

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНОВОГО ХЛЕБА, ВЫПЕКАЕМОГО ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

**Проведены исследования влияния технологических параметров на качество зернового хлеба, выпекаемого электроконтактным (ЭК) способом. Установлено влияние шелушения, длительности замачивания зерна, степени измельчения и продолжительности брожения зерновых полуфабрикатов на качество зернового хлеба ЭК-выпечки.**

**Ключевые слова:** зерновой хлеб, электроконтактный способ выпечки, комплексный показатель качества, гликемический индекс.

Один из путей решения проблемы дефицита в рационе питания человека витаминов, микро- и макроэлементов, пищевых волокон и других биологически активных веществ кроется в создании новых функциональных продуктов питания с заданными свойствами.

Приоритетным направлением создания функциональных продуктов питания является использование ингредиентов и видов сырья, обладающих лечебно-профилактическими свойствами с применением технологий их производства, позволяющих сохранить исходные полезные вещества сырья.

Зерновой хлеб является одним из функциональных продуктов питания, технология которого позволяет сохранить витамины, аминокислоты, микроэлементы и другие биологически активные вещества, заложенные природой в зерно [1]–[4].

Применение электроконтактного энергоподвода (ЭК) на стадии выпечки позволяет в большей степени сохранить биологически ценные вещества сырья и предотвратить образование нежелательных веществ, неусвояемых организмом соединений, характерных для традиционной радиационно-конвективной (РК) выпечки [5]–[7]. Данный способ выпечки позволяет снизить гликемический индекс (ГИ) готовых изделий [8].

В настоящее время разработаны различные технологии производства зернового хлеба, однако применение ЭК-способа выпечки в технологии зернового хлеба изучено не было.

В связи с вышеизложенным, представляется актуальным проведение исследований по разработке технологии зернового хлеба с применением ЭК-энергоподвода на стадии выпечки.

Для исследований за основу был выбран способ приготовления зернового хлеба, включающий набор следующих стадий: очистка зерна, его мойка и дезинфекция, замачивание зерна, измельчение, замес теста, сбраживание с применением дрожжей и соли, расстойка и выпечка. Для производства зернового хлеба использовали зерно, прошедшее предварительную очистку на мелькомбинате ЗАО «Хлебопродукт № 2» (г. Оренбург) и отвечающее по безопасности требованиям санитарных правил и норм. Непосредственно перед приготовлением зернового полуфабриката зерно подвергали дополнительной очистке, мойке и дезинфекции перманганатом калия, после чего зерно трехкратно промывали проточной водопроводной водой, чтобы смыть дезинфицирующее средство и остаточные примеси.

Было исследовано влияние шелушения зерна на кинетику его увлажнения. При проведении экспериментов использовали шелушенное и нешелушенное зерно пшеницы. Шелушение зерна проводили на лабораторной обочечно-щеточной машине до отделения оболочек в количестве 5 % от массы зерна. После мойки и дезинфекции шелушенное и нешелушенное зерно замачивали в избыточном количестве воды при температуре  $20 \pm 2$  °С анаэробным способом в течение 24 ч. В процессе увлажнения контролировали изменения влажности, кислотности зерна, содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, лизина в зерне и замочной воде, а также переход сухих веществ зерна в замочную воду.

На рисунке 1 представлены графики изменения влажности в процессе замачивания для шелушенного и нешелушенного зерна.

Анализ полученных данных показал, что первые 30 минут замачивания зерно интенсивно впитывает влагу, в дальнейшем скорость увлажнения зерна снижается и через 2,5 ч замачивания влажность зерна увеличивается незначительно. При этом шелушенное зерно за 2,5 ч увлажняется до влажности 40–45 %, для нешелушенного зерна это значение составляет 33–37 %. Проводить увлажнение дольше 2,5 ч нецелесообразно, т.к. это приведет к увеличению микробиологической загрязненности, удлинению технологического процесса, повышению себестоимости готового продукта. К тому же, установленное время увлажнения достаточно для дальнейшего эффективного диспергирования зерна.

Кислотность зерна в процессе замачивания в течение 2,5 ч увеличилась с 1,8 град. до 2,1 град. для шелушенного зерна и до 2,3 град. для нешелушенного зерна. Кислотность шелушенного зерна в конце увлажнения ниже кислотности нешелушенного зерна, что объясняется более легким переходом части кислореагирующих соединений в воду из-за отсутствия в шелушенном зерне части оболочек.

