

## КАЧЕСТВО ПОТОКОВ МУКИ МУКОМОЛЬНОГО ЗАВОДА ООО ТОПЧИХИНСКИЙ МЕЛЬКОМБИНАТ

Адаменко Е.В. - студент, Жукова А.В. - студент, Худенко А.Д. - доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Мукомольная промышленность России - одна из крупнейших отраслей пищевой промышленности, перерабатывающая зерно. Главным продуктом переработки зерна продовольственных культур (пшеницы и ржи) является мука. Ее используют для производства хлеба, бараночных, сухарных, макаронных, кондитерских и других изделий, а также в общественном питании.

Особое место на потребительском рынке занимают продукты повседневного спроса – хлеб и хлебобулочные изделия. В последние годы наблюдается увеличение объемов выработки продукции хлебопекарного производства. Свой вклад в это вносят и небольшие пекарни, и кондитерские, специализирующиеся на производстве французских, итальянских и прочих хлебобулочных изделий. Такая продукция имеет своих потребителей, а для ее выпуска необходима мука с совершенно определенными показателями качества.

Основным компонентом любого хлебопекарного производства является хлебопекарная пшеничная мука. Ее качество должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 52189, согласно которому необходимо определять следующие показатели: цвет, запах, вкус, крупность помола, массовая доля влаги, массовая доля золы, белизна, зараженность вредителями хлебных злаков, массовая доля клейковины и ее качество, число падения. Кроме того, можно определять, по требованию потребителя, и другие показатели качества. Например, седиментация, кислотность, массовая доля сахара, белка, показатели безопасности.

На сегодняшний день широко используется мука специального назначения. Наиболее востребованными в современном пищевом производстве являются следующие виды муки: блинная, оладьевая, для песочной выпечки, для слоеного теста, витаминизированная мука, пельменная мука, мука для тостового хлеба, для вафель, для кексов, для багетов, для пшенично-ржаного и ржано-пшеничного хлеба первого и второго сорта, хлебобулочные изделия длительной заморозки и других.

Для того чтобы рекомендовать определенные сорта муки для производства каких - либо хлебобулочных изделий, необходимо знать качество муки, получаемой с каждой системы технологического процесса производства муки. Это дает возможность смешивания разных потоков муки с целью формирования специальных сортов, качество которых удовлетворяло бы требования заказчика. Поэтому актуальной является задача определения показателей качества потоков муки, получаемых в размольном отделении любого мукомольного завода. Одним из примеров является исследование качества потоков муки, получаемой в размольном отделении мукомольного завода ООО Топчихинский мелькомбинат Алтайского края.

Завод представляет собой мельничный комплекс, состоящий из двух секций, работающих на импортном оборудовании, общая производительность которого составляет 300 тонн в сутки. Предприятие перерабатывает пшеницу III типа, выращенную в Алтайском крае. Технологическая схема размола зерна включает пять драных (др. с), две сортировочные (сорт. с.), две шлифовочные (шл. с.), семь размольных (р. с.) и две ситовечные системы (свс.с.). Общий выход муки составляет 75 %, в том числе муки высшего сорта – 60,0 % и первого сорта – 15,0 %.

Для исследования были отобраны пробы муки с каждой системы технологического процесса, а также пробы готовой продукции, отруби и зерно, подаваемого на первую драную систему.

Технологический анализ зерна проводился в соответствии с существующими стандартами, результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества зерна пшеницы, поступающего на I драную систему.

Наименование показателя	Единица измерения	Пшеница	
		фактический показатель качества	нормируемый показатель качества
Стекловидность	%	67	-
Натура	г/л	781	-
Сорная примесь	%	0,4	не более 0,4
Зерновая примесь	%	1,1	не более 5,0
Массовая доля влаги	%	15,6	от 14,5 до 16,5
Массовая доля золы	%	1,88	-
Массовая доля клейковины	%	25	-
Качество клейковины	ед.пр. ИДК/группа	35/ II	-
Массовая доля крахмала	%	66,7	-
Массовая доля общего сахара	%	1,38	-
Кислотность	град. кисл.	3,8	-
Число падения	с.	409	-

Показатели качества зерна, поступающего на I драную систему, не превышают нормируемых значений.

В потоках муки определялись показатели качества, нормируемые стандартом, кроме того, определялись массовая доля крахмала, массовая доля общих сахаров, кислотность.

Результаты определения всех показателей качества зерна, потоков муки, готовой продукции и отрубей, отобранных на Топчихинском мукомольном заводе, представлены в таблице 2.

Из анализа таблицы 2 видно, что в муке высшего и первого сорта массовая доля золы составляет соответственно 0,61 % и 0,98 %. Такие значения не соответствуют стандарту ГОСТ Р 52189. В то же время эти сорта муки имеют белизну, соответствующую стандарту. В связи с этим, возникла необходимость проверки взаимосвязи между массовой долей золы и белизной.

Результаты математической обработки представлены на рисунке 1.

Система, сорт муки	Массовая доля, %						Число падения, сек.	Белизна, ед.пр.	Кислотность, град.кисл.	Круп-
	влаги	золы	крахмала	общих сахаров	клейковины					сход/проход
					%	ИДК/ гр. качества				
Сорт А 1 пр., в.с.	13,8	0,73	82,08	0,84	33	60/ I	403	54	3,1	99,98
Сорт А 2 пр., 1с.	11,9	0,75	82,01	1,16	31	60/ I	408	54	3,2	0,02/99,8
Сорт Б 1 пр., в.с.	14,0	0,74	81,79	1,18	31	60/ I	406	55	3,3	99,50
Сорт Б 2 пр., 1с.	11,3	0,78	81,21	1,22	32	60/ I	399	53	3,4	0,00/99,9
III др. кр. с., 1с.	12,9	0,91	78,72	1,24	31	60/ I	387	52	3,7	0,11/99,8
III др. м.с., 1с.	12,0	0,96	78,30	1,51	30	60/ I	398	41	3,9	0,04/99,9
IV др. с., 1с.	11,5	1,36	71,58	2,22	28	50/ II	375	31	5,0	0,03/99,5
V др.с., 1с.	11,2	1,79	65,43	3,11	26	45/ II	351	44	6,9	0,03/99,4
1 шл. с., в.с.	11,8	0,54	84,35	1,92	33	60/ I	390	63	3,3	99,56
2 шл. с. 1 пр., в.с.	11,0	0,56	83,74	1,71	32	55/ I	394	63	2,9	99,89
2 шл. с. 2 пр., 1с.	12,0	0,58	83,34	1,75	32	40/ II	397	59	3,1	0,05/99,9
1-2 р.с А., в.с.	11,5	0,61	82,56	1,44	31	45/ II	390	64	2,8	99,20
1-2 р.с Б., в.с.	11,3	0,64	82,12	1,46	31	40/ II	391	63	3,1	99,55
3 р.с., в.с.	11,8	0,67	80,54	1,50	31	55/ I	378	60	3,3	98,96
4 р.с. 1 пр., в.с.	10,8	0,77	79,55	1,82	32	60/ I	386	53	3,7	99,87
4 р.с. 2 пр., 1с.	10,3	0,94	77,84	1,87	32	60/ I	395	41	4,1	0,06/99,6
5 р.с. 1 пр., в.с.	12,0	1,21	74,28	2,00	29	55/ I	389	55	5,0	99,62
5 р.с. 2 пр., 1с.	11,1	1,10	74,77	2,12	31	55/ I	375	43	4,5	0,02/99,7
6 р.с., 1с.	11,7	1,58	72,71	2,32	30	50/ II	358	23	5,0	0,03/99,9
7 р.с., 1с.	11,2	1,79	65,43	3,11	26	45/ II	351	44	6,9	0,03/99,4
Мука высшего сорта	11,2	0,61	80,54	1,13	30	55/ I	373	58	3,0	99,87
Мука первого сорта	11,8	0,98	73,62	1,85	31	45/ II	348	47	3,5	0,00/99,5
Отруби	9,7	5,77	19,73	5,39	-	- / -	62	-	6,9	-

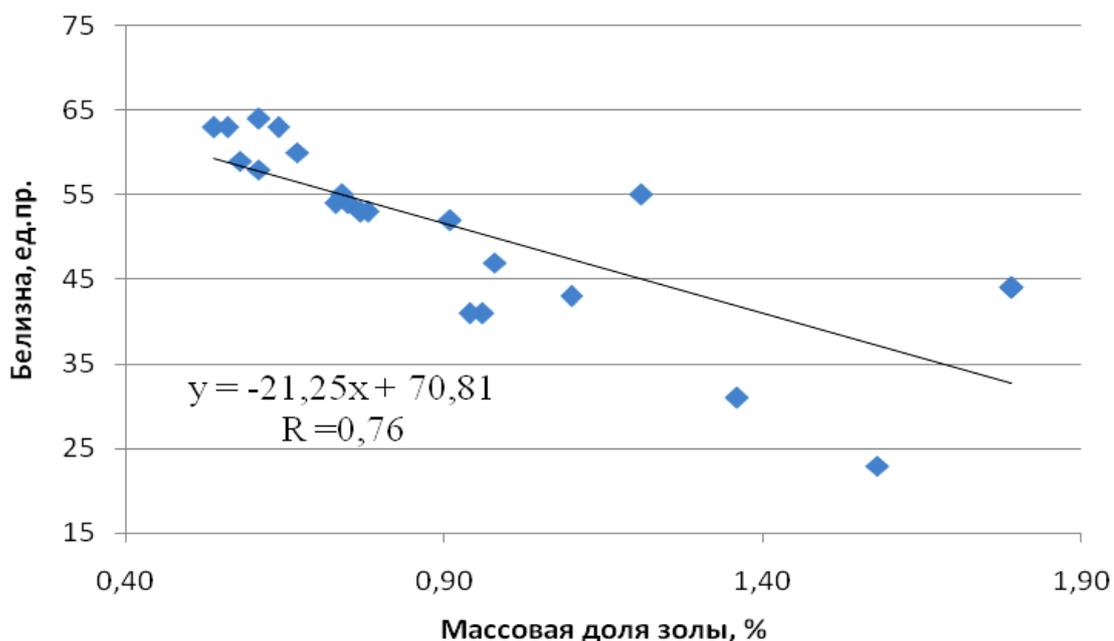


Рисунок 1 – Взаимосвязь между белизной и массовой долей золы в потоках муки и готовой продукции

Таким образом, между этими показателями качества существует линейная зависимость, которая описывается уравнением:  $y = -21,25x + 70,81$ , коэффициент корреляции  $r = 0,76$ , это говорит о достаточно тесной взаимосвязи между массовой долей золы и белизной.

