

5. Дробот В.І. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба [Електронний ресурс]. Дробот В.І., Грищенко А.М. // Обладнання та технології харчових виробництв. – № 30 (2013). – Режим доступу: <http://journals.urau.com/index.php/2079-4827/article/view/22089/19617>
6. Лобачова Н.Л. Удосконалення технології безглютенового хліба [Текст]. Лобачова Н.Л., Шаніна О.М. // Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (15-19 квітня 2013 р.) том III, – С. 159.
7. Шаніна О.М. Поліпшення кулінарних достоїнств макаронних виробів із застосуванням ферменту трансглютаміназа [Текст]. – Шаніна О.М., Зверев В.О., Теймурова А.Т. // Наукові праці ОНАХТ, 2013. Вип. 44, Т. 1, – С. 184-188.

УДК 664.64.016.8

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУКИ РАЗНЫХ ВИДОВ

Мыколенко С.Ю., канд. техн. наук, доцент

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г. Днепропетровск

*В работе рассмотрены современные аспекты производства хлебопекарной продукции при использовании пшеничной, ржаной, гречневой и овсяной муки с применением дополнительно обработанной контактной неравновесной плазмой воды. Показаны особенности воздействия плазмохимически активированной воды на углеводно-амилазный комплекс муки разных видов. Исследовано влияние подготовленной воды на качество хлебобулочных изделий.*

*In the article modern aspects of bakery production with using wheat, rye, buckwheat, oat kinds of flour and water exposed contact non-equilibrium plasma are considered. Characteristics of impact of plasma-chemically activated water on the carbohydrate-amylase complex of different kinds of flour are demonstrated. The influence of plasma-chemically activated water to quality of bakery products is investigated.*

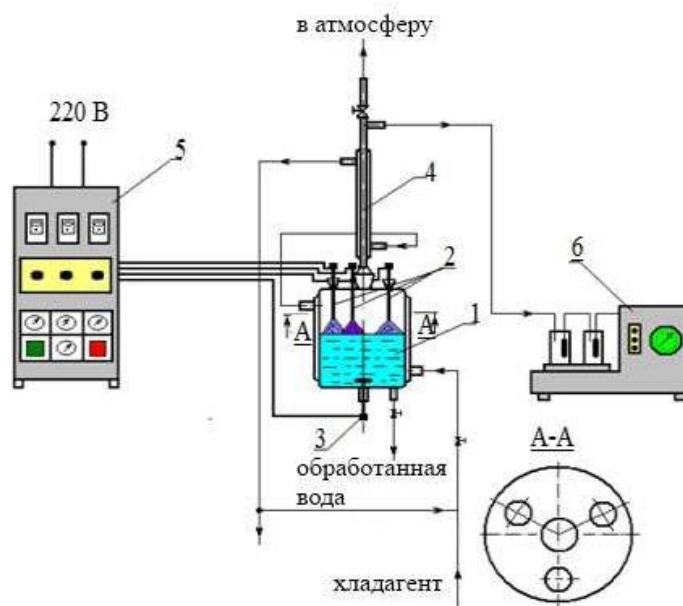
Ключевые слова: пшеничная, ржаная, гречневая, овсяная мука, плазмохимически активированная вода

Мука – основное сырье для производства ряда продуктов питания. От её качества во многом зависят свойства готовой пищевой продукции, и степень воздействия этих характеристик тем выше, чем больше удельный вес муки в рецептуре. Основная часть муки, произведенной в Украине, используется для изготовления хлебобулочных изделий, при этом первое место занимает пшеничная, а второе – ржаная мука. В данное время, также используют муку, полученную из крупяных культур, например, гречи, овса и др. Данные виды растительного сырья обладают повышенной биологической ценностью, связанной с повышенным содержанием минеральных веществ и более сбалансированным аминокислотным составом [1]. Немаловажно, что мука, полученная из крупяного зерна, имеет более низкий гликемический индекс, что делает её незаменимой для производства продукции функционального и лечебно-профилактического назначения.

