta and grain processing industries, tel. 8-961-613-17-06

elena6815@yandex.ru

*Аннотация.* Применение ферментных улучшителей зерна в производстве муки на мукомольных предприятиях в условиях дефицита и высокой стоимости пшеницы на рынке в настоящее время очень востребовано. Ферментные улучшители зерна направленного действия при работе со сложным зерном не только повышают эффективность мукомольного производства, но и позволяют получать муку с лучшими свойствами. Исследовали влияние технологического вспомогательного средства (ТВС) «IORDAN 3» (улучшитель зерна базовый) производства российской компании «Алитет» на содержание ароматообразующих веществ в хлебе из пшеничной муки. Представлено 2 образца изделий: 1 (контроль) – хлеб из пшеничной муки высшего сорта без обработки ТВС (ГОСТ 58233-2018); 2 (опыт) – хлеб из пшеничной муки высшего сорта, полученной из зерна, обработанного ТВС «IORDAN 3». Аромат изделий исследовали через 3 и 48 ч после выпечки на лабораторном анализаторе запахов «МАГ-8» (ООО «СНТ», Россия) с методологией «электронный нос». Установлено, что применение ТВС «IORDAN 3» благоприятно сказывается на аромате выпечки, что важно при выборе технологических решений. Расчет суммарной площади поверхности полного «визуального отпечатка», отражающей общее содержание ароматообразующих веществ в исследуемых пробах, показал, что значение параметра в опытном образце на 14,2 (через 3 ч) и 3,0 % (через 48 ч) больше по сравнению с контрольной пробой. Таким образом, подчеркивается значимость использования инновационных продуктов для оптимизации производственных процессов и улучшения качества продукции.

*Abstract.* The use of enzyme grain improvers in flour production at flour mills in conditions of shortage and high cost of wheat on the market is currently becoming more in demand. Directed enzyme grain improvers when working with complex grains not only increase the efficiency of flour milling, but also allow you to obtain flour with better properties. A study was conducted on the effect of technological auxiliary means (FA) "IORDAN 3" (basic grain im-prover) produced by the Russian company "Alitet" on the content of flavor-forming substances in wheat flour bread. 2 samples of products are presented in the work: 1 (control) - bread from premium wheat flour without fuel assembly processing (GOST 58233-2018); 2 (experience) – bread from premium wheat flour obtained from grain processed by fuel assembly "IORDAN 3". The aroma of the products was studied 3 and 48 hours after baking on a laboratory odor analyzer "MAG-8" (LLC "SNT", Russia) with the methodology "electronic nose". It has been established that the use of fuel assemblies "IORDAN 3" has a beneficial effect on the flavor of baking, which is an important aspect when choosing technological solutions in the food industry. The calculation of the total area of the complete "visual imprint" reflecting the total



content of aroma-forming substances in the samples under study showed that the parameter value in the test sample was 14,2 (after 3 hours) and 3,0 % (after 48 hours) higher than in the control sample. Thus, the importance of using innovative products to optimize production processes and improve product quality is emphasized.

*Ключевые слова:* технологическое вспомогательное средство «IORDAN 3», зерно, пшеничная мука, хлеб, анализатор запахов, методология «электронный нос», сенсоры, летучие соединения, химический состав, ароматообразующие вещества

*Keywords:* technological auxiliary means "IORDAN 3", grain, wheat flour, bread, odor analyzer, "electronic nose" methodology, sensors, volatile compounds, chemical composition, aroma-forming substances

В настоящее время мукомольным предприятиям достаточно трудно регулярно закупать высококачественную пшеницу в связи с её дефицитом и высокой стоимостью на рынке [1-4]. В последние годы для повышения мукомольных свойств зерна широко используются технологические вспомогательные средства (ТВС) – ферментные улучшители, которые добавляются на увлажненное зерно до отправки в бункер для отволаживания [5, 6]. Технология применения ферментных улучшителей зерна способствует улучшению хлебопекарных свойств муки за счет оптимизации ее гранулометрического состава и повышения количества собственных зерновых ферментов в составе.