Полученную муку предприятие реализует хлебопекарным предприятиям для выработки самых распространенных хлебобулочных изделий. Но все предприятия стараются расширить ассортимент своей продукции, создавая разнообразные группы хлебобулочных изделий. Для этого им необходимы сорта муки с совершенно определенными показателями качества.

Поэтому мукомольные заводы должны так вести технологический процесс размола, чтобы можно было формировать муку, имеющую показатели качества, которые диктует потребитель.

Например, для производства тостового хлеба, булочек для гамбургеров и хот-догов, хлебобулочных изделий длительного тестоведения и длительной заморозки технологи хлебопекарного производства рекомендуют использовать муку высшего сорта с массовой долей клейковины от 32,0 % до 34,0 %, качество не ниже II группы, с массовой долей золы не более 0,63 %, числом падения от 300 до 400 секунд. На мукомольном заводе Топчихинского мелькомбината такую муку можно сформировать из потоков, получаемых на первой шлифовочной системе и на второй шлифовочной системе первым и вторым проход.

Для производства сдобных булочек с хрустящей корочкой технологи рекомендуют использовать муку высшего сорта с массовой долей клейковины от 28,0 % до 30,0 %, качество не ниже II группы, с массовой долей золы не более 0,63 %. На мукомольном заводе для этих целей можно использовать полученную муку высшего сорта.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРБУЗНЫХ СЕМЯН В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧЕНЬЯ

Белячкова Л.В. – студентка, Курцева В.Г. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время большим спросом у населения пользуются мучные кондитерские изделия, которые в структуре рынка кондитерских изделий России занимают 54%. В связи с этим, актуальным является снижение их сахараемкости, обогащение белком, витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами. В условиях несбалансированного питания населения приоритетным направлением решения задачи расширения ассортимента кондитерских изделий для диетического и лечебно-профилактического питания является создание рецептур и технологии изделий, обогащенных источниками биологически активных веществ, полученные из вторичных ресурсов переработки растительного сырья. С этих позиций интерес представляют арбузные семена, являющиеся вторичными продуктами промышленной переработки ягод арбуза при производстве варенья, меда, сока, пастилы, цукатов, фруктового пюре. В среднем выход арбузных семян составляет 0,7-3,5% от массы арбуза. Их применение перспективно, так как они содержат в своем составе комплекс таких физиологически активных ингредиентов, как белки, липиды, пищевые волокна и минеральные вещества. В семенах арбуза так же содержатся каротиноиды, токоферолы, витамины группы В (тиамин, рибофлавин, никотиновая кислота, фолиевая кислота), широкий набор макро- и микроэлементов, в т. ч. цинк, селен, и полиненасыщенные жирные кислоты. Из арбузных семян вырабатывают препарат Рабиол, БАД «Арбузол», которые прописывают при цистите, уретрите, хроническом гломерулонефрите, пиелонефрите, почечной болезни. Также снижаются патологические изменения кожи при дерматите, псориазе и себорее. Все это и определяет целесообразность исследований в направлении использования продуктов переработки семян арбуза в качестве источника физиологически ценных веществ при производстве кондитерских изделий. Для убедительности в таблице 1 приведены данные химического состава семян арбуза.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И.Ползунова проводятся исследования по разработке новых кондитерских изделий лечебно-профилактического назначения. В качестве объектов нами были выбраны сдобное песочное, сахарное и затяжное печенье. В работе использовали порошок из семян арбуза, полученный в лабораторных условиях путем их измельчения. Нами были разработаны рецептуры и технологии печенья, в которое вводили порошок из семян арбуза в количестве 5,10,15,20 и 25% взамен пшеничной муки первого сорта. В качестве контрольного образца были использованы сдобное песочное-выемное печенье «Круглое», сахарное печенье «Шахматное» и затяжное печенье «Спорт» из сборника рецептур [2].

Выпеченное охлажденное печенье анализировали органолептически: оценивали форму, поверхность, цвет, вкус и запах, его вид в изломе. Были проведены физико-химические анализы: влажность, содержание сахара и жира, намокаемость, щелочность, зольность и водопоглощительная способность.

С увеличением количества добавляемого порошка привкус печенья становится более сильным и насыщенным. Структура печенья становится менее пористой, слоистой и более плотной.

Поверхность печенья также изменяется в зависимости от количества добавляемого порошка из арбузных семян. Чем больше добавляли этого порошка, тем поверхность становилась более шероховатой и сильнее виднелись вкрапления от него.

Цвет печенья при увеличении дозировки порошка становится более темным, при внесении уже 10 % порошка цвет значительно изменяется и окраска становится темно-коричневой.

Это объясняется тем, что порошок имеет темную окраску, но также в нем содержатся и сахара, которые при выпечке вступают в реакцию меланоидинообразования, и тоже влияют на цвет печенья.

Таблица 1 - Химический состав семян арбуза

Наименование компонента	Значение
Белки, г	0,6
Жиры, г	0,1
Углеводы, г	5,8
Пищевые волокна, г	0,4
Органические кислоты, г	0,1
Вода, г	92,6
Моно- и Дисахариды, г	5,8
Зола, г	0,4
Витамины:	0,1
Бэта-каротин, мг	
Витамин А (ретинол), мкг	17
Витамин В <sub>1</sub> (тиамин), мг	0,04
Витамин В <sub>2</sub> (рибофлавин), мг	0,06
Витамин В <sub>6</sub> (пиридоксин), мг	0,09
Витамин В <sub>9</sub> (фолиевая кислота), мкг	8
Витамин С (аскорбиновая к-та), мг	7
Витамин Е (токоферол), мг	0,1
Витамин РР, мг	0,3
Минеральные вещества:	
Кальций, мг	14
Магний, мг	12
Натрий, мг	16
Калий, мг	110
Фосфор, мг	7
Железо, мг	1

При анализе было обнаружено, что количество добавляемого порошка из арбузных семян влияет на намокаемость печенья. С увеличением дозировки вводимого порошка стала повышаться намокаемость.

Количество добавляемого порошка из арбузных семян увеличивает общее содержание сахара в готовом печенье. Это связано с тем, что в порошке содержатся моно- и дисахариды, которые добавляются при замесе теста и увеличивают содержание общего сахара в готовом печенье. Было определено, что с увеличением добавления порошка из арбузных семечек влажность готового печенья понижается, это объясняется более низким показателем влажности у нашего порошка, чем у муки первого сорта.

Установлено, что от содержания порошка практически не зависит щелочность печенья, массовая доля жира и зольность.

Путем многократных пробных лабораторных выпечек печенья с добавлением порошка из арбузных семечек и проведенной дегустационной оценки полученных образцов было выбрано печенье, наиболее удовлетворяющее требованиям ГОСТ 24901-89, - с оптимальным добавлением для сдобного печенья 15% , для затяжного 5%, и для сахарного 10% порошка из семечек арбуза. Разное рекомендуемое количество вводимого порошка из семян арбуза объясняется различными реологическими и физико-химическими показателями для этих видов печенья. Таким образом, используемый порошок обогащает печенье биологически активными веществами природного происхождения, необходимыми для ежедневной профилактики организма от болезней и вредных воздействий окружающей среды.