Особое место в рецептурах хлебобулочных изделий принадлежит воде, которая выступает активатором технологических процессов производства. Известно [2, 3], что за счет дополнительной обработки ее контактной неравновесной плазмой (КНП) улучшаются свойства теста из слабой муки, ускоряются процессы созревания тестовых полуфабрикатов и повышается микробиологическая устойчивость продукции. Поскольку в указанных работах определено влияние воды, обработанной КНП, лишь в случае использования пшеничной муки, целесообразно установить особенности воздействия плазмохимически активированной воды на характеристики разных видов муки. Поэтому целью работы стало исследование технологических свойств муки пшеничной, ржаной, гречневой и овсяной при использовании воды, подвергнутой действию КНП, и определение качества хлебопекарной продукции, приготовленной с их применением.

В ходе проведения работы использовали муку высшего сорта ТМ «Днипромлын» средней силы, муку ржаную, овсяную, гречневую ТМ «Добродия», соль поваренную пищевую, дрожжи хлебопекарные ТМ «Львовские». Для приготовления контрольных образцов применяли питьевую воду городской магистрали г. Днепропетровска, для опытных образцов – воду, подвергнутую действию КНП. Обработку воды

проводили с использованием лабораторной установки в лаборатории плазмохимических технологий ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет» (рис. 1). Число падения для разных видов муки определяли на приборе ПЧП-3, автолитическую способность муки – стандартным методом, качество продукции – по итогам пробной лабораторной выпечки с использованием методов квалитметрической оценки. Рецептуры хлебобулочных изделий приведены в табл. 1.



1 – реактор; 2 – аноды; 3 – катод; 4 – обратный холодильник; 5 – электрический блок питания; 6 – вакуумный пост

**Рис. 1 – Схема лабораторной плазмохимической установки**

Процессы гидролиза крахмала занимают ведущее место во многих отраслях пищевой промышленности, где в качестве основного исходного сырья применяют крахмалосодержащее сырье. Для повышения эффективности основных технологических процессов актуальны новые подходы к активизации гидролиза крахмала, удовлетворяющие современным требованиям экологизации производства и созданию безопасной пищевой продукции. Основными факторами, от которых зависит активность амилолитических ферментов, является pH и температура, а также наличие специфических веществ, выступающих стабилизаторами активности ферментов. Интенсивность процесса автолиза в первую очередь зависит от активности ферментов и податливости субстрата. Как низкая, так и высокая автолитическая активность муки отрицательно влияет на качество пищевой продукции, изготовленной из муки. Необходимо, чтобы автолитический процесс разложения биополимеров происходил с определенной умеренной скоростью.

**Таблица 1 – Рецептуры хлебобулочных изделий**

Наименование сырья	Количество сырья			
Мука пшеничная	100	90	90	90
Мука ржаная	–	10	–	–
Мука гречневая	–	–	10	–
Мука овсяная	–	–	–	10
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,5	2,5	2,5	2,5
Соль поваренная	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода	По расчету			

Состояние углеводно-амилазного комплекса муки зависит от ее вида. Из сухих веществ в пшеничной муке преобладают углеводы (68-74 %), прежде всего крахмал, содержание которого уменьшается со снижением сорта муки. Основную роль в накоплении водорастворимых веществ во время созревания пшеничного теста играет  $\alpha$ -амилаза, высокая активность которой приводит к накоплению низкомолекулярных декстринов, которые придают липкость мякишу хлеба, а слишком низкая - к повышению крошковатости мякиша и снижению выхода готовой продукции. В пшеничной муке нормального качества в достаточном количестве содержится  $\beta$ -амилаза. В результате гидролитического разложения крахмала

муки под действием  $\beta$ -амилазы в тесте накапливается мальтоза и высокомолекулярные декстрины. Ржаная мука содержит 70 - 77% углеводов, которые представлены крахмалом, сахарами, растворимыми и нерастворимыми пентозанами и клетчаткой. Крахмал ржи клейстеризуется при температуре 55-57 °С, тогда как пшеничный – при 62 - 65 °С, и образует более вязкий, медленнее стареющий клейстер. В отличие от пшеничной, в ржаной муке  $\alpha$ -амилаза обладает высокой активностью, что создает предпосылки к более глубокому расщеплению крахмала и накоплению в тесте низкомолекулярных декстринов и мальтозы. Овсяную муку в хлебопечении чаще используют для производства печенья. Данный вид муки имеет 65-68 % крахмала, а также повышенное содержание жира и пищевых волокон. Гречневая мука на 63-66 % состоит из крахмала, отличительной особенностью которого является наличие более прочных связей в полисахаридах по сравнению с другими крахмалосодержащими культурами. Гречневая мука, как и зерно гречихи, отличается повышенным содержанием глюкозы, фруктозы и сахарозы [4].

