

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШЕЛУШЕНИЯ ЗЕРНА НА КАЧЕСТВО ЗЕРНОВОГО ХЛЕБА, ВЫПЕКАЕМОГО ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

**Сидоренко Г.А., Попов В.П., Явкина Д.И., Краснова М.С.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

При создании новых функциональных продуктов питания следует учитывать существующие в данное время проблемы, связанные с восполнением дефицита в рационе питания человека пищевых волокон, витаминов, микро- и макроэлементов и других биологически активных веществ. В связи с вышесказанным, актуальным является создание пищевых продуктов питания с заранее заданными свойствами.

Наиболее эффективным и инновационным направлением создания пищевых продуктов с заранее заданными свойствами является сохранение пищевых волокон, витаминов, микро- и макроэлементов и других биологически активных веществ в процессе переработки сырья в готовую продукцию. Технологии позволяющие осуществить вышесказанное, несомненно, будут востребованы для создания пищевых продуктов обладающих лечебно-профилактическими свойствами.

Одним из наиболее функциональных продуктов питания является зерновой хлеб. Витамины, микроэлементы, аминокислоты и другие биологически активные вещества сохраняются именно при производстве зернового хлеба, так как именно зерно, в сравнении с мукой, содержит значительное количество биологически активных веществ [1-4].

Биологически активные вещества при традиционной радиационно-конвективной (РК) выпечки в значительной степени разрушаются. Для сохранения биологически активных веществ на стадии выпечки следует использовать электроконтактный энергоподвод (ЭК) [5-7]. Следует отметить, что данный способ выпечки позволяет снизить гликемический индекс (ГИ) готовых изделий, а также предотвратить образование неусвояемых организмом соединений и нежелательных веществ [8].

Современными исследователями предложены разнообразные способы производства зернового хлеба, однако, ни кто не проводил фундаментальных исследований по применению ЭК-способа для производства зернового хлеба. При этом существенным является то, что теория, объясняющая, необходимость использования зернового хлеба и способа его производства так же отсутствует.

Вышесказанное свидетельствует о том, что исследования связанные с разработкой технологии зернового хлеба являются актуальными. Особенно актуальными являются исследования направленные на изучение возможности замены традиционной выпечки на электроконтактную при производстве зернового хлеба.

Исследования проводились на основе технологии используемой мелькомбинатом ЗАО «Хлебопродукт № 2» (г. Оренбург). Данная технология заключается в том, что первоначально зерно подвергается очистке, мойке и

дезинфекции. Далее производится замачивание зерна до требуемой влажности. После замачивания зерно подвергается измельчению до заранее предусмотренной крупности частиц. На основе измельченного зерна производится замес теста, до достижения тестом однородной структуры. Полученное тесто подвергается брожению под воздействием дрожжей в присутствии соли. Сброженное тесто направляется на расстойку и выпечку. Следует отметить, что для достижения однородных результатов зерно, при необходимости, подвергали дополнительной очистке. Дезинфекцию зерна проводили перманганатом калия. Для снижения отрицательного влияния перманганата калия дезинфицированное зерно три раза промывали проточной водой.

Исследователями была проведена работа по изучению кинетики увлажнения зерна и ее влияние на эффективность шелушения. В исследованиях проводился сравнительный анализ увлажнения зерна как шелушенного, так и нешелушенного. Следует отметить, что для шелушения зерна использовали обоечно-щеточную машину лабораторного типа. Шелушение зерна проводили до остаточной массовой доли шелушенного зерна по отношению к исходному равной 95 %. В связи с тем, что хлебопекарные изделия в России производятся из зерна пшеницы, именно его использовали для проведения экспериментов как в шелушенном, так и в нешелушенном виде. Замачивание зерна проводили в воде температурой 20 ± 2 °С в течение 24 часов. Воду брали в избыточном количестве. Замачивание производили анаэробным способом. Изучение кинетики увлажнения сопровождалось изучением кинетики содержания витаминов В₁, В₂, РР, лизина в зерне и замочной воде, а также изменение содержания сухих веществ в замоченной воде. Кроме этого проводилось периодическое измерение кислотности зерна.