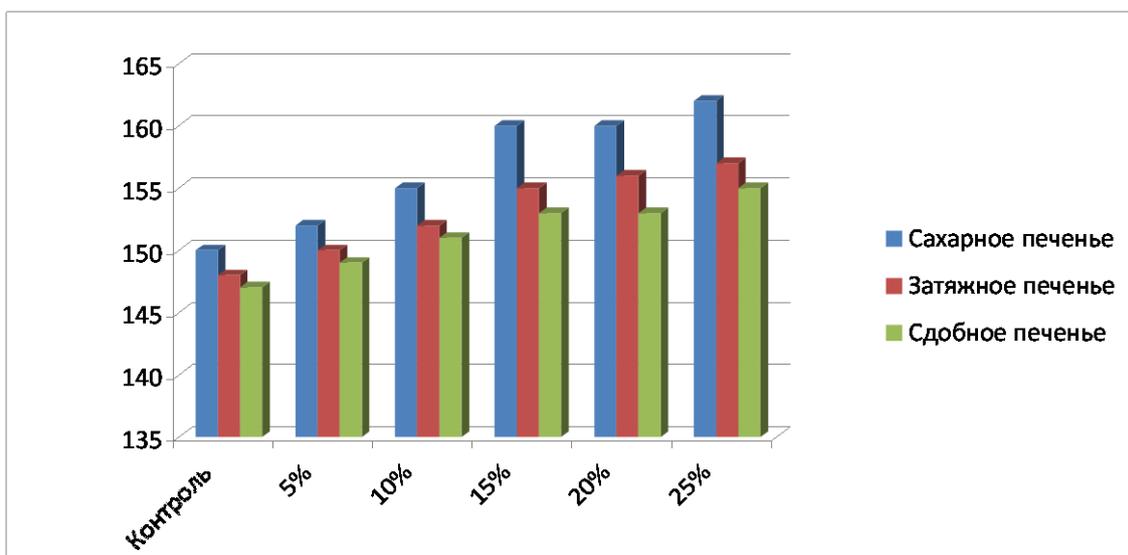


Рисунок 1- Влияние различного количества порошка из арбузных семечек на намокаемость печенья

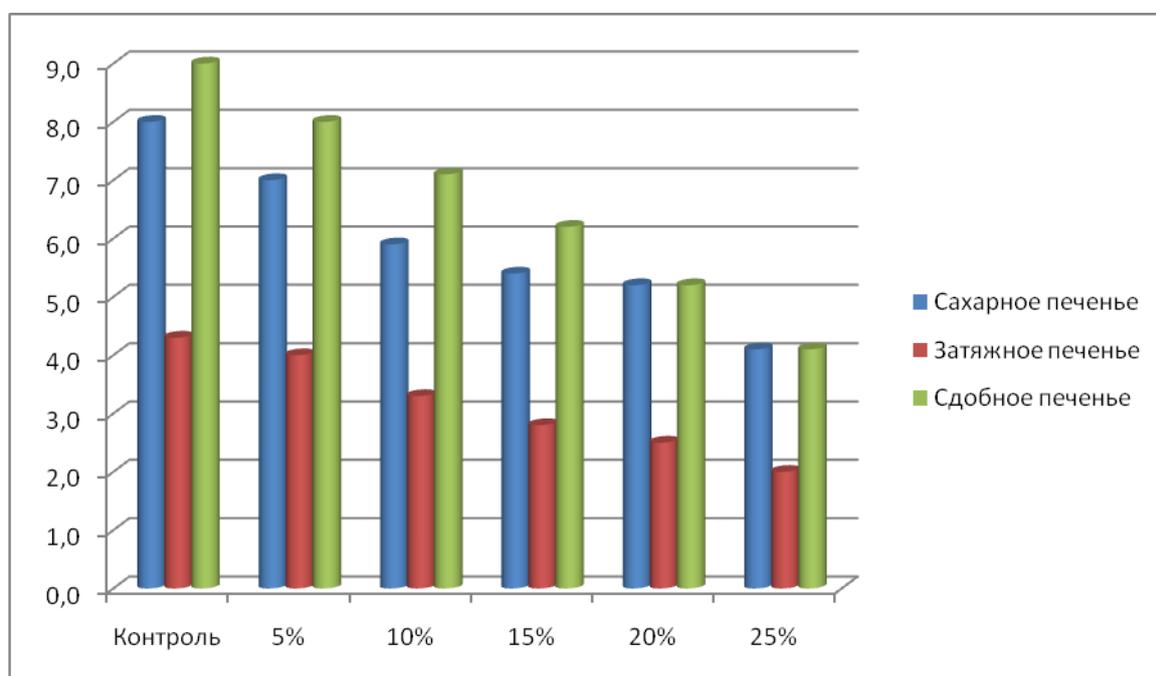


Рисунок 2 - Влияние количества арбузных семечек на влажность печенья

Кроме того, предлагаемое печенье обладает высокой пищевой и энергетической ценностью, широким набором витаминов, что несколько отличает его от других видов мучных кондитерских изделий.

#### Литература

1. Бесаганова Л. Ф., Иваницкая Ю. В. Мучные кондитерские изделия пониженной калорийности // Совершенная технология продуктов общественного питания. - Л.- 1989.
2. Рецептуры на печенье.- М.: МТРСФСР, 1988.- 247с.
3. ГОСТ 24901-89. Печенье. Общие технические условия.
4. Лекарственные растения / Гринкевич Н. И., Баландина И. А., Ермакова В. А., и др.; Под редакцией Гринкевич Н. И. – М.: Высшая школа, 1991. – 398с.

## ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЛУЗГИ ПЛЕНЧАТЫХ КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Бочков Д.Д. - студент, Брасалин С.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Выполненный нами анализ научно-технической информации показал, что лузга пленчатых крупяных культур находит применение во многих отраслях: в строительстве - как добавка в цементные [1] растворы, в теплоизоляционные материалы; в химической промышленности - для извлечения отдельных химических элементов и веществ; в пищевой промышленности – как влагоудерживающая и адсорбирующая добавка; в комбикормовой промышленности [2,3]; как топливо в естественной форме и в форме топливных брикетов; в сельском хозяйстве – в качестве подстилки. Применяют лузгу так же и в лечебно-профилактических целях. Однако в большинстве случаев лузгу при использовании дополнительно не измельчают. А в тех сферах, где необходимо дополнительное измельчение, применяют, как правило, лузгу рисовую, источника которой в Алтайском крае не имеется. В Алтайском крае имеются источники лузги овсяной, гречневой, просяной. Не все крупяные предприятия в состоянии полностью утилизировать образующуюся у них лузгу. Перевозка лузги, имеющей очень низкую насыпную плотность, даже в отвалы или на поля является дорогостоящей. Брикетирование лузги в экструдерах для ее транспортировки так же является дорогостоящим приемом. В связи с этим поиск способов повышения насыпной плотности лузги для целей ее экономически выгодной транспортировки является актуальным. Мы решили поискать способы измельчения лузги до состояния муки, поскольку в этом случае ее насыпная плотность возрастает в 2-3 раза и брикетировать ее в таком состоянии значительно легче. Конечно, способ измельчения должен быть простым и менее энергозатратным, чем брикетирование лузги в экструдерах.

В качестве объекта наших исследований взяли лузгу гречневую и овсяную. Опыты проводили на лабораторных машинах ударного действия и на лабораторной вальцовой мельнице. Ударными мельницами были лабораторные установки типа ЛЗМ, дезинтегратор, молотковая дробилка ММ-4 с металлической ситовой обечайкой. Для анализа степени измельчения использовали метод ситового анализа.

Наши опыты мы начали с лабораторной мельницы ЛЗМ. Поскольку эта мельница является устройством периодического действия, важно установить оптимальный объем заполнения рабочей камеры и продолжительность обработки в ней. Результаты измельчения гречневой лузги представлены на рисунках 1 и 2.

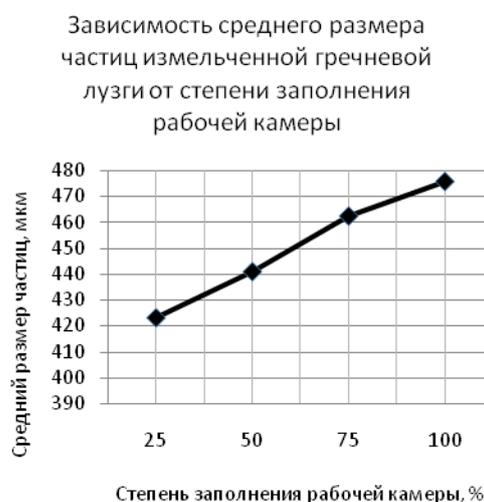


Рис. 1

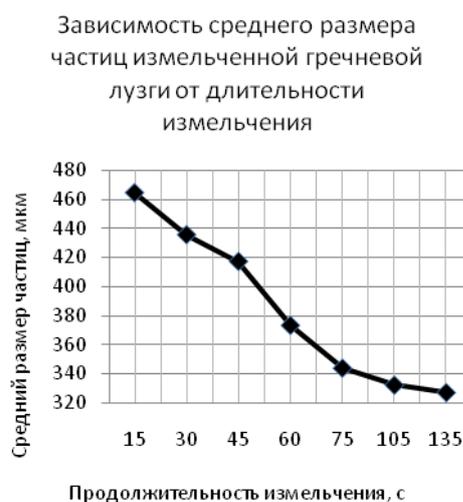


Рис. 2

Как видно из графиков, для измельчения гречневой лузги оптимальное заполнение рабочей камеры мельницы ЛЗМ составляет 25% (наименьший размер полученных частиц). При этом длительность измельчения должна быть 75 секунд: до 75 секунд график круто идет вниз, а после 75 секунд процесс измельчения резко замедляется. При этих условиях достигнутый средний размер измельченных частиц гречневой лузги составляет примерно 340 мкм.

Результаты измельчения овсяной лузги представлены на рисунках 3 и 4.