Показатель числа падения муки отображает активность  $\alpha$ -амилазы крахмалсодержащего сырья, которая вызывает образование низкомолекулярных декстринов. В табл. 2 отражены результаты исследования влияния плазмохимически активированной воды на показатель числа падения и автолитическую активность муки разных видов. Для пшеничной, ржаной и овсяной муки показатель числа падения находится в допустимых пределах, однако для пшеничной муки составил 405 с, что немного превышает значение оптимума (250 - 370 с).

**Таблица 2 – Изменение показателей углеводно-амилазного комплекса разных видов муки при использовании плазмохимически активированной воды**

Вид муки	Продолжительность обработки воды, мин.	Показатель числа падения, мин., при использовании:		Автолитическая активность муки, %, при использовании:	
		дистиллированной воды	магистральной воды	дистиллированной воды	магистральной воды
Пшеничная	0	403	390	9,8	8,3
	3	390	357	12,6	8,1
	5	371	364	14,1	10,9
	7	319	308	15,0	13,7
	9	368	300	15,5	15,2
Ржаная	0	255	245	18,4	18,1
	3	252	212	18,7	19,1
	5	234	231	19,1	20,7
	7	226	224	20,0	21,7
	9	222	216	20,6	22,3
Овсяная	0	290	279	11,1	10,1
	3	259	255	12,6	10,2
	5	240	239	13,8	11,7
	7	226	267	15,4	13,1
	9	217	240	15,9	13,8
Гречневая	0	>999	>999	15,3	9,8
	3			15,8	11,2
	5			16,4	12,4
	7			16,9	13,5
	9			17,7	14,7

Установлено, что применение плазмохимически активированной воды снижает показатель числа падения муки независимо от ее вида. Наиболее высокая активность  $\alpha$ -амилазы – 255 с - характерна для ржаной муки. По сравнению с пшеничной и овсяной мукой показатель числа падения исследуемых образцов ржаной муки выше на 50 – 60 % и 12 – 17 % соответственно. Следует отметить, что несмотря на то, какая вода - магистральная активированная со щелочной реакцией среды или дистиллированная активированная, для которой характерна кислая реакция - применялась для приготовления водно-мучной суспензии, очевиден эффект повышения активности амилолиза и снижение показателя числа падения. Для пшеничной муки число падения для опытных образцов снижается на 6 – 20 %, для ржаной - на 6 – 12 %, для овсяной - на 10 – 22 % по сравнению с контролем. Поэтому применение плазмохимически активированной воды целесообразно в сочетании с мукой, которая имеет среднюю и низкую амилолитическую активность. Отдельно следует отметить, что число падения для гречневой муки в контрольных и опыт-

ных образцах превышало 999 с, что является максимальным показателем для технических возможностей использованного в работе прибора. Очевидно, что активность  $\alpha$ -амилазы для данного вида муки низкая, что коррелирует с данными работы [5].

В отличие от показателя числа падения, который отображает вязкость водно-мучной суспензии, амилолитическая активность муки показывает непосредственное содержание растворимых веществ, образованных вследствие гидролиза крахмала под действием  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы. Как видно из табл. 2, наиболее высокой амилолитической активностью - 18,1 - 18,3 % - обладает ржаная мука. Наиболее низкая активность амилолитических ферментов зафиксирована для пшеничной муки - 9,8 - 10,2 %. Овсяная и гречневая мука по данному показателю занимает промежуточное положение - 11 - 15 %.

Использование плазмохимически активированной воды вместо воды без дополнительной обработки вызывает повышение амилолитической активности для всех исследованных видов мучного сырья на 10 - 39 % по сравнению с контролем. Установлено, что наименьшая степень влияния воды, подвергнутой действию КНП, характерна для ржаной муки (эффект 10 - 18 %), а максимальная - для пшеничной муки (36 - 39 %). Очевидно, что между активностью  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы в исходной муке и степенью влияния плазмохимически активированной воды существует обратно пропорциональная зависимость. В целом, полученные результаты могут свидетельствовать как о чувствительности амилолитических ферментов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы) к плазмохимически активированной воде, так и о непосредственном воздействии такой воды на состояние крахмальных зерен разных видов муки.