Специалистами крупной ингредиентной российской компании «Алитет» предлагается инновационный продукт – ТВС «IORDAN 3» (улучшитель зерна базовый), помогающий в переработке сложного зерна пшеницы, в данном случае с малым содержанием клейковинных белков, обеспечивающий улучшение качества теста, увеличение выхода и удельного объёма хлебобулочных изделий, снижение количества брака и др. [8, 9].

Цель исследования – изучение влияния технологического вспомогательного средства «IORDAN 3», применяемого на стадии увлажнения зерна пшеницы, на содержание ароматообразующих веществ хлеба из муки улучшенного качества. Объектами исследований были 2 образца изделий: 1 (контроль) – хлеб из пшеничной муки высшего сорта без обработки ТВС (ГОСТ 58233-2018); 2 (опыт) – хлеб из пшеничной муки высшего сорта, полученной из зерна, обработанного ТВС «IORDAN 3» (улучшитель зерна базовый).

Тесто влажностью 45 % готовили безопасным способом. Замес теста осуществляли в лабораторных условиях в тестомесильной машине KitchenAid, после чего его направляли в термостат для брожения при температуре 30 °С в течение 90 мин. Выброженное тесто делили на куски массой 0,27 кг для выпечки формового хлеба. Разделявали и формовали тестовые заготовки вручную, затем отправляли их в расстойный шкаф на окончательную расстойку при температуре 40 °С и относительной влажности 80 % на 40 мин. Изделия выпекали в печи КЭП-10 П с увлажнением при температуре 210±5 °С в течение 20±2 мин.

Аромат изделий исследовали через 3 и 48 ч после выпечки в условиях лаборатории современных методов анализа ВГУИТ на лабораторном анализаторе запахов «МАГ-8» (ООО «СНТ», Россия) с методологией «электронный нос» (рис. 1) [10].



Рис. 1. Общий вид анализатора «МАГ-8»



В качестве измерительного массива для оценки запаха применяли сенсоры на основе пьезокварцевых резонаторов ОАВ-типа с базовой частотой колебаний 10,0–14,0 МГц с разнохарактерными пленочными и наноструктурированными сорбентами на электродах [8]. Тонкие пленки на сенсорах подобраны так, чтобы извлекать из воздуха в околосенсорном пространстве в ячейке детектирования определенные группы органических легколетучих соединений. В результате взаимодействия изменяется частота колебаний сенсоров, которая фиксируется в программном обеспечении. Чем больше изменение частоты колебаний, тем больше соединений находится в пробе и исследуемом образце.

Для обеспечения разной избирательности и детектирования наибольшего числа летучих соединений (ЛС), эмитирующих из проб, в исследованиях применяли 8 разнохарактерных сенсоров с инжекторным вводом в ячейку детектирования летучих соединений из равновесной газовой фазы над изделиями в закрытую ячейку детектирования электронного носа «МАГ-8». В соответствии с задачей испытаний (возможная эмиссия из проб разных органических соединений) использовали: поливинилпирролидон, ПВП – сенсор-гигрометр (S<sub>1</sub>); пчелиный клей, ПчК – селективен к спиртам, аммиаку (S<sub>2</sub>); дициклогексан-18-Краун-6, ДЦГ18К6 – селективен к органическим соединениям, кислотам (S<sub>3</sub>); гидроксипатит, ГА – селективен к полярным соединениям, аминам (S<sub>4</sub>); полиэтиленгликоль ПЭГ-2000 – селективен к кетонам, аминам (S<sub>5</sub>); полиэтиленгликоль себацинат, ПЭГсб – селективен к аминам и другим азотсодержащим соединениям (S<sub>6</sub>); полиэтиленгликоль сукцинат, ПЭГсук – селективен к среднеполярным и серосодержащим соединениям (S<sub>7</sub>); тритон X-100, ТХ100 – селективен к серосодержащим соединениям (S<sub>8</sub>) [9]. Все сенсоры изготовлены, натренированы и стабилизированы в парах летучих соединений различной природы.