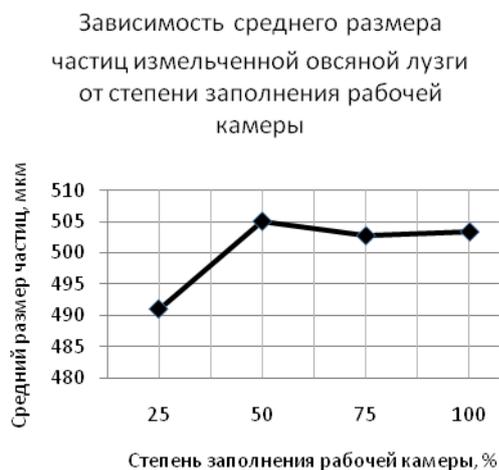


Рис. 3

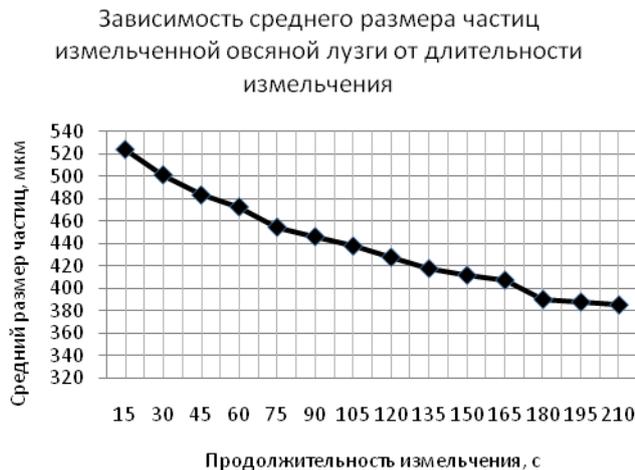


Рис. 4

Как видим, для овсяной лузги степень заполнения рабочей камеры должна быть 25%, а продолжительность измельчения 180 секунд. При этих условиях достигнутый средний размер измельченных частиц составляет примерно 390 мкм. Сравнивая данные по гречневой и овсяной лузге, можно увидеть, что овсяная лузга измельчается значительно труднее, чем гречневая.

Что касается измельчения гречневой и овсяной лузги на вальцовой мельнице, то проведенные опыты показали полную неэффективность этого способа: ни гречневая, ни овсяная лузга практически не измельчаются, разрушаются только коробочки и остаются целые лепестки.

На результат измельчения лузги в дезинтеграторе оказывает влияние нагрузка (рисунок 5 и 6). Из графиков видно, что с увеличением нагрузки степень измельчения снижается, как для гречневой, так и для овсяной лузги.

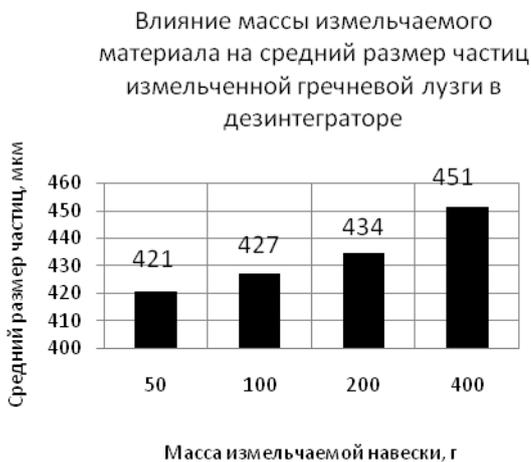


Рис. 5

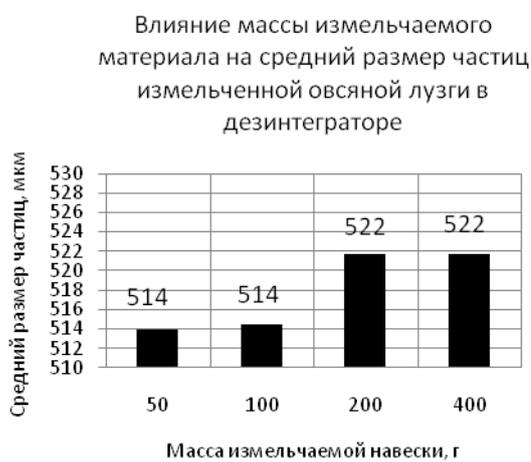


Рис. 6

На следующих рисунках 7,8 показаны результаты многократной обработки лузги на дезинтеграторе.

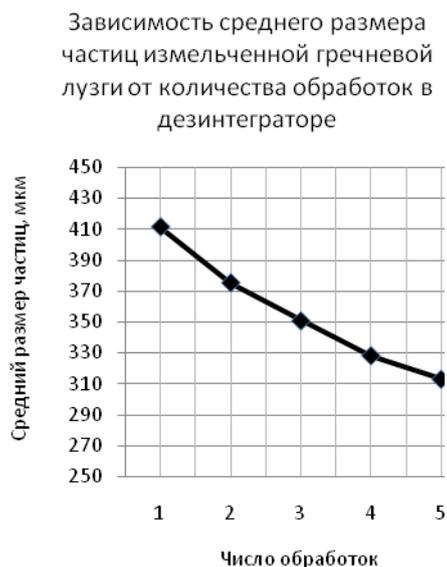


Рис. 7

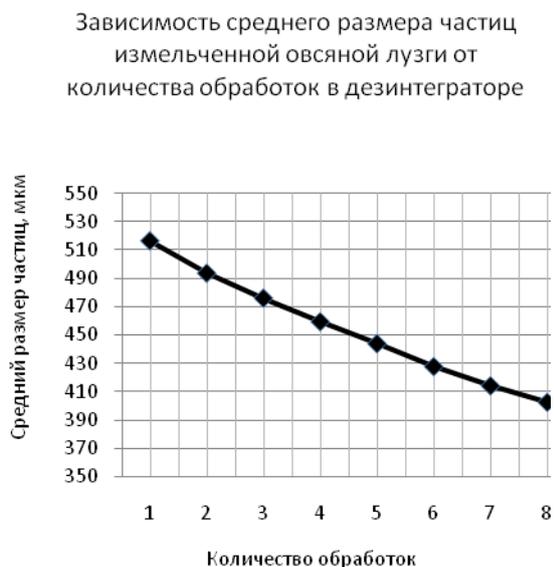


Рис. 8

Как видно, чем больше обработок, тем меньше средний размер частиц. При этом для получения такого же размера частиц, как на ЛЗМ, гречневую лузгу надо обработать четыре раза, а овсяную - восемь. Опять же следует отметить, что овсяная лузга измельчается значительно труднее, чем гречневая. Только при восьмикратном пропуске средний размер частиц измельченной овсяной лузги достигает величины среднего размера измельченной гречневой лузги, обработанной однократно.

Испытания на молотковой дробилке ММ-4 не дали результатов: лузга как овсяная, так и гречневая измельчались очень медленно. Что бы процесс измельчения шел в течение приемлемой продолжительности, необходимо устанавливать ситовую обечайку с размерами отверстий 2,5 - 3 мм, что для гречневой лузги еще в какой-то степени приемлемо, а для овсяной лузги равносильно нулевому измельчению, так как через такие отверстия она пролетает практически не измельченной.

Выводы: по результатам проведенных опытов наиболее эффективным является измельчение способом, примененным в мельничке ЛЗМ. При этом гречневая лузга измельчается достаточно хорошо, а вот овсяная – значительно хуже: выход частиц не игольчатой, т.е. измельченной, структуры составляет не более 50%.

#### Литература

1. [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=6216&cat\\_id=6&page\\_id=3](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=6216&cat_id=6&page_id=3)
2. <http://elibrary.ru/item.asp?id=11577139>
3. <http://www.simo.com.ua/about.aspx?l=ru&id=4&c=6>

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБА

Валь А.П. – студент, Захарова А.С. – к.т.н., старший преподаватель, Козубаева Л.А. - к.т.н.,  
доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время, несмотря на рост благосостояния населения Российской Федерации, хлеб продолжает оставаться одним из важнейших продуктов питания и еще долго не потеряет своей актуальности. В рацион большинства населения нашей страны, по-прежнему, входят пшеничный хлеб, булочные изделия, сдоба, и конечно, ржаной хлеб, который издревле считали продуктом, приумножающим здоровье. Ржаные сорта хлеба содержат большое количество питательных веществ, а по своему аминокислотному составу превосходят пшеничные. Ржаной хлеб помогает сбалансировать содержание холестерина в организме, снижая, таким образом, риск возникновения сердечнососудистых заболеваний. Содержащиеся в ржаном хлебе минеральные вещества стимулируют деятельность мозга и укрепляют мышцы. Кроме этого, в ржаном хлебе имеются различные витамины группы В, полезные для кожи, ногтей и нервной системы человека, витамины группы РР, Е, микро- и макроэлементы. Ржаной хлеб, как показывают последние исследования, не просто полезен для пищеварения, он помогает предотвратить риск развития таких заболеваний, как рак и сахарный диабет. Хлеб из ржаной муки является ценным источником пищевых волокон, которые способствуют пищеварению и благотворно влияют на состояние зубов и десен. Дневная норма пищевых волокон для человека составляет около 20-30 г. Это количество можно получить из 6-8 ломтиков ржаного хлеба. Такое же количество данного продукта на 60-80 % покрывает потребность человека в минеральных веществах, на 30-50 % – дневную потребность ДКВ тормозить развитие опухолевых клеток, запуская механизм человека в витаминах.

На кафедре «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета имени И.И. Ползунова изучается возможность и целесообразность использования коры лиственницы Сибирской при производстве ржаного хлеба.