Содержание сухих веществ, перешедших в воду, в которой замачивалось шелушенное зерно, составило 0,8 %, для нешелушенного зерна это значение составляет 0,3 %. Это объясняется тем, что удаление части оболочек способствует большему переходу сухих веществ зерна в замочную воду.

В работе исследовали влияние шелушения зерна на сохранность витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и незаменимой аминокислоты лизин в процессе замачивания.

Определение витаминов и лизина в зерне в процессе замачивания проводили через 0, 3, 6, 9, 12 и 24 часа увлажнения. Содержание витаминов в контрольных точках замачивания представлено в таблице 1.

Анализ полученных данных свидетельствует, что операция шелушения зерна приводит к снижению содержания витаминов в зерне, то есть, с удалением оболочечных частиц и части зародыша удаляются и содержащиеся в них витамины и другие биологически активные вещества.

Результаты изменения содержания витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, лизина в зерне и замочной воде в процессе замачивания свидетельствуют о том, что операция шелушения зерна приводит к снижению содержания витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и лизина в зерне. При замачивании зерна в воде вместе с комплексом сухих веществ (сахара, азотистые, минеральные и другие вещества) происходит переход витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и лизина в замочную воду. Причем значительный переход витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, лизина в замочную воду происходил в первые 3–6 ч замачивания.

Было исследовано влияние шелушения зерна на качество зернового хлеба ЭК-выпечки. При проведении экспериментов шелушенное и нешелушенное зерно увлажняли в течение 2,5 ч, измельчали до модуля крупности частиц (МКЧ) 2,3 мм (путем экструдирования). В диспергированную массу вносили 2 % сухих дрожжей и 0,65 % соли и направляли на брожение в течение 2,5 ч. Выброженный зерновой полуфабрикат направляли на расстойку в течение 0,75 ч и выпекали ЭК-способом.

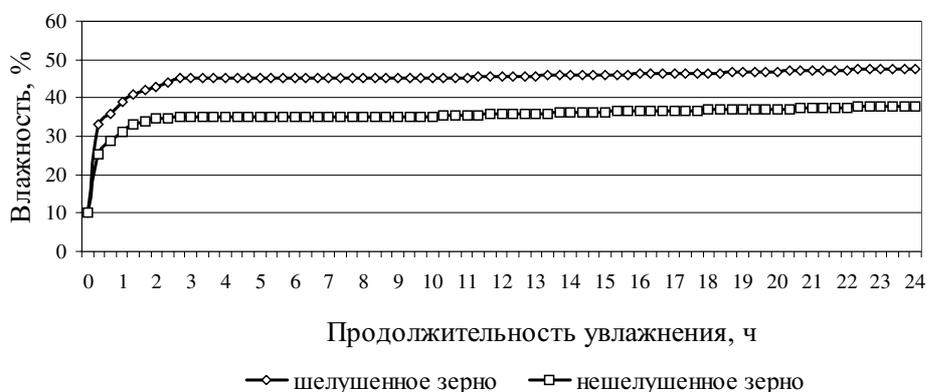


Рисунок 1. График изменения влажности зерна в процессе увлажнения

Пористость зернового хлеба ЭК-способа выпечки из нешелушенного зерна (53 %) была несколько выше, чем для хлеба из шелушенного зерна (47 %). По сравнению с хлебом из нешелушенного зерна, кислотность готовых изделий из шелушенного зерна ниже, за счет большего перехода кислореагирующих веществ в замочную воду и меньшего их накопления в процессе брожения.

В таблице 2 представлено содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, лизина и показатель гликемического индекса в зерновом хлебе ЭК-выпечки из шелушенного и нешелушенного зерна.

Анализ данных таблицы 2 позволил заметить, что содержание витаминов в хлебе из шелушенного зерна несколько ниже, чем в хлебе из нешелушенного зерна. Содержание лизина в образцах хлеба из шелушенного и нешелушенного зерна отличается незначительно. Большим

гликемическим индексом характеризовались пробы зернового хлеба из шелушенного зерна.