Пробоподготовку осуществляли следующим образом: пробы термостатировали при комнатной температуре, отбирали среднюю пробу одинаковой массы 10,00 г, помещали в герметичный стеклянный сосуд с полимерной мягкой мембраной. Анализируемые образцы выдерживали при постоянной температуре 20±1 °С не менее 30 мин. Отбирали индивидуальным шприцем для каждой пробы 3 см<sup>3</sup> равновесной газовой фазы (РГФ) и вводили в ячейку детектирования. Нагревание проб до 40 °С приводит к сглаживанию (нивелированию) различий в реакции массива сенсоров на качественный и количественный состав РГФ над всеми образцами вследствие значительного влияния несвязанной воды на сорбцию малых количеств других веществ, менее полярных и активно сорбирующихся по сравнению с парами воды. Поэтому пробы не нагревали, интенсивность запаха холодных проб различимая и значимая.

Для определения влияния ТВС «JORDAN 3» при производстве пшеничной муки высшего сорта проводили анализ химического состава смеси летучих соединений равновесной газовой фазы, выделяющихся из проб хлеба. Через 3 и 24 ч сравнивали величины откликов 8 сенсоров в массиве (табл. 1).

Таблица 1

**Отклики сенсоров в парах равновесной газовой фазы над пробами хлеба**

Образцы изделий	Значения сигналов сенсоров, Гц в процессе хранения							
	S <sub>1</sub> - ПВП	S <sub>2</sub> - ПчК	S <sub>3</sub> - 18К6	S <sub>4</sub> - ГА	S <sub>5</sub> - ПЭГ <sub>2000</sub>	S <sub>6</sub> - ПЭГсб	S <sub>7</sub> - ПЭГсук	S <sub>8</sub> - ТХ-100
<i>Через 3 ч</i>								
Контроль	61	8	64	26	31	14	12	22
Опыт	62	3	56	33	43	16	13	27
<i>Через 48 ч</i>								
Контроль	62	0	6	41	52	18	13	27
Опыт	64	78	48	46	47	18	11	29



Установлено, что реакция сенсоров в парах РФФ над пробами хлеба, как свежего (через 3 ч), так и после хранения (через 48 ч), разная. Для свежей опытной пробы наблюдался более насыщенный запах по сравнению с контрольной. На сенсорах 3, 6, 7 адсорбируются кислоты, азот- и серосодержащие соединения, которые формируются уже при брожении теста.

В опытном образце через 3 ч максимальное отличие содержания ароматообразующих веществ наблюдалось на сенсоре 5, который проявляет повышенное сродство к кетонам и аминам. Это обусловлено тем, что использование ТВС «JORDAN 3» обеспечивает более глубокий процесс гидролиза высокомолекулярных белков и углеводов под действием собственных зерновых ферментов, каратиноидов и витаминов, прошедших в муку из периферийных слоев зерновки за счет предварительной ферментации зерна с ферментным улучшителем зерна. Что подтверждается наличием ароматообразующих веществ, адсорбируемых на сенсоре 5.

На сенсорах 2, 4 и 8 также наблюдалось увеличение ароматообразующих веществ в опытной пробе хлеба. Выявлено, что в опытном образце их в среднем было больше на 16 % по сравнению с контролем. После хранения хлеба различия в запахе проб были незначительные.

Для оценки природы соединений, вносящих наибольший вклад в смесь летучих соединений над пробами хлеба, применялся метод расчёта нормирования доли сигналов сенсоров в массиве с разными покрытиями (табл. 2).

Таблица 2

**Относительное содержание компонентов над пробами в процессе хранения**

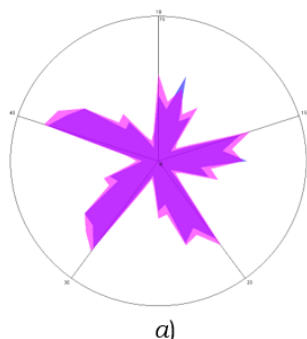
Образцы изделий	Содержание компонентов в образцах, (% мас.)							
	Вода, все полярные соединения, (S <sub>1</sub> )	Спирты, аммиак, (S <sub>2</sub> )	Органич. полярные соединения, кислоты, (S <sub>3</sub> )	Все полярные амины, (S <sub>4</sub> )	Кетоны, амины, (S <sub>5</sub> )	Амины, другие N-содержащие соединения, (S <sub>6</sub> )	Средне-полярные, S-содержащие соединения, (S <sub>7</sub> )	Специфические, (S <sub>8</sub> )
<i>Через 3 ч</i>								
Контроль	21,18	20,14	22,22	9,03	10,76	4,86	4,17	7,64
Опыт	18,29	23,60	13,57	12,09	15,34	5,31	3,83	7,96
<i>Через 48 ч</i>								
Контроль	19,81	20,13	17,89	10,54	13,74	5,11	4,15	8,63
Опыт	18,77	22,87	14,08	13,49	13,78	5,28	3,23	8,50