Лиственница Сибирская это хвойное растение. Её древесина содержит до 3,5 % флавоноидов, которые представлены одновалентными по химическому строению флавоновыми соединениями с преобладающим (до 90 %) соединением дигидрокверцетина.

Дигидрокверцетин (ДКВ) - флавоноид антиоксидантной группы Р-витаминов. На сегодняшний день он является эталонным антиоксидантом, и работает на уровне клеточных мембран. Его антиоксидантное действие существенно превышает уровень широко известных витаминов А, С и Е. По сравнению со всеми известными, в том числе и синтетическими, антиоксидантами, дигидрокверцетин является эталонным продуктом.

В связи с исключительными антиоксидантными свойствами, дигидрокверцетин через защиту важнейшего компонента клетки - ДНК от продуктов метаболизма, активизирует иммунную систему человека, мобилизуя защитные силы организма, замедляет процессы старения, предотвращает развитие различных патологий. Особенно ценной является способность препаратов на основе их самоубийства и не подавляя при этом деление нормальных клеток. Клинические испытания противоопухолевого препарата, созданного на основе ДКВ, с успехом проведены в Российском онкологическом центре им. Блохина Минздрава РФ.

Присутствие даже небольших количеств ДКВ в ежедневном рационе обеспечит профилактику целых классов заболеваний, таких как опухолевые, наследственные, обменные, а также даст омолаживающий и лечебный эффект.

Долгое время считалось, что дигидрокверцетин содержится только в дорогостоящем сырье – цитрусовые, косточки винограда, софора японская, лепестки розы. Однако, сравнительно недавно древесину лиственницы Сибирской признали экологически чистым

растительным сырьем для промышленного получения биофлавоноидов. Она оказались хорошими источниками кверцетина и дигидрокверцетина.

В своей работе мы рассчитали суточную потребность человека в дигидрокверцетине. В качестве источника данного вещества мы использовали кору лиственницы Сибирской, которую размалывали на лабораторных мельницах и просеивали через 067 сито. Полученный порошок кофейного цвета добавляли при замесе теста в количестве 1 % взамен части муки ржаной обдирной. Именно это количество коры в случае потребления человеком суточной нормы хлеба (250 г/сут) обеспечит его необходимым количеством дигидрокверцетина. В качестве контроля использовали хлеб ржаной из обдирной муки. Тесто готовили на жидкой закваске без заварки. Физико-химические показатели качества хлеба, полученного в результате проведения ряда экспериментов, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-химические показатели качества ржаного хлеба с корой лиственницы Сибирской

Наименование показателя	Хлеб ржаной из обдирной муки (контроль)	Хлеб ржаной из обдирной муки с добавлением коры лиственницы Сибирской
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	1,6	1,7
Пористость мякиша, %	51,0	53,0
Влажность мякиша, %	46,0	46,0
Кислотность мякиша, град	6,5	7,0
Формоустойчивость, Н/D	0,2	0,2

Как видно из данных приведенных в таблице 1, добавление коры лиственницы Сибирской в количестве 1 % взамен части муки ржаной обдирной практически не оказывает влияние на физико-химические показатели качества хлеба. Так как удельный объем, пористость, влажность, кислотность и формоустойчивость выпеченных образцов хлеба оставались на уровне контроля. Вероятно, это можно объяснить малой дозировкой обогащающей добавки, которая не оказала заметного влияния на процесс производства хлеба. Однако даже 1 % коры лиственницы Сибирской привел к заметному изменению органолептических показателей качества ржаного хлеба. Следует отметить, что и контрольный и опытный образец имели достаточный объем, разрыхленный мякиш, правильную симметричную форму, слегка выпуклую, гладкую поверхность, но опытный образец имел более насыщенный цвет, и после выпечки, еле уловимый аромат хвои, который после остывания продукта исчез. По вкусовым свойствам опытный образец ржаного хлеба не отличался от контрольного образца.

Таким образом, была установлена возможность использования коры лиственницы Сибирской при производстве ржаного хлеба. Рекомендуемая дозировка составила 1 % взамен части муки.

## КОМПОЗИТНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА ИЗ РЖАНОЙ МУКИ

Дадонова А.С. – студент, Конева С.И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Первоочередной задачей перед хлебопекарной отраслью становится стабильное обеспечение населения качественными хлебобулочными изделиями, обладающими повышенной пищевой ценностью и функциональными свойствами. Использование различных ингредиентов позволяет создавать хлебобулочные изделия направленного состава, текстуры, вкуса, цвета, аромата, а также спрогнозировать длительность хранения изделий.

Использование различных добавок при производстве хлебобулочных изделий позволяет не только улучшить качество хлеба, повысить питательную и биологическую ценность, но и сократить продолжительность технологического процесса его приготовления.

В последнее время особый интерес для хлебопекарной промышленности представляют сухие готовые полуфабрикаты – композитные смеси. Они предназначаются для выработки хлебобулочных изделий ускоренным способом. Данный способ приготовления хлеба предусматривает внесение всего сырья по рецептуре сразу, что позволяет сократить продолжительность брожения теста и является наиболее простым в исполнении в условиях мини-пекарен.

Ржаная мука существенно отличается от пшеничной по химическому составу. Белки ржи не образуют клейковинного каркаса, так как набухают неограниченно и в результате переходят в коллоидное состояние. Этому способствуют высокомолекулярные углеводные соединения — слизи. В активном состоянии находится  $\alpha$ -амилаза. Чтобы предотвратить ее активность, необходимо быстрое нарастание кислотности, иначе образуются декстрины, и хлеб получается с липким мякишем и закалом. Поэтому ржаное тесто традиционно готовят на заквасках, имеющих высокую кислотность.

В современном производстве ржаного хлеба с перерывами используют специальные технологии, основанные на применении в качестве подкислителей сухих заквасок.

Основными преимуществами ускоренного способа приготовления ржаного хлеба с использованием сухих заквасок является:

- сокращаются производственные территории, за счет отсутствия разводочного и производственного циклов выведения жидких заквасок;
- применения сухих заквасок не требует наличия в штате производственной лаборатории высококвалифицированных микробиологов и сложного оборудования;
- сокращается брожение теста с 5-7 часов до 60 минут;
- данный способ приготовления ржаного хлеба успешно применяется в условиях мини-пекарен.

Цель исследований, проводимых на кафедре ТХПЗ, – разработка композитных смесей для ржаной муки, способных значительно сократить продолжительность технологического процесса приготовления хлеба, а также повысить пищевую ценность хлеба путем внесения различных добавок.

Хлебопекарная смесь составлялась на основе сухих заквасок. В качестве сухих заквасок использовали «Рожь», «Аграм темный» и «Ибис» оранжевый.

«Ибис» с оранжевой этикеткой содержит органическую кислоту, которая увеличивает кислотность, способствует пептизации белков, и позволяет получить эластичный мякиш (отсутствие липкости). При этом улучшается вкус хлеба за счет пикантной кислинки. Состав: ячменная солодовая мука, пшеничная мука, кислота лимонная. Максимальная дозировка 0,6-1,5 %.

Закваска «Рожь» используется в качестве сухой закваски и позволяет заменить традиционную закваску. Это дает возможность получить хлеб с необходимой кислотностью, темным окрасом, хорошо разрыхленным мякишем, специфическим вкусом и ароматом.

Состав: солодовая мука, сыворотка сухая молочная, лимонная кислота. Максимальная дозировка 1-2 %.

Закваска «Аграм темный» повышает эластичность мякиша, затемняет его; улучшает вкус и аромат готовых изделий. Состав: мука пшеничная набухающая, лимонная кислота, обжаренная солодовая мука, ацетат кальция, сахарный колер. Максимальная дозировка 0,2-1,6 %.

По результатам лабораторных исследований по показателям кислотности мякиша хлеба, удельного объема и пористости были определены оптимальные дозировки сухих заквасок: Ибис - 1%, Аграм темный – 0,9 %, Рожь – 1,5 %.

В состав хлебопекарной смеси входили сухие инстантные дрожжи, соль, пшеничная мука. В результате исследования было выявлено целесообразность введения сухих дрожжей для всех композитных смесей в количестве 2,5 % к массе муки. Для увеличения эластичности мякиша добавлялась пшеничная хлебопекарная мука первого сорта до 10 %.

Для повышения пищевой ценности хлеба в композитную смесь добавлялись семена подсолнечника. В семенах подсолнечника содержится около 20 % белка, в состав которого входят незаменимые аминокислоты, большое количество витаминов РР и Е, а также полиненасыщенные жирные кислоты (особенно линолевая), фосфолипиды, лецитин, растительные воски и т. п.

Семена подсолнечника добавляли от 5 % до 15 %. В результате исследования было выявлено повышение кислотности хлеба с увеличением дозировки семени подсолнечника. Это объясняется тем, что в семени находились полиненасыщенные жирные кислоты, перешедшие частично в мякиш хлеба. По внешнему виду, вкусу и аромату хлеба было выявлено целесообразность введения 10 % семени подсолнечника.

В результате исследований была составлена рецептура композитной смеси, представленная в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура композитной смеси

Наименование сырья	Количество сырья, кг
Мука ржаная обдирная	91,0
Мука пшеничная первого сорта	9,0
Сухая закваска «Аграм темный»	0,9
Дрожжи сухие	2,5
Соль поваренная пищевая	1,5
Семена подсолнечника	10,0
ИТОГО	104,9

При использовании хлебопекарной смеси удалось значительно сократить продолжительность технологического процесса приготовления хлеба, а также повысить пищевую ценность хлеба, что в результате позволит производить ржаные сорта хлеба в условиях мини-пекарен в одну смену, а также улучшить санитарно-гигиеническое состояние производства.