Для оценки качества зернового хлеба ЭК-выпечки нами были разработаны три комплексных показателя (КП) качества:

– комплексный показатель органолептических свойств (КП<sub>орг</sub>) готовых изделий, включающий внешний вид, консистенцию, вкус и запахи готовых изделий;

– комплексный показатель физико-химических свойств (КП<sub>фх</sub>) зернового ЭК-хлеба, включающий влажность, пористость и кислотность готовых изделий;

– комплексный показатель биологических свойств (КП<sub>биол</sub>) зернового ЭК-хлеба, или показатель, характеризующий его функциональные свойства как продукта лечебно-профилактического назначения, включающий ГИ по глюкозе зернового хлеба ЭК-выпечки и содержание в

Таблица 1. Содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и лизина в зерне в процессе его увлажнения

Продолжительность замачивания, ч		0	3	6	9	12	24	
Содержание витаминов В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , РР и лизина, мг/100 г	Нешелушенное зерно	В <sub>1</sub>	0,320 ±0,068	0,320 ±0,080	0,310 ±0,020	0,310 ±0,055	0,306 ±0,060	0,300 ±0,070
		В <sub>2</sub>	0,081 ±0,017	0,080 ±0,017	0,079 ±0,020	0,079 ±0,018	0,078 ±0,020	0,078 ±0,017
		РР	4,490 ±0,950	4,340 ±0,920	4,315 ±0,440	4,300 ±0,570	4,252 ±0,887	4,230 ±0,965
		лизин	320,00 ±0,79	320,00 ±0,68	319,30 ±0,70	319,10 ±0,72	318,80 ±0,69	318,60 ±0,76
	Замочная вода нешелушенного зерна	В <sub>1</sub>	-	0,021 ±0,004	0,058 ±0,010	0,062 ±0,006	0,064 ±0,011	0,065 ±0,010
		В <sub>2</sub>	-	0,0023± 0,0005	0,0024 ±0,0004	0,0025 ±0,0007	0,0030 ±0,0004	0,0031 ±0,0007
		РР	-	0,150 ±0,014	0,180 ±0,020	0,230 ±0,016	0,255 ±0,049	0,281 ±0,061
		лизин	-	**	0,70 ±0,03	0,90 ±0,06	1,20 ±0,09	1,39 ±0,09
	Шелушенное зерно	В <sub>1</sub>	0,310 ±0,071	0,283 ±0,060	0,282 ±0,044	0,281 ±0,053	0,281 ±0,076	0,280 ±0,061
		В <sub>2</sub>	0,060 ±0,012	0,059 ±0,016	0,057 ±0,038	0,057 ±0,024	0,057 ±0,026	0,057 ±0,017
		РР	3,750 ±0,803	3,638 ±0,706	3,582 ±0,617	3,555 ±0,576	3,548 ±0,326	3,540 ±0,830
		лизин	312,00 ±0,92	312,00 ±0,89	311,38 ±0,85	311,06 ±0,80	310,75 ±0,78	310,44 ±0,75
	Замочная вода шелушенного зерна	В <sub>1</sub>	-	0,026 ±0,007	0,028 ±0,069	0,030 ±0,041	0,030 ±0,041	0,031 ±0,067
		В <sub>2</sub>	-	0,0025 ±0,0005	0,0026 ±0,0007	0,0027 ±0,0008	0,0027 ±0,0003	0,0028 ±0,0005
		РР	-	0,120 ±0,091	0,165 ±0,044	0,184 ±0,082	0,195 ±0,078	0,210 ±0,043
		лизин	-	**	0,71 ±0,02	0,92 ±0,06	1,20 ±0,08	1,70 ±0,09

Примечание: \*\* – следы

нем витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и незаменимой аминокислоты лизина.

Каждый из отдельных показателей, входящих в состав КП оценивали по 5-бальной системе с применением коэффициентов значимости. Вычисление значения КП проводили путем суммирования баллов по каждому показателю, умноженных на коэффициент значимости. Коэффициенты значимости показателей были установлены путем опроса мнений экспертов в области хлебопекарного производства. Коэффициенты значимости были подобраны таким образом, чтобы максимально возможное значение каждого КП было не более 100 баллов. При расчете КП<sub>орг</sub> коэффициенты значимости составляли для внешнего вида – 3, консистенции – 4, вкуса – 8 и запаха – 5; при расчете КП<sub>фх</sub> коэффициенты значимости составляли для влажности – 4, пористости – 10, кислотности – 6; при расчете КП<sub>биол</sub> коэффициенты значимости составляли для ГИ – 6, содержания витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и лизина – по 3,5.

Анализ всех комплексных показателей качества готовых изделий позволил заметить, что значения КП<sub>орг</sub> для хлеба ЭК-выпечки из шелушенного и нешелушенного зерна были одинаковы и составили 68 баллов. КП<sub>фх</sub> для хлеба из шелушенного зерна (90 баллов) был ниже, чем у хлеба из нешелушенного зерна (94 балла). КП<sub>биол</sub> хлеба из нешелушенного зерна также был выше, чем для хлеба из шелушенного зерна, и соответственно составил 76,5 и 90,5 баллов.