Отдельное внимание было уделено исследованию влиянию воды, подвергнутой действию КНП, на качество готовой хлебопекарной продукции, приготовленной с использованием пшеничной, ржаной, гречневой и овсяной муки (рис. 2, 3). Установлено, что в случае применения плазмохимически активированной воды вместо магистральной воды без дополнительной обработки, удельный объем изделий из пшеничной муки увеличивается на 12 - 18 %, в частности улучшается цвет и реологические свойства мякиша, структура пористости. В свою очередь, комплексная оценка качества готовой продукции повышается на 5,4 - 9 % по сравнению с контролем, которая возрастает с увеличением продолжительности обработки воды.

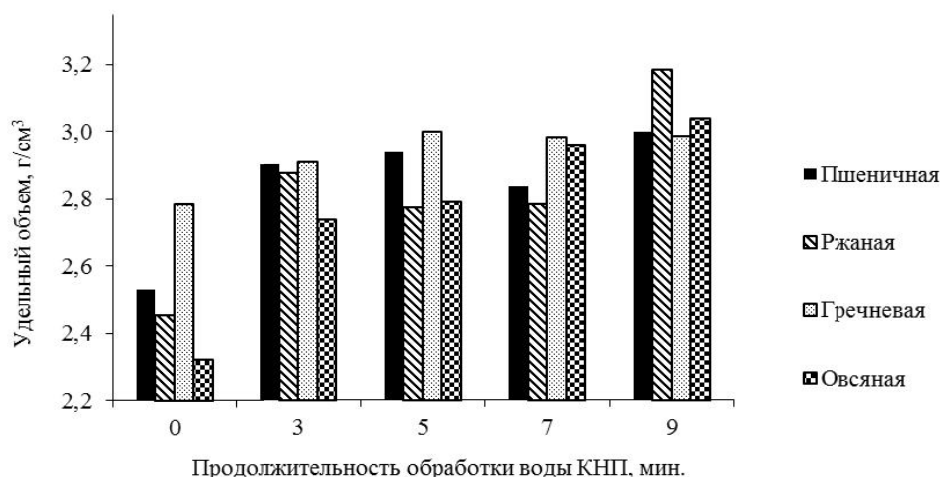


Рис. 2 – Удельный объем хлебобулочных изделий, приготовленных с использованием плазмохимически активированной воды и разных видов муки

В случае замены 10 % пшеничной муки на ржаную использование плазмохимически активированной воды позволяет увеличить удельный объем изделий на 13 - 32 %, улучшить реологические и тестурные свойства мякиша. Балльная оценка качества опытных образцов превышала контрольные на 3 - 5 % и максимальный уровень качества был зафиксирован для изделий, приготовленных с использованием воды, подвергнутой действию КНП на протяжении 5 - 9 мин.

С применением плазмохимически активированной воды вместо воды без дополнительной обработки объем изделий с добавлением 10 % гречневой муки к пшеничной увеличивается на 4,4 - 7,7 %, улучшается цвет мякиша продукта и структура его пористости. С учетом коэффициента весомости максимальным качеством отличались образцы, приготовленные с использованием плазмохимически активированной воды, эффект составил 4,3 - 5,7 %.

Добавление овсяной муки к пшеничной с использованием плазмохимически активированной водой позволяет увеличить удельный объем изделия на 17 - 30 % по сравнению с аналогичными контрольными образцами, приготовленными на воде без дополнительной обработки. При общей оценке продукта с уче-

том коэффициента весомости установлено, что эффект от использования плазмохимически активированной воды составил 4,5 – 7 %.

### Выводы

Установлено, что применение плазмохимически активированной воды целесообразно как в сочетании с пшеничной мукой, так и при использовании в рецептурах ржаной, овсяной и гречневой муки. Показано, что использование плазмохимически активированной воды снижает показатель числа падения муки независимо от ее вида. Для пшеничной муки число падения для опытных образцов снижается на 6 – 20 %, для ржаной - на 6 – 12 %, для овсяной - на 10 – 22 %.