Выявлено, что наибольшее различие в содержании РФФ над свежими пробами хлеба отмечалось для спиртов, аминов и кетонов. После хранения существенно меняется содержание летучих органических соединений (ЛОС): в контрольной пробе – на 24,2 %; в опытной пробе – на 3,8 %. Для обеих проб уменьшалось содержание влаги, кислот; незначительно выросла доля аминов, специфических соединений и кетонов.

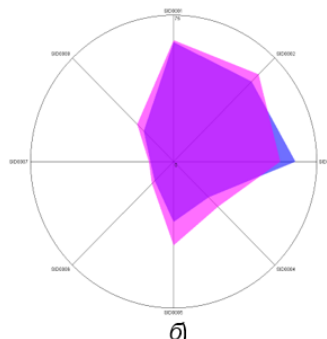
Для прогнозирования изменений запаха необходимо сравнить интегральные сигналы массива всех сенсоров – «визуальные следы» максимальных и кинетических откликов сенсоров за 60 с нагрузки парам проб. Для этого сопоставили площади поверхности и форму «визуальных образов» сигналов сенсоров в РФФ над пробами (рис. 2, 3). Для отдельных проб в одном масштабе сопоставлены фигуры круговых диаграмм сигналов сенсоров, чтобы отразить изменения как качественного (форма), так и количественного (площадь) состава смеси летучих соединений, диффундирующих из проб. На рис. 2 и 3 по осям сенсоров отложены их кинетические (текущие в



определенный момент времени) и максимальные сигналы  $\Delta F_{\max}$ , Гц (диаграммы максимумов). На представленных рис. 2, 3 синим цветом обозначена проба 1 (контроль), фиолетовым цветом обозначена проба 2 (опыт).

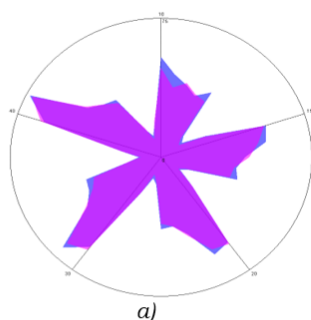


Абсолютная разность площадей: 568,33;  
относительная разность площадей: 21,80 %  
Значимые различия

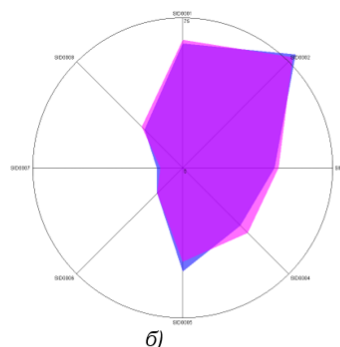


Абсолютная разность площадей: 536,17;  
относительная разность площадей: 19,40 %  
Значимые различия

Рис. 2. Круговые диаграммы сигналов сенсоров «электронного носа» в парах РГФ над пробами через 3 ч после выпечки хлеба: а – сравнение кинетических ВО; б – сравнение максимальных ВО



Абсолютная разность площадей: 227,06;  
относительная разность площадей: 5,0 1%  
Не значимые различия



Абсолютная разность площадей: 141,41;  
относительная разность площадей: 3,14 %  
Не значимые различия

Рис. 3. Круговые диаграммы сигналов сенсоров «электронного носа» в парах РГФ над пробами через 48 ч после выпечки хлеба: а – сравнение кинетических ВО; б – сравнение максимальных ВО

Анализ фигуры «визуального отпечатка» откликов сенсоров в массиве выявил, что во всех точках наблюдаются различия, которые вызваны разным количественным содержанием одних и тех же классов соединений, а также их качественным составом. Проследить изменения в качественном составе РГФ над пробами и появление/исчезновение соединений легколетучей фракций позволяет параметр идентификации (показатель стабильности запаха)  $A_{i,j}$ , рассчитываемый по сигналам сенсоров в анализируемых пробах (табл. 3). Наиболее значимые параметры, которые отражают различия в соотношении концентраций отдельных классов соединений, представлены в табл. 4.