Результаты исследований выявили целесообразность использования нешелушенного зерна при разработке технологии производства зернового хлеба ЭК-выпечки функционального назначения.

Было исследовано влияние длительности замачивания зерна на процесс брожения зернового полуфабриката и качество зернового хлеба ЭК-способа выпечки. При приготовлении зернового полуфабриката образцы зерна замачи-

вали в течение 0,33; 0,66; 1; 1,33; 1,66; 2; 2,5; 3 и 4 ч.

В процессе брожения зерновых полуфабрикатов контролировали изменение их кислотности и подъемной силы.

В результате эксперимента было установлено, что с увеличением продолжительности замачивания зерна от 0,33 ч до 4 ч, конечная кислотность зерновых полуфабрикатов после 2,5 ч брожения снижалась с 4,4 до 3,4 град. С увеличением продолжительности замачивания зерна от 0,33 ч до 4 ч подъемная сила зерновых полуфабрикатов после 2,5 ч брожения увеличивалась (время всплытия «шариков» зерновых полуфабрикатов уменьшалось с 13 до 6 минут).

При оценке качества готового зернового хлеба ЭК-выпечки самые высокие баллы по органолептическим показателям получили образцы хлеба из зерна, увлажнявшегося 2 и 2,5 ч, самые высокие значения КП<sub>орг</sub> были у зернового хлеба ЭК-выпечки с продолжительностью замачивания 2,5 ч.

На рисунке 2 представлены физико-химические показатели качества зернового хлеба ЭК-выпечки с различной продолжительностью замачивания.

Анализ пористости образцов показал высокие значения для образцов из зерна, подвергнутого 2,5 ч замачивания. На кислотность и влажность готовых изделий продолжительность увлажнения зерна значительного влияния не оказывает.

Физико-химические показатели качества выпеченных образцов зернового хлеба ЭК-выпечки выражали с помощью разработанного КП<sub>фх</sub>. Самые высокие баллы КП<sub>фх</sub> получил образец зернового хлеба из зерна, увлажнявшегося 2,5 ч.

В таблице 3 представлено содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, лизина и показатель гликемического индекса в зерновом хлебе ЭК-выпечки с различной продолжительностью замачивания зерна.

Таблица 2. Содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, лизина и показатель гликемического индекса, в зерновом хлебе ЭК-выпечки из шелушенного и нешелушенного зерна

Наименование показателей	Наименование изделий	
	Хлеб из шелушенного зерна	Хлеб из нешелушенного зерна
Содержание витамина В <sub>1</sub> , мг/100г	0,260±0,007	0,280±0,043
Содержание витамина В <sub>2</sub> , мг/100г	0,057±0,020	0,076±0,041
Содержание витамина РР, мг/100г	4,125±0,016	4,332±0,012
Содержание лизина, мг/100г	311,00±0,08	312,54±0,07
Гликемический индекс хлеба, % на с.в.	23,2	22,8

Исследования влияния длительности замачивания зерна на качество зернового хлеба ЭК-выпечки позволили определить, что оптимальной продолжительностью замачивания зерна для производства зернового хлеба ЭК-способа выпечки без существенных потерь его органолептических и физико-химических качеств являлась продолжительность замачивания зерна 2,5 ч, при этом готовые изделия имели лучшие  $KП_{орг}$  и  $KП_{фх}$  и высокое значение  $KП_{биол}$  готовых изделий.

Было исследовано влияние модуля крупности частиц и продолжительности брожения зернового полуфабриката на качество зернового хлеба ЭК-способа выпечки. В ходе эксперимента после замачивания зерновую массу измельчали до МКЧ 2,6; 2,3; и 1,5 мм. Образцы выпекали ЭК-способом через 1; 2; 2,5; 3; 3,5 и 4 ч брожения.

В процессе брожения контролировали изменение подъемной силы и кислотности зерновых полуфабрикатов.

Характер изменения подъемной силы полуфабрикатов из измельченной зерновой массы с модулем крупности частиц 2,6; 2,3 и 1,5 мм в процессе брожения зерновых заготовок представлен на рисунке 3.

Характер изменения кислотности в процессе брожения зерновых полуфабрикатов представлен на рисунке 4.