**РАЗРАБОТКА ПЕЧЕНЬЯ С КОРОЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ**  
Кочеткова А. А. – студент, Захарова А. С. – к.т.н., старший преподаватель,  
Козубаева Л. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Кондитерские изделия – пищевые продукты высокой калорийности и усвояемости – имеют приятный вкус, тонкий аромат, привлекательный внешний вид. Эти свойства присущи кондитерским изделиям благодаря применению для их производства многих видов натурального высококачественного сырья.

Население потребляет большое количество кондитерских изделий, поэтому внесение различных функциональных добавок в данные продукты питания позволяет удовлетворять потребности организма в различных веществах и энергии.

На кафедре «Технология хранения и переработка зерна» Алтайского государственного технического университета имени И. И. Ползунова изучается возможность использования при производстве печенья коры лиственницы Сибирской, в качестве источника дигидрокверцетина.

Дигидрокверцетин – это флавоноид антиоксидантной группы Р-витаминов. Он имеет следующее фармакологическое действие - антиоксидантное, капилляропротективное, стимулирующее регенерацию, дезинтоксикационное, противоотечное. Тормозит процессы перекисного окисления липидов клеточных мембран, препятствует повреждающему действию свободных радикалов, тормозит преждевременное старение клеток и развитие различных заболеваний. Препятствует разрушению клеточных мембран, оказывает капилляропротективное действие. Укрепляет стенки сосудов (в т.ч. капилляров), улучшает микроциркуляцию, нормализует уровень холестерина и триглицеридов в крови. Препятствует развитию атеросклероза, уменьшает риск возникновения инсульта и инфаркта. Улучшает коронарный кровоток, сократимость миокарда, уменьшает зону инфартирования сердечной мышцы, способствует нормализации возбудимости и проводимости. Эффективен при ревматизме, септическом эндокардите, вегетососудистой дистонии. Тормозит развитие дистрофических и склеротических процессов в глазах, повышает остроту зрения. Угнетает воспалительные процессы, оказывает противоотечное действие. Благоприятно влияет на кожные покровы, нормализует синтез коллагена/эластина в коже (устраняет угревую и гнойничковую сыпь, способствует сохранению упругости кожных покровов). При длительном приеме предупреждает обострение хронических заболеваний органов дыхания и возникновение ОРВИ. Способствует поддержанию функций иммунной системы, оказывает антиоксидантное действие. Обладает гастропротективной активностью: стимулирует процессы регенерации слизистой оболочки желудка, предотвращает развитие и/или способствует заживлению язвы желудка и двенадцатиперстной кишки. Оказывает гепатопротективное (антиоксидантное) действие, обладает радиопротективной активностью - уменьшает неблагоприятное воздействие на организм химио- и радиотерапии.

В ходе проведения исследований кору лиственницы Сибирской размалывали на лабораторной мельнице и просеивали через 067 сито. Далее проводили выпечки печенья с добавлением полученного порошка кофейного цвета в количестве от 1 % до 3 % взамен части муки пшеничной. За основу была взята рецептура печенья «Круглое», которая представлена в таблице 1.

Физико-химические показатели качества полученного печенья, представлены в таблице 2.

Таблица 1 - Рецептúra печенья "Круглое"

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на загрузку, кг	
		В натуре	В сухих веществах
Мука пшеничная высший сорт	88,00	65,00	57,20
Пудра сахарная	99,85	19,00	18,97
Маргарин	60,00	38,00	22,80
Меланж	27,00	5,00	1,35
Сода	50,00	0,20	0,10
Пудра ванильная	99,85	0,30	0,30
Итого	-	127,50	100,72
Выход	95,92	100,00	95,92

Таблица 2 – Физико-химические показатели качества печенья

Наименование показателя	Значение показателя					
	Количество вносимой добавки, %					
	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Влажность, %	3,2	3,5	3,85	4,35	4,75	4,95
Щелочность, град	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Намокаемость, %	156,0	155,0	148,0	137,0	135,0	121,0

Как видно из данных представленных в таблице внесение коры лиственницы Сибирской при замесе теста способствовало увеличению влажности готового продукта. Вероятно, это связано с тем, что кора лиственницы Сибирской хуже связывает влагу, чем муки пшеничная высшего сорта. Следует отметить, что при замесе теста была замечена следующая тенденция: чем больше вносили в тесто коры, тем сложнее тесто формировалось в однородную массу, что подтверждает наше предположение. Кора лиственницы Сибирской не оказала влияния на щелочность полученных образцов печенья. Однако, способствовала снижению намокаемости печенья.

Следует отметить, что выпеченные образцы печенья имели правильную форму, гладкую поверхность, привлекательный внешний вид. По мере увеличения количества коры лиственницы Сибирской, вносимой при замесе теста цвет печенья изменялся от золотисто-желтого до коричневого. Печенье приобретало более грубую, крупитчатую структуру, в изломе присутствовали красно-оранжевые и коричневые частицы коры. При добавлении коры лиственницы Сибирской в количестве 1,5 % взамен части муки и более появлялся еле заметный запах хвои. Чем больше была дозировка коры, тем более заметным становился хвойный запах. При внесении 1 % коры и более появлялся пикантный хвойный привкус. Частички коры видны как на поверхности, так и в изломе печенья, в виде красно-оранжевых и коричневых крапин.

В заключении можно сделать вывод о том, что добавление коры лиственницы Сибирской в качестве источника дигидрокверцетина при производстве печенья возможно в дозировке 1 % к массе муки пшеничной. Так как большая дозировка коры лиственницы Сибирской снижает потребительские достоинства готового продукта.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МУКИ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРА ЗЕРНОПРОДУКТОВ

Киреева Е.И. – студент, Лузев В.С. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Цвет муки в основном зависит от наличия в ней оболочечных густоокрашенных частиц. Однако на цвет муки влияют также оттенок цвета эндосперма зерна, влажность муки, длительность ее хранения, крупность, освещенность помещения, особенности зрения лаборанта, выполняющего анализ, и т. д. В настоящее время цвет муки определяется на основе органолептических показателей в соответствии с требованиями ГОСТ 27558-87 «Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста». При контроле данного показателя возникает ряд субъективных трудностей заключающихся в том, что контроль проводит человек, а порог чувствительности и особенность восприятия цвета у каждого человека индивидуальны, вследствие чего один и тот же цвет разными людьми будет интерпретирован различно и объективные трудности, связанные с физикой отражения и поглощения света.

Цвет - свойство любых материальных объектов излучать и отражать световые волны определенной части спектра. Для человека цвет - ощущение, возникающее в органе зрения при воздействии на него света [1].

Цвет является результатом взаимодействия света, объекта и наблюдателя (или просмотрового прибора). При взаимодействии с объектом свет модифицируется таким образом, что просмотровый прибор — такой, например, как зрение человека — воспринимает модифицированный свет как определенный цвет. Чтобы цвет существовал, необходимо присутствие всех трех этих элементов. Свет — это видимая часть электромагнитного спектра. Свет характеризуется тем, что имеет волновую природу. Каждая волна описывается своей длиной — расстоянием между двумя соседними гребнями. Длина волны измеряется в нанометрах. Нанометр — это одна миллионная часть миллиметра. Область электромагнитного спектра, видимая человеческим глазом, занимает диапазон примерно от 400 до 700 нанометров. Этот диапазон составляет всего лишь малую часть огромного спектра электромагнитных волн. Хотя остальную его часть не видно, помимо видимых волн человек использует и многие другие невидимые волны: начиная с самых коротких волн — рентгеновских лучей — и кончая длинными волнами, которые улавливаются телеприемниками и радиоприемниками. На рисунке 1 наглядно представлен видимый спектр цвета.

Внутри человеческого глаза есть сенсоры света, чувствительные к электромагнитным волнам. На сенсоры попадают световые волны, и они посылают сигнал мозгу. Затем этот сигнал интерпретируется мозгом как определенный цвет. Какой именно цвет получится в результате, зависит от сочетания в свете волн различной длины. Волны разной длины интерпретируются как разные цвета. Выделяют основные области видимого спектра: красную, оранжевую, желтую, зеленую, голубую, синюю и фиолетовую. Цвета плавно и непрерывно переходят друг в друга, образуя “радугу”. Когда зрительная система регистрирует волны с длиной около 700 нм, мы видим “красный” цвет, а когда длина волны находится в диапазоне 450-500 нм,— “голубой”; длина волны 400 нм соответствует “фиолетовому” и так далее [2].

Цветовая гамма - это набор цветов. Например, для устройств вывода ( принтер или монитор) цветовая гамма - это все те цвета, которые отображает устройство, а для устройств ввода (сканер или фотоаппарат) - это набор цветов, к которым эти устройства чувствительны. Цветовая гамма в стандарте RGB находится на диаграмме 1.