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



Рисунок 1 – График изменения влажности зерна в процессе увлажнения

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 В₁, В₂, 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 таблиц

Таблица 1 – Содержание витаминов В₁, В₂, РР и лизина в зерне в процессе его увлажнения

Продолжительность замачивания, ч		0	3	6	9	12	24	
Содержание витаминов В ₁ , В ₂ , РР и лизина, мг/100 г	Нешелушенное зерно	В ₁	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 ₂	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 ₁	-	0,021 ±0,004	0,058 ±0,010	0,062 ±0,006	0,064 ±0,011	0,065 ±0,010
		В ₂	-	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	B ₁	0,310 ±0,071	0,283 ±0,060	0,282 ±0,044	0,281 ±0,053	0,281 ±0,076	0,280 ±0,061
		B ₂	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	B ₁	-	0,026 ±0,007	0,028 ±0,069	0,030 ±0,041	0,030 ±0,041	0,031 ±0,067
		B ₂	-	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

** – следы

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 B₁, B₂, РР, лизина в зерне и замочной воде в процессе замачивания свидетельствуют о том, что операция шелушения зерна приводит к снижению содержания витаминов B₁, B₂, РР и лизина в зерне. При замачивании зерна в воде вместе с комплексом сухих веществ (сахара, азотистые, минеральные и другие вещества) происходит переход витаминов B₁, B₂, РР и лизина в замочную воду. Причем значительный переход витаминов B₁, B₂, 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 % сухеных 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.

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 B₁, B₂, РР, лизина и показатель гликемического индекса в зерновом хлебе ЭК-выпечки из шелушенного и нешелушенного зерна.

Таблица 2 - Содержание витаминов В₁, В₂, 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 ₁ , мг/100г	0,260±0,007	0,280±0,043
Содержание витамина В ₂ , 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

Из данных, представленных в таблице 2 можно сделать вывод, что хлеб из нешелушенного зерна содержит больше витаминов, чем хлеб из шелушенного зерна. Что же касается лизина, то его содержание практически не зависит от степени шелушения. Гликемический индекс у хлеба из шелушенного зерна выше, чем у хлеба из нешелушенного, что говорит о его худшей усвояемости больными сахарным диабетом.

В связи с необходимостью сокращения количества показателей качества хлеба, для данного вида хлеба было разработано три показателя (КП) качества каждый из которых отражает весовую совокупность отдельных показателей качества:

- комплексный показатель органолептических свойств (КП_{орг}) готовых изделий, включающий внешний вид, консистенцию, вкус и запах готовых изделий;

- комплексный показатель физико-химических свойств (КП_{фх}) зернового ЭК-хлеба, включающий влажность, пористость и кислотность готовых изделий;

- комплексный показатель биологических свойств (КП_{биол.}) 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 нем витаминов В₁, В₂, РР и незаменимой аминокислоты лизина.

Расчет комплексных показателей качества производили на основе весового метода. При этом отдельные показатели качества оценивали по шкале от 1 до 5, каждому из показателей присваивался коэффициент значимости на основе предварительного опроса экспертов, являющихся специалистами в области хлебопечения. 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_{орг} коэффициенты значимости составляли для внешнего вида – 3, консистенции – 4, вкуса – 8 и запаха – 5; при расчете КП_{фх} коэффициенты

значимости составляли для влажности – 4, пористости – 10, кислотности – 6; при расчете $KP_{\text{биол}}$ коэффициенты значимости составляли для ГИ – 6, содержания витаминов В₁, В₂, РР и лизина - по 3,5.

Анализ всех комплексных показателей качества готовых изделий позволил заметить, что значения $KP_{\text{орг}}$ для хлеба ЭК-выпечки из шелушенного и нешелушенного зерна были одинаковы и составили 68 баллов. $KP_{\text{фз}}$ для хлеба из шелушенного зерна (90 баллов) был ниже, чем у хлеба из нешелушенного зерна (94 балла). $KP_{\text{биол}}$ 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.

Список использованной литературы:

1. Ялалетдинова, Д.И. Применение электроконтактного энергоподвода для выпечки зернового хлеба / Д. И. Ялалетдинова, Г.А. Сидоренко, В.П. Попов // [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, МПК А21 D 13/02, 8/06. Способ производства зернового хлеба / Сидоренко Г.А., Ялалетдинова Д.И., Бакирова Л.Ф., Попов В.П., Коротков В.Г.; заяв. 30.07.2007; опубл. 10.05.2009, Бюл. № 13. – 4 с.

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. Патент 2175839 Российская Федерация, МКИ А 21 D 13/02. Способ выпечки хлеба / Попов В.П., Касперович В.Л., Сидоренко Г.А., Зинюхин Г.Б.; опубл. 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.*