Чем больше число параметра  $A_{i,j}$ , характеризующего стабильность аромата, отличающегося от контроля, тем существеннее отличия в качественном составе проб, которые могут фиксироваться при органолептической оценке потребителями.



Таблица 3

**Параметр идентификации по сигналам сенсоров над пробами хлеба**

Наименование образца	Значения показателя стабильности запаха																		
	S <sub>1</sub> /S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> /S <sub>4</sub>	S <sub>1</sub> /S <sub>5</sub>	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub> /S <sub>4</sub>	S <sub>2</sub> /S <sub>5</sub>	S <sub>2</sub> /S <sub>7</sub>	S <sub>3</sub> /S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub> /S <sub>5</sub>	S <sub>3</sub> /S <sub>8</sub>	S <sub>4</sub> /S <sub>5</sub>	S <sub>4</sub> /S <sub>6</sub>	S <sub>4</sub> /S <sub>7</sub>	S <sub>4</sub> /S <sub>8</sub>	S <sub>5</sub> /S <sub>7</sub>	S <sub>5</sub> /S <sub>8</sub>	S <sub>6</sub> /S <sub>7</sub>	S <sub>7</sub> /S <sub>8</sub>
Через 3 ч хранения																			
Контроль	1,1	1,0	2,4	2,0	0,9	2,2	1,9	4,8	2,5	2,1	2,9	0,8	1,9	2,2	1,2	2,6	1,4	1,2	0,6
Опыт	0,8	1,4	1,5	1,2	1,7	2,0	1,5	6,2	1,1	0,9	1,7	0,8	2,3	3,2	1,5	4,0	1,9	1,4	0,5
Через 48 ч хранения																			
Контроль	1,0	1,1	1,9	1,4	1,1	1,9	1,5	4,9	1,7	1,3	2,1	0,8	2,1	2,5	1,2	3,3	1,6	1,2	0,5
Опыт	0,8	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7	1,7	7,1	1,0	1,0	1,7	1,0	2,6	4,2	1,6	4,3	1,7	1,6	0,4

Таблица 4

**Параметр идентификации над пробами хлеба**

Образцы изделий	Значение параметра идентификации в РФФ над сенсорами							
	S <sub>1</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> /S <sub>4</sub>	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>3</sub> /S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub> /S <sub>5</sub>	S <sub>3</sub> /S <sub>8</sub>	S <sub>7</sub> /S <sub>8</sub>	S <sub>6</sub> /S <sub>8</sub>
Через 3 ч после выпечки								
Контроль	0,95	2,35	0,91	2,46	2,06	2,91	2,17	0,55
Опыт	<b>1,35</b>	<b>1,51</b>	<b>1,74</b>	<b>1,12</b>	<b>0,88</b>	<b>1,70</b>	<b>3,15</b>	0,48
Через 48 ч после выпечки								
Контроль	1,11	1,88	1,13	1,70	<b>1,30</b>	2,07	<b>2,54</b>	0,48
Опыт	1,33	<b>1,39</b>	<b>1,63</b>	1,04	1,02	<b>1,66</b>	<b>4,18</b>	<b>0,38</b>