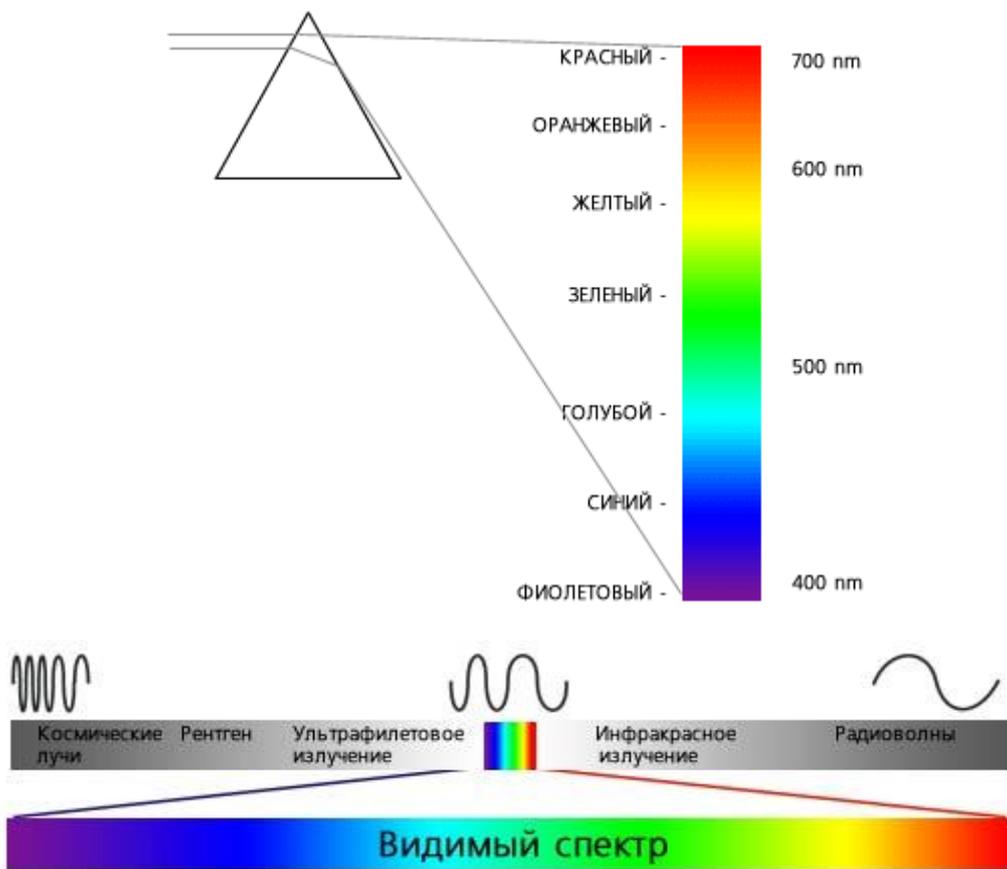


Рисунок 1- Область электромагнитного спектра, видимая человеческим глазом

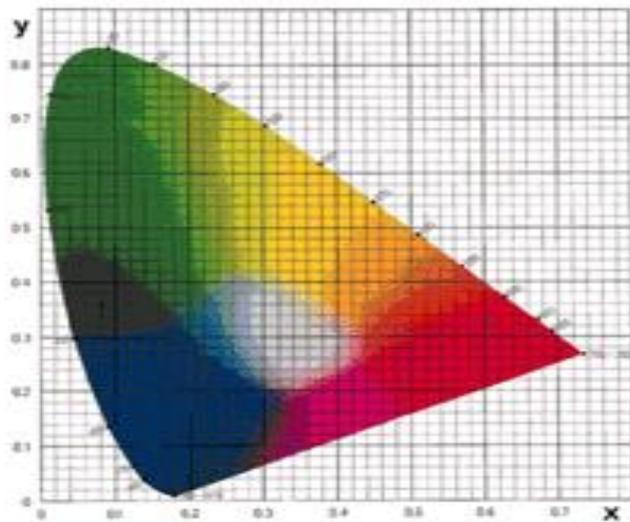


Диаграмма 1 - Цветовая гамма в стандарте RGB

На подкове изображены все цвета видимого спектра. Диагональ, связывающая два конца подковы, содержит цвета вне спектра, но которые создаются, смешав цвета из разных частей спектра. Цвета на границе подковы полностью насыщены. Чем дальше от границы подковы, внутрь, тем меньше становится насыщенность цвета, тем цвет бледнее.

На этой диаграмме красный, зеленый и синий цвета находятся в определенных пропорциях. По оси абсцисс - доля красного цвета, а на оси ординат - доля зеленого. Доля синего - это то, что получается, от сложения красного и зеленого. Чистый белый цвет соответствует трети красного и трети зеленого цвета. Это двумерная фигура трехмерной модели. Для описания всех цветов необходимо описание тона и насыщенности и описание яркости. Только при стопроцентной яркости и при нулевой насыщенности наблюдается чисто белый цвет. Если яркость на нуле, то видно черный цвет. Яркость влияет на цвет любого оттенка и любой насыщенности [3].

Цвет муки определяют органолептически, при этом различают цвет муки и оттенок общего фона: кремовый, желтый, белый или серый и степень ее загрязнения более темными оболочками.

Органолептическую оценку цвета муки применяют очень широко, так как она дает ориентировочное представление о ходе технологического процесса и стандартности качества получаемой муки.

Характеристики цветов можно получить при помощи спектрофотометра, такого, например, как модель 938 Digital Swatchbook фирмы Colortron или системы Auto-Tracking Spectrophotometer. Спектральные данные можно представить на графике в виде спектральной кривой— визуального представления карты цвета. Такие кривые строятся по двум абсолютным координатам: длине волны и интенсивности отражения света. На горизонтальной оси откладывают различные длины волн в диапазоне от 400 до 700 нм, а по вертикальной оси— интенсивность их отражения. С помощью программы Spectral Compare компании ColorShop можно сравнивать форму кривых различных цветов, в каких точках по оси длин волн одна выше или ниже другой. Это самое полное и самое надежное описание цвета из всех возможных. Но стоимость прибора и программного обеспечения к нему весьма велика, что препятствует его повсеместному внедрению на предприятиях отрасли.

Разработка новых методик определения цвета муки позволит получать полное и надежное описание цвета и снизить затраты на оборудование. В настоящее время в связи со снижением стоимости цифровой фототехники к одним из перспективных методов можно отнести метод анализа цифровых изображений с применением ПАК «Анализатор зернопродуктов», преимуществом которого является низкая стоимость, не требуется калибровка, достаточно одного сканирования муки, не надо подготавливать несколько проб муки для нахождения среднего арифметического, цвет муки определяется в трёх точках, можно проводить всевозможные исследования с полученными цветовыми характеристиками муки и всевозможные обработки данных.

Данная методика позволяет определять цветовые характеристики муки за минимальное время с высокой точностью. Для проведения эксперимента были взяты пробы муки высшего, первого и второго сорта и эталон (рис. 2).

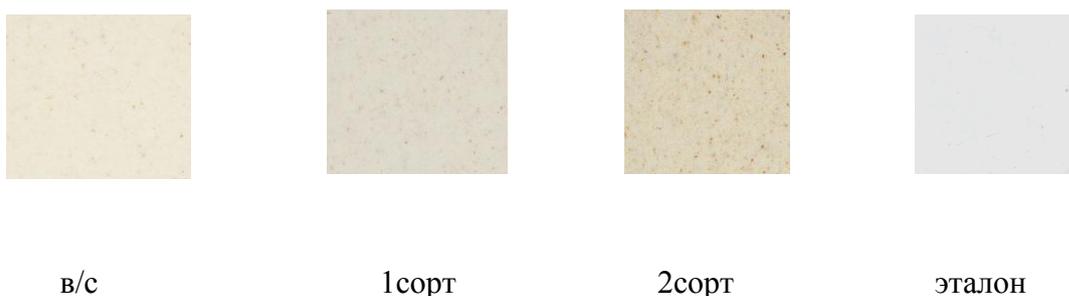


Рисунок 2 – Образцы муки и эталон

Эталоном белизны был выбран барий серноокислый, так как он в отличие от окиси магния, позволяет получить уплотненно-сглаженную поверхность, необходимую для получения изображения и более точной обработки результатов. Использование эталона при обработке изображения позволяет получить одинаковую точность, и воспроизводимость измерений.

Исследования проводились на компьютере марки "Pentium" с операционной системой "Windows XP", соединенном со сканером марки «HP ScanJet 8200» и с помощью программы «Колориметрия».

Определение цветовых составляющих муки производится следующим образом:

- просканировать уплотненно-сглаженные образцы муки вместе с эталоном белизны (барий серноокислый) и получить их изображения;
- при помощи программы «Колориметрия» образцы обработать и получить значения цветовых составляющих.

Программа «Колориметрия» позволяет исследовать цветовые характеристики образцов и определять преобладающий цвет. Измерения могут быть произведены как на исходном, так и на предварительно преобразованном изображении. Результатом работы данной программы является:

- таблица цветов с указанием количества уникальных оттенков, их цветовых характеристик (RGB);
- определение выбирающего и среднего цвета;
- гистограммы распределения спектральной отражательной способности.