Было установлено, что с увеличением времени брожения повышалась подъемная сила и увеличивалась кислотность зерновых полуфабрикатов, что связано с накоплением кислореагирующих и газообразных продуктов в процессе брожения. Установлено, что с уменьшением МКЧ так-

Таблица 3. Содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, лизина и показатель гликемического индекса в зерновом хлебе ЭК-выпечки с различной продолжительностью замачивания зерна

Наименование показателей	Хлеб ЭК-выпечки из зерна с различной продолжительностью замачивания, ч									
	0,33	0,66	1	1,33	1,66	2	2,5	3	4	
Содержание витамина В <sub>1</sub> , мг/100г	0,314 ±0,053	0,310 ±0,037	0,308 ±0,045	0,308 ±0,043	0,304 ±0,039	0,292 ±0,030	0,285 ±0,049	0,274 ±0,026	0,272 ±0,020	
Содержание витамина В <sub>2</sub> , мг/100г	0,077 ±0,051	0,077 ±0,026	0,077 ±0,038	0,076 ±0,044	0,076 ±0,022	0,076 ±0,036	0,076 ±0,027	0,075 ±0,027	0,075 ±0,032	
Содержание витамина РР, мг/100г	4,524 ±0,575	4,508 ±0,647	4,503 ±0,478	4,440 ±0,760	4,413 ±0,735	4,383 ±0,789	4,350 ±0,443	4,306 ±0,433	4,307 ±0,850	
Содержание лизина, мг/100г	315,54 ±0,70	316,40 ±0,48	315,85 ±0,83	315,27 ±0,56	314,63 ±0,50	312,23 ±0,49	311,16 ±0,35	310,27 ±0,28	310,17 ±0,20	
Гликемический индекс хлеба, % на с.в.	20,6	20,8	21,1	21,3	21,5	21,8	22,0	22,4	22,8	

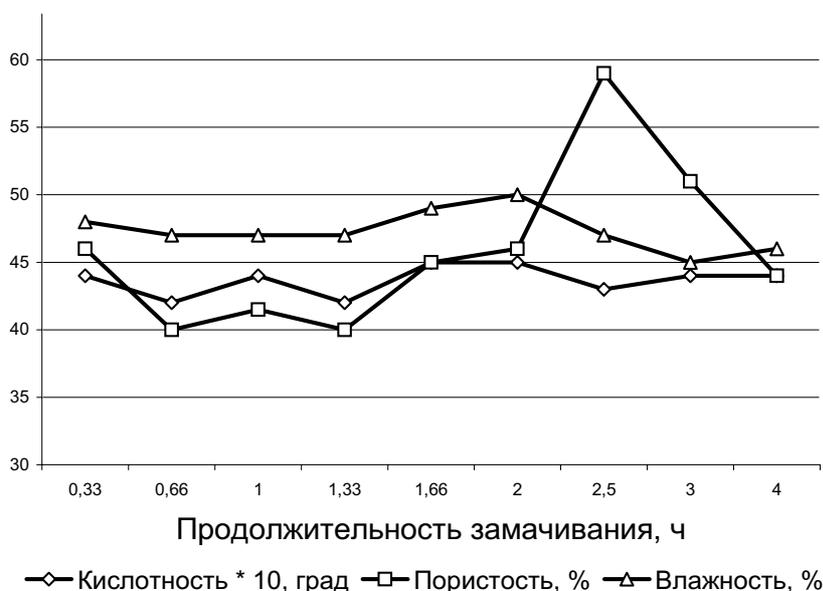


Рисунок 2. Физико-химические показатели качества зернового хлеба ЭК-выпечки с различной продолжительностью замачивания зерна

же повышалась подъемная сила и кислотность зерновых полуфабрикатов, что связано с увеличением удельной поверхности частиц зернового полуфабриката и большей доступностью компонентов зернового полуфабриката действию амилитических ферментов зерна и связанного с этим накоплением кислореагирующих и газообразных продуктов в зерновом полуфабрикate.

При оценке качества хлеба ЭК-выпечки из зерновой массы с МКЧ 2,6 и 2,3 мм самые высокие баллы по органолептическим показателям получили образцы с продолжительностью брожения зернового полуфабриката 2,5 ч, КП<sub>орг</sub> для

них составил соответственно 63 и 100 баллов. Зерновой хлеб с МКЧ 1,5 мм имел более высокие значения КП<sub>орг</sub>, чем соответствующие по продолжительности брожения образцы с МКЧ 2,3 и 2,6 мм. Изделия из зерновой массы с МКЧ 1,5 мм имели мякиш, схожий с мякишем пшеничного хлеба, образцы были однородной структуры, вкраплений дробленых зерен не наблюдалось, что обеспечило высокие оценки их органолептических свойств, высшие баллы КП<sub>орг</sub> (100 баллов) получили образцы с продолжительностью брожения зернового полуфабриката 2,5 и 3 ч.