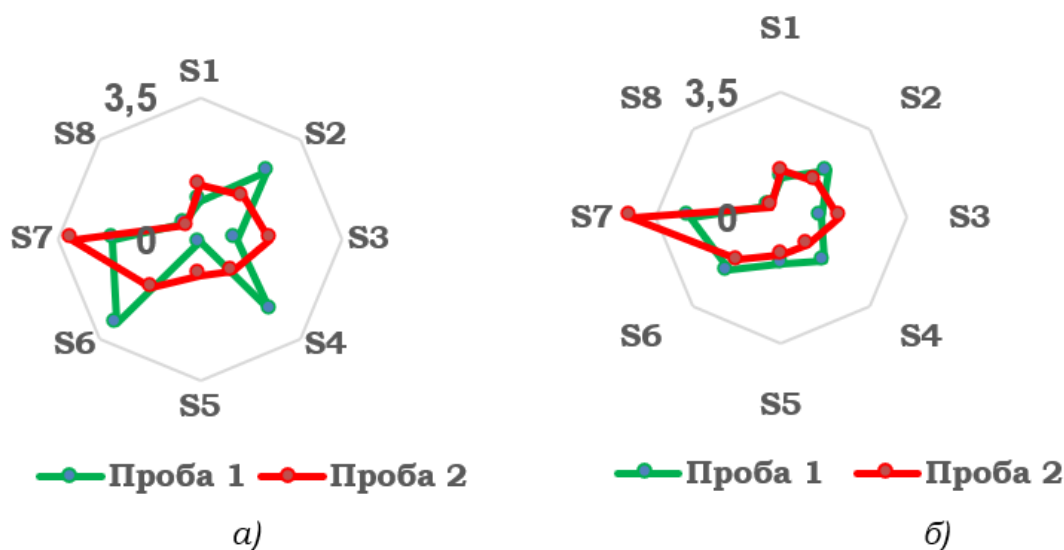


Рис. 4. Круговая диаграмма различающихся качественных параметров для проб хлеба: через 3 ч хранения (а); через 48 ч хранения (б)

Сравнение наиболее сильно отличающихся параметров качественного состава для проб наглядно показывает различия как свежих образцов, так и большие изменения контрольного образца при хранении по сравнению с опытным образцом (рис. 4).

Расчет суммарной площади поверхности полного «визуального отпечатка», отражающей общее содержание ароматообразующих веществ в исследуемых пробах показал, что значение параметра в опытном образце на 14,2 (через 3 ч) и 3,0 % (через 48 ч) больше по сравнению с контрольной пробой (рис. 5).

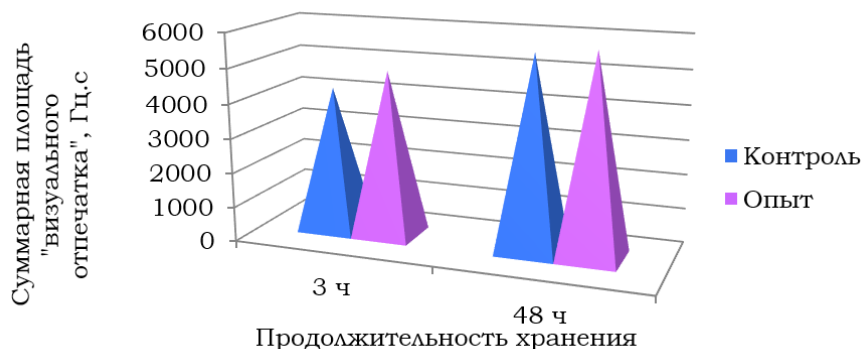


Рис. 5. Величина суммарной площади "визуального отпечатка" максимальных сигналов сенсоров над пробами