Использование плазмохимически активированной воды вызывает повышение амилолитической активности для всех исследованных видов мучного сырья на 10 – 39 % по сравнению с контролем. В частности наименьшее влияние воды, подвергнутой действию КНП, зафиксировано для ржаной муки (эффект 10 – 18 %), максимальное - для пшеничной (36 – 39 %). Целесообразно применение плазмохимически активированной воды в сочетании с мукой со средней и низкой амилолитической активностью.

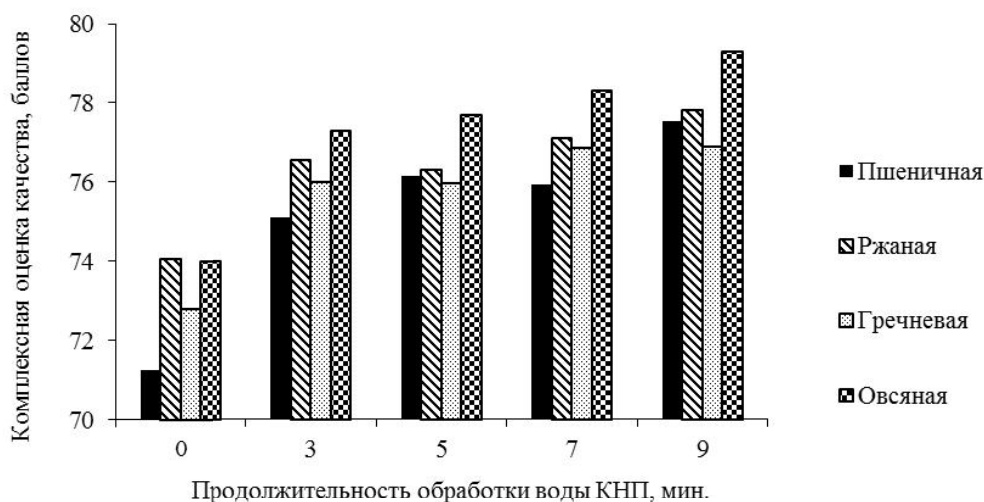


Рис. 3 – Балльная оценка качества хлебобулочных изделий, приготовленных с использованием плазмохимически активированной воды и разных видов муки

Определено, что за счет влияния на функциональное состояние биополимеров мучного сырья различного вида воды, подвергнутой действию КНП, достигается увеличение объемного выхода готовой продукции на 4,5 – 32 % по сравнению с использованием магистральной воды без дополнительной обработки, что позволит не только расширить ассортимент хлебопекарной продукции, но и повысить рентабельность производства. Оценка качества продукции показала, что за счет регулирования технологических свойств пшеничной, ржаной, гречневой и овсяной муки качество готовой пищевой продукции возрастает на 3 – 9 % по сравнению с контролем. Определено, что наиболее эффективным является применение воды, подвергнутой действию КНП в течение 7 - 9 минут.

### Литература

1. Разработка рецептур и технологий хлебобулочных изделий специального и функционального назначения на основе продуктов переработки крупяных культур / Е.В. Невская, Л.А. Шлеленко, С.О. Смирнов, О.Е. Тюрина, С.А. Урубков // *Хранение и переработка зерна*. – 2014. - №3 (180). – С. 36-38.
2. Пивоваров О.А. Зміна реологічних властивостей пшеничного тіста під впливом плазмохімічно активованих водних розчинів / О.А. Пивоваров, С.Ю. Миколенко, О.О. Шовгун // *Харчова наука і технологія*. – 2011. – № 1 (14). – С. 53–56.
3. Миколенко С.Ю. Повышение микробиологической устойчивости хлебопекарной продукции с применением плазмохимических технологий / С.Ю. Миколенко, А.А. Пивоваров, А.П. Тищенко // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2014. - № 2/12 (68), Ч.1. – С. 30–36.
4. Горькова И.В. Исследование особенностей химического состава и функционально-технологических показателей гречневой муки молочно-восковой спелости / И.В. Горькова // *Хранение и переработка продукции растениеводства*. – 2007. - №4. - С. 37-38.
5. Blaise Patricia The Impact of Kilning on Enzymatic Activity of Buckwheat Malt / Blaise Patricia, Nic Phiarais, Hilde Henny Wijngaard, Elke Karin Arendt // *Journal of the Institute of Brewing*. - 2005. – Vol. 111, Iss. 3. - P. 290-298.