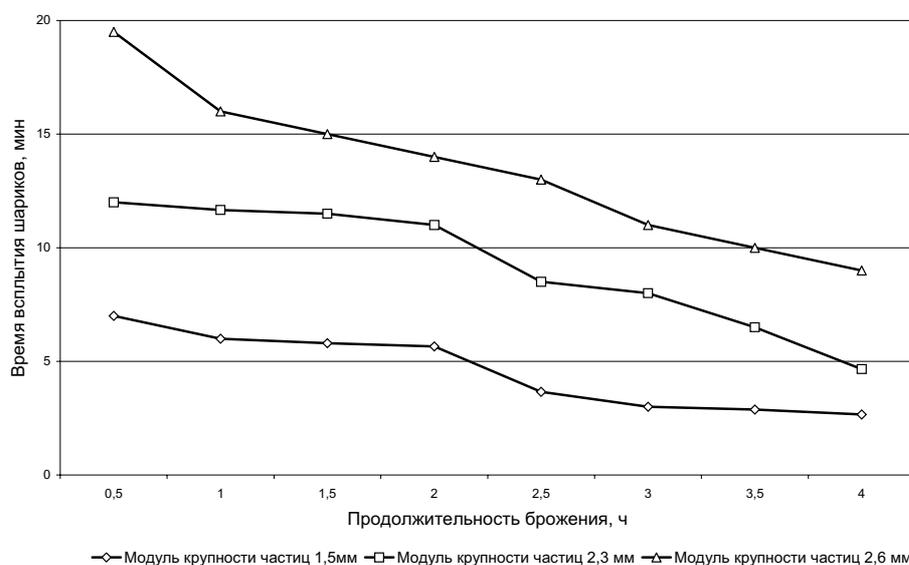


Рисунок 3. График изменения подъемной силы зерновых полуфабрикатов в процессе брожения

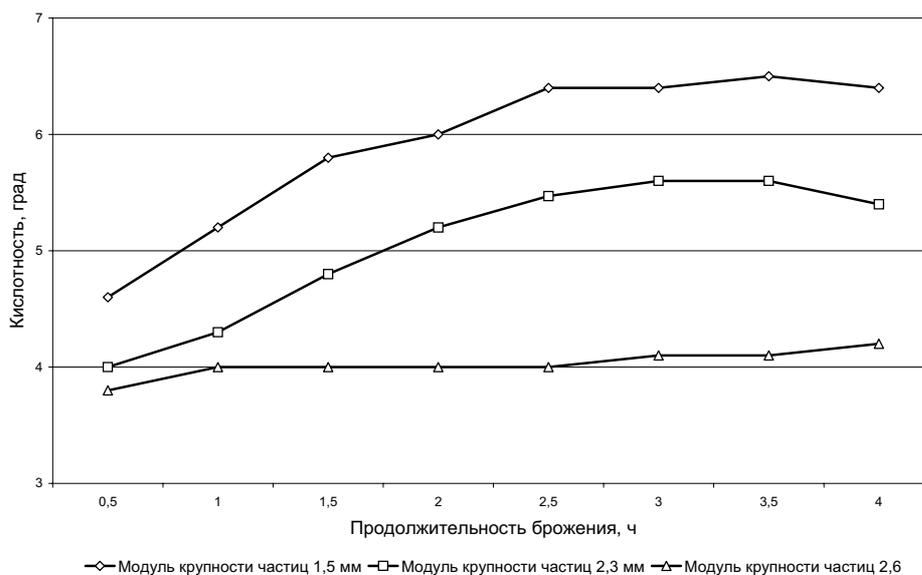


Рисунок 4. График изменения кислотности зерновых полуфабрикатов в процессе брожения

Анализ физико-химических показателей качества готовых изделий показал, что для всех образцов зернового хлеба с различным МКЧ характерно повышение пористости готовых изделий до 2,5 ч брожения зернового полуфабриката, при дальнейшем увеличении продолжительности брожения зернового полуфабриката показатель пористости снижался.