Таким образом, по совокупности всех показателей было установлено, что использование при отволаживании зерна ТВС «JORDAN 3» (улучшитель зерна базовый) способствует увеличению ароматообразующих веществ в хлебе из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Практические рекомендации по совершенствованию технологии диетических хлебобулочных изделий / Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, Н.Н. Алехина [и др.]. - Воронеж, 2022. - С. 185. – Текст: непосредственный.
2. Лукина, С.И. Применение пюре из фейхоа в технологии пшеничного хлеба / С.И. Лукина, Е.И. Пономарева, А.А. Антипова. – Текст: непосредственный // Инновационная техника и технология. - 2022. - Т.9. - № 3. - С. 24-27.
3. Лобосова, Л.А. Методы исследований свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий. Теория и практика : учеб. пособие для вузов / Л.А. Лобосова, Т.Н. Малютина, С.И. Лукина. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - С. 120. – Текст: непосредственный.
4. Петриченко, В.В. Изучение микроструктуры и цветности хлеба из муки с улучшенными свойствами / В.В. Петриченко, Е.И. Пономарева, М.Г. Иванов [и др.]. – Текст: непосредственный // Хлебопродукты. - 2016. - № 3. - С. 47-49.
5. Пономарева, Е.И. Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания / А.Ю. Кривошеев, С.И. Лукина, Н.Н. Алехина [и др.]. – Текст: непосредственный // Техника и технология пищевых производств. - 2018. - № 01(48). - С. 114-124.
6. Lebesi, D.M., Tzia, C. Effect of the Addition of Different Dietary Fiber and Edible Cereal Bran Sources on the Baking and Sensory Characteristics of Cupcakes. Food Bioprocess Technol 4. - 2011. - pp. 710–722.
7. Jeyanthi Rebecca, L., Candace Seshiah, Sharmila, D. Fortification of Cupcakes with Cereals and Pulses. - 2016. - Vol. 3, Issue 3. - pp. 1-6.
8. 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. – Текст: непосредственный.
9. Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality // Pure and Applied Chemistry. The Scientific Journal of IUPAC:Published Online: 2017-09-08 | DOI: <https://doi.org/10.1515/pac-2016-1108>.
10. Кучменко, Т.А. Биогидроксиапатит – новая фаза для селективного микро-взвешивания паров органических соединений – маркеров воспаления в носовой



слизи телят и человека / Т.А. Кучменко, Р.У. Умарханов, Д.А. Менжулина. – Текст: непосредственный // Сообщение 1. Сорбция в модельных системах. Сорбционные и хроматографические процессы. - 2021. - № 21(2). - С. 142-152.

## REFERENCES

1. Practical recommendations for improving the technology of dietary bakery products / E.I. Ponomareva, S.I. Lukina, N.N. Alekhina [et al.]. - Voronezh, 2022. - P. 185. - Text: direct.
2. Lukina, S.I. Use of feijoa puree in wheat bread technology / S.I. Lukina, E.I. Ponomareva, A.A. Antipova. - Text: direct // Innovative technology and technology. - 2022. - Vol. 9. - No. 3. - P. 24-27.
3. Lobosova, L.A. Methods for studying the properties of raw materials, semi-finished products and finished products in the production of bakery and confectionery products. Theory and practice: textbook for universities / L.A. Lobosova, T.N. Malyutina, S.I. Lukina. - St. Petersburg: Lan, 2023. - P. 120. – Text: direct.
4. Petrichenko, V.V. Study of microstructure and color of bread from flour with improved properties / V.V. Petrichenko, E.I. Ponomareva, M.G. Ivanov [et al.]. – Text: direct // Bread products. - 2016. - No. 3. - P. 47-49.
5. Ponomareva, E.I. Breadsticks of increased nutritional value for achloride nutrition / A.Yu. Krivosheev, S.I. Lukina, N.N. Alekhina [et al.]. – Text: direct // Equipment and technology of food production. - 2018. - No. 01(48). - P. 114-124.
6. Lebesi, D.M., Tzia, C. Effect of the Addition of Different Dietary Fiber and Edible Cereal Bran Sources on the Baking and Sensory Characteristics of Cupcakes. Food Biopro-cess Technol 4. - 2011. - pp. 710–722.
7. Jeyanthi Rebecca, L., Candace Seshiah, Sharmila, D. Fortification of Cupcakes with Cereals and Pulses. - 2016. - Vol. 3, Issue 3. - pp. 1-6.
8. Kuchmenko, T.A. Chemical sensors based on piezoelectric quartz microbalances. In the monograph “Problems of analytical chemistry”. Vol. 14 / edited by Yu.G. Vlasov. - 2011. - P.127-202. – Text: direct.
9. Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality // Pure and Applied Chemistry. The Scientific Journal of IUPAC:Published Online: 2017-09-08| DOI: <https://doi.org/10.1515/pac-2016-1108>.
10. Kuchmenko, T.A. Biohydroxyapatite – a new phase for selective micro-weighing of organic compound vapors – inflammation markers in the nasal mucus of calves and humans / T.A. Kuchmenko, R.U. Umarkhanov, D.A. Menzhulina. – Text: direct // Communication 1. Sorption in model systems. Sorption and chromatographic processes. - 2021. - No. 21(2). - P. 142-152.