При последующем анализе полученных цветовых характеристик образцов муки были получены диапазоны изменения отражательной способности для выбирающего и среднего цветов, представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Диапазоны изменения отражательной способности для выбирающего и среднего цветов

Сорт муки	Диапазон изменения					
	выбирающий цвет			средний цвет		
	R	G	B	R	G	B
Высший	229...233	223...226	205...213	226...228	219...224	197...206
Первый	220...235	217...223	201...205	223...227	212...217	189...196
Второй	219...225	215...218	195...205	220...222	208...211	181...192

Исходя из данных, представленных в таблице 1, можно сделать вывод о том, что лучше работать со средним цветом, т. к. в нем значения отражательной способности не пересекаются для различных сортов муки, что позволяет установить четкие границы для идентификации сорта муки согласно полученным цветовым характеристикам с помощью ПАК «Анализатор зернопродуктов».

В целом исследования показали, что метод измерения цвета пшеничной муки на ПАК «Анализатор зернопродуктов» обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с уже существующими:

- низкая стоимость;
- цвет муки определяется в трёх точках;
- не требуется калибровка, т. к. эталоны белизны хранятся в базе данных;
- достаточно одного сканирования муки, не надо подготавливать несколько проб муки для нахождения среднего арифметического;

• можно проводить всевозможные исследования с полученными цветовыми характеристиками муки и всевозможные обработки данных.

#### Литература

1. Цвет.- <http://www.cheap-software-megastore.com/>
2. Цвет как средство коммуникации.- <http://www.xrите.com.ua/colorTheory2.php>
3. Цветопередача.- <http://www.color.org/>

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛУЧШИТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Марушкина Т.С. – студент, Осипова Ю.Н. – студент, Лаврова М.Н. – студент,  
Анисимова Л.В. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Многие производители из года в год сталкиваются с пониженными хлебопекарными свойствами муки. В большинстве случаев ухудшение хлебопекарных свойств пшеничной муки связано с низким количеством клейковины и с очень плохим ее качеством, а также с повышенной или, наоборот, сильно заниженной активностью ферментов [3]. Для улучшения качества хлеба из муки с пониженными хлебопекарными свойствами, реализации новых технологий, расширения ассортимента продукции применяют хлебопекарные улучшители, в том числе ферментные препараты [2].

Целью данного исследования являлся подбор ферментных препаратов - улучшителей, обеспечивающих повышение качества пшеничной муки с излишне крепкой клейковиной. Укрепление клейковины явилось следствием развития процесса созревания при хранении муки, перешедшего в процесс ее перезревания.

Данные по качеству исследованной муки приведены в таблице 1. В качестве улучшителей использовали ферментные препараты Пентопан Моно, Фунгамил 2500 SG и их смесь (1:1).

Таблица 1 – Характеристика исследованной муки

Наименование показателя	Значение показателя
1 Цвет	Белый с желтоватым оттенком
2 Запах	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый
3 Массовая доля влаги, %	11,3
4 Наличие минеральной примеси	Не обнаружена
5 Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество, %	0,82
6 Массовая доля сырой клейковины, %	29,0
7 Качество клейковины, усл. ед. прибора ИДК	30 (II группа)
8 Белизна, ед. прибора РЗ-БЛИК	40
9 Число падения, с	331
10 Зараженность	Не обнаружена
11 Загрязненность	Не обнаружена

Для изучения влияния улучшителей на количество и качество клейковины, число падения и содержание декстринов в муке были приготовлены смеси со следующим содержанием ферментных препаратов:

- Пентопан Моно в количестве от 0,5 до 3 г на 100 кг муки;
- Фунгамил 2500 SG в количестве от 0,5 до 3 г на 100 кг муки;
- смесь (1:1) Пентопана Моно и Фунгамила 2500 SG – от 0,25 до 2,5 г на 100 кг муки.

Исследования показали (рисунки 1-3), что увеличение содержания Пентопана Моно до 2,5 г на 100 кг муки, Фунгамила 2500 SG – до 2,0 г на 100 кг муки и смеси (1:1) Пентопана Моно и Фунгамила 2500 SG – до 0,5 г на 100 кг муки приводит к расслаблению клейковины, уменьшению числа падения и увеличению содержания декстринов. При большей концентрации ферментных препаратов клейковина несколько укрепляется, число падения вновь увеличивается, а содержание декстринов начинает снижаться. Добавление в муку вышеперечисленных ферментных препаратов практически не повлияло на количество сырой клейковины.

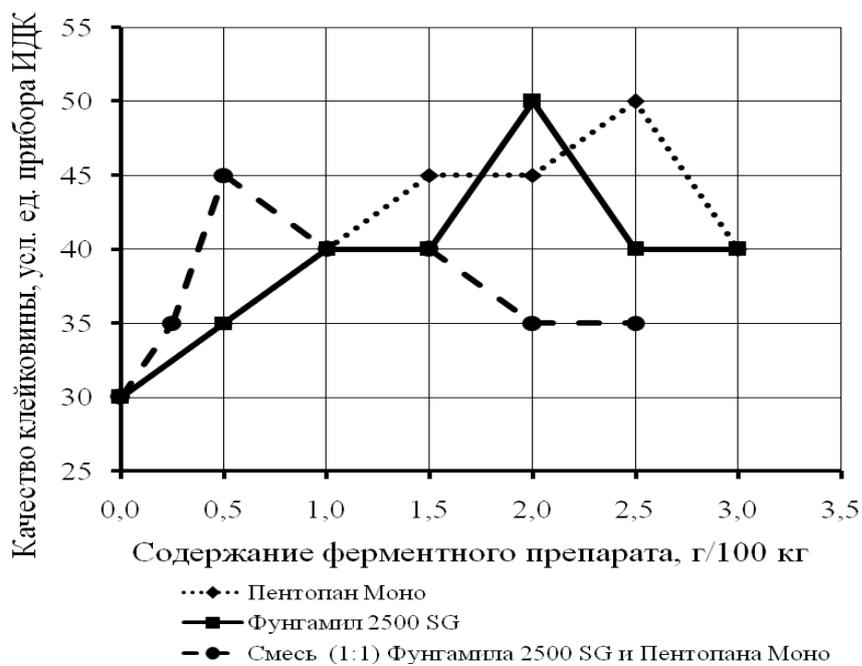


Рисунок 1 – Влияние ферментных препаратов на качество клейковины пшеничной муки

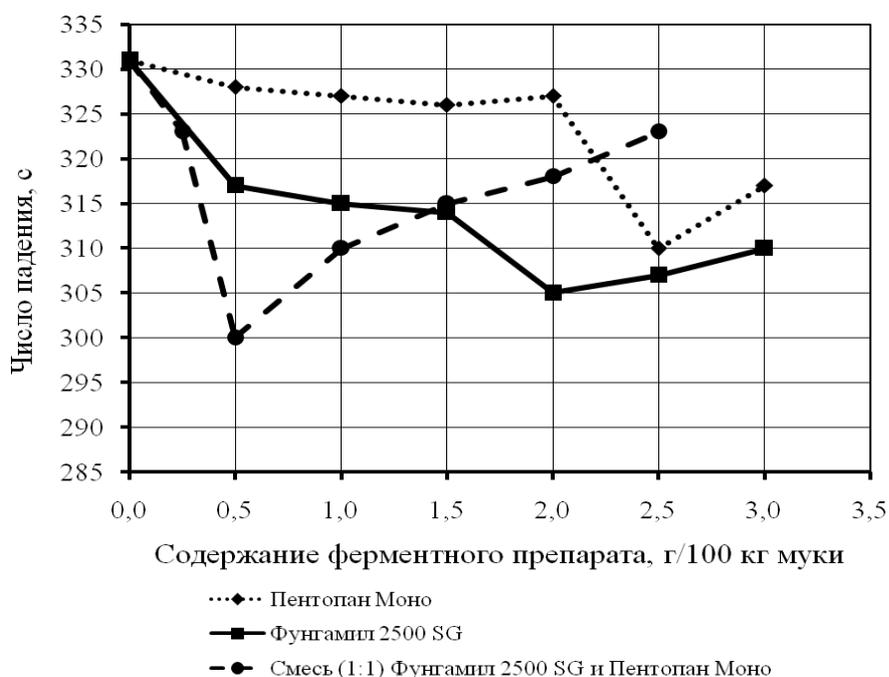


Рисунок 2 – Влияние ферментных препаратов на число падения пшеничной муки

Различное влияние ферментных препаратов на качество пшеничной муки объясняется их разными функциональными свойствами. Пентопан Моно обладает пентозаназной активностью, он воздействует на нерастворимые высокомолекулярные ксиланы и пентозаны, содержащиеся в пшеничной муке, увеличивая долю низкомолекулярных пентозанов. Это способствует формированию более развитого клейковинного каркаса [2]. Его образование объясняется высокой водосвязывающей способностью растворимых пентозанов, их взаимодействием с белками, сопровождающимся образованием стабильных белковых пен с развитыми, заполненными воздухом порами [1]. Пентопан Моно воздействует одновременно как на нерастворимый высокомолекулярный ксилан, так и на крахмал пшеничной муки. Поэтому число падения постепенно снижается, за счет расщепления крахмала до декстринов и разжижения суспензии из муки и воды. Расслабление клейковины под действием Фунгамила 2500 SG (амилолитическая активность) можно объяснить тем, что препарат помимо крахмала расщепляет некрахмальные полисахариды муки, образуя мальтозу, декстрины и улучшая эластичность клейковины. Снижение числа падения объясняется увеличением активности  $\alpha$ -амилазы в муке.

Совместное применение препаратов обеспечивает их комплексное воздействие на качество муки. При этом достигается более развитая пространственная структура клейковинного каркаса и максимальная активность  $\alpha$ -амилазы.