С увеличением продолжительности брожения для образцов с различным МКЧ происходит нарастание кислотности готовых изделий. Кислотность и влажность хлеба, из зерновой массы с МКЧ 1,5 мм выше кислотности готовых изделий из зерновой массы с МКЧ 2,6 мм и 2,3 мм

Самые высокие баллы  $KP_{\text{фх}}$  зернового хлеба ЭК-выпечки (96 баллов) имели образцы с МКЧ зернового полуфабриката 2,3 мм и продолжительностью брожения 2,5 ч.

Содержание витаминов  $B_1$ ,  $B_2$ , РР, лизина и показатель ГИ в зерновом хлебе ЭК-способа выпечки с различным МКЧ зернового полуфабриката и продолжительностью его брожения представлены в таблице 4.

Анализ данных таблицы 4 показал, что с уменьшением МКЧ зернового полуфабриката, повышалось содержание витаминов  $B_1$ ,  $B_2$ , РР и лизина в зерновом хлебе ЭК-выпечки. С увеличением продолжительности брожения зерновых полуфабрикатов, повышалось содержание лизина и витаминов  $B_1$ ,  $B_2$  и РР в готовых изделиях.

При уменьшении МКЧ и увеличении продолжительности брожения зернового полуфабриката повышался ГИ хлеба, что привело к снижению  $KP_{\text{биол}}$  зернового хлеба ЭК-выпечки.

Проведенные исследования позволили определить МКЧ зернового полуфабриката

Таблица 4. Содержание витаминов  $B_1$ ,  $B_2$ , РР, лизина и показатель гликемического индекса по глюкозе, в зерновом хлебе ЭК-выпечки с различным МКЧ зернового полуфабриката и различной продолжительностью его брожения

Наименование показателей	Продолжительность брожения, ч					
	1	2	2,5	3	3,5	4
Модуль крупности частиц зернового полуфабриката 2,6 мм						
Содержание витамина $B_1$ , мг/100г	0,223 ±0,069	0,240 ±0,056	0,254 ±0,043	0,267 ±0,040	0,284 ±0,034	0,303 ±0,040
Содержание витамина $B_2$ , мг/100г	0,072 ±0,022	0,074 ±0,018	0,075 ±0,028	0,076 ±0,019	0,078 ±0,020	0,079 ±0,032
Содержание витамина РР, мг/100г	4,320 ±0,870	4,345 ±0,695	4,348 ±0,607	4,366 ±0,458	4,370 ±0,617	4,380 ±0,574
Содержание лизина, мг/100г	311,70 ±0,23	311,83 ±0,18	311,90 ±0,27	312,06 ±0,18	312,15 ±0,27	312,26 ±0,45
Гликемический индекс хлеба, % на с.в.	20,6	21,2	21,6	22,4	23,2	24,2
Модуль крупности частиц зернового полуфабриката 2,3 мм						
Содержание витамина $B_1$ , мг/100г	0,253 ±0,060	0,264 ±0,057	0,274 ±0,047	0,280 ±0,064	0,280 ±0,067	0,300 ±0,056
Содержание витамина $B_2$ , мг/100г	0,073 ±0,012	0,074 ±0,016	0,075 ±0,025	0,076 ±0,014	0,077 ±0,022	0,078 ±0,016
Содержание витамина РР, мг/100г	4,330 ±0,327	4,344 ±0,542	4,348 ±0,605	4,357 ±0,340	4,372 ±0,540	4,395 ±0,265
Содержание лизина, мг/100г	311,60 ±0,38	311,83 ±0,36	312,00 ±0,37	312,07 ±0,44	312,24 ±0,37	312,44 ±0,54
Гликемический индекс хлеба, % на с.в.	20,9	21,6	22,0	23,5	25,3	26,8
Модуль крупности частиц зернового полуфабриката 1,5 мм						
Содержание витамина $B_1$ , мг/100г	0,267 ±0,061	0,276 ±0,042	0,284 ±0,045	0,293 ±0,038	0,303 ±0,042	0,308 ±0,037
Содержание витамина $B_2$ , мг/100г	0,074 ±0,016	0,075 ±0,024	0,076 ±0,018	0,076 ±0,020	0,077 ±0,019	0,079 ±0,024
Содержание витамина РР, мг/100г	4,344 ±0,225	4,352 ±0,208	4,351 ±0,215	4,368 ±0,178	4,387 ±0,210	4,392 ±0,243
Содержание лизина, мг/100г	311,26 ±0,47	311,90 ±0,42	312,25 ±0,29	312,46 ±0,40	312,90 ±0,34	313,47 ±0,37
Гликемический индекс хлеба, % на с.в.	23,0	23,6	24,9	25,4	26,1	29,8

(2,3 мм) и продолжительность брожения (2,5 ч), при которых достигались высокие значения  $KP_{\text{биол}}$  зернового хлеба ЭК-способа выпечки.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить следующее:

– при производстве зернового хлеба ЭК-способа выпечки шелушение зерна проводить нецелесообразно, так как при этом снижается пористость готовых изделий, содержание лизина, витаминов  $B_1$ ,  $B_2$ , PP и увеличивается гликемический индекс получаемого продукта, по срав-

нению с зерновым хлебом ЭК-способа выпечки из нешелушенного зерна;

– уменьшение продолжительности замачивания зерна приводит к снижению гликемического индекса и повышению содержания лизина, витаминов  $B_1$ ,  $B_2$ , PP в зерновом хлебе ЭК-способа выпечки;

– увеличение МКЧ, уменьшение продолжительности брожения зернового полуфабриката приводят к снижению гликемического индекса и содержания лизина и витаминов  $B_1$ ,  $B_2$ , PP в зерновом хлебе ЭК-способа выпечки.

18.02.2014

Список литературы:

1. Ялалетдинова Д.И. Применение электроконтактного энергоподвода для выпечки зернового хлеба / Ялалетдинова Д.И. Сидоренко Г.А., Попов В.П. / Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 2. – С. 23–26.
2. Ялалетдинова, Д.И. Технология зернового хлеба с применением электроконтактного способа выпечки / Д.И. Ялалетдинова, Г.А. Сидоренко, В.П. Попов, В.Г. Коротков, М.С. Краснова // Хлебопродукты. – 2013. – №8. – С. 52–55.
3. Пат. 2354118 Российская Федерация, Способ производства зернового хлеба / Сидоренко Г.А., Ялалетдинова Д.И., Бакирова Л.Ф., Попов В.П., Коротков В.Г. 30.07.2007.
4. Ялалетдинова Д.И. Разработка технологии зернового хлеба с применением электроконтактного способа выпечки: автореф. дис. ... кандидата технических наук: 05.18.01 / Ялалетдинова Дина Ильдаровна. – Москва, 2010. – 26 с.
5. Сидоренко, Г.А. Разработка технологии производства хлеба с применением электроконтактного способа выпечки: монография / Г.А. Сидоренко, В.П. Попов, Г.Б. Зинюхин, В.Г. Коротков. - Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – 119 с.
6. Сидоренко, Г.А. Электроконтактный прогрев как один из способов выпечки хлебобулочных изделий / Г.А. Сидоренко, В.П. Попов, Д.И. Ялалетдинова, В.П. Ханин, Т.В. Ханина / Хлебопечение России. – 2013. – № 1. – С. 14–17.
7. Пат. 2175839 Российская Федерация, Способ выпечки хлеба / Попов В.П., Касперович В.Л., Сидоренко Г.А., Зинюхин Г.Б. 07.10.1999
8. Матвеева, И.В. Новое направление в создании технологии диабетических сортов хлеба / И.В. Матвеева, А.Г. Утарова, Л.И. Пучкова и др. Серия: Хлебопекарная и макаронная промышленность. - М.: ЦНИИТЭИ Хлебопродуктов, 1991. – 44 с.
9. Попов В.П., Касперович В.Л., Сидоренко Г.А., Зинюхин Г.Б. Способ выпечки хлеба / Патент на изобретение RUS 2175839 07.10.1999

Сведения об авторах

**Явкина Дина Ильдаровна**, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и сертификации транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, e-mail: dinaild@mail.ru

**Сидоренко Галина Анатольевна**, доцент кафедры технологии пищевых производств факультета прикладной биотехнологии и инженерии Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук

**Попов Валерий Павлович**, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии факультета прикладной биотехнологии и инженерии Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент, e-mail: ppbt@mail.osu.ru

**Зинюхин Георгий Борисович**, доцент кафедры пищевой биотехнологии факультета прикладной биотехнологии и инженерии Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук

**Краснова Мария Сергеевна**, ведущий инженер кафедры пищевой биотехнологии факультета прикладной биотехнологии и инженерии Оренбургского государственного университета  
460018, г. Оренбург, проспект Победы 13, ауд. 3215, тел.: (3532)372465  
E-mail: Krasnova\_MS@mail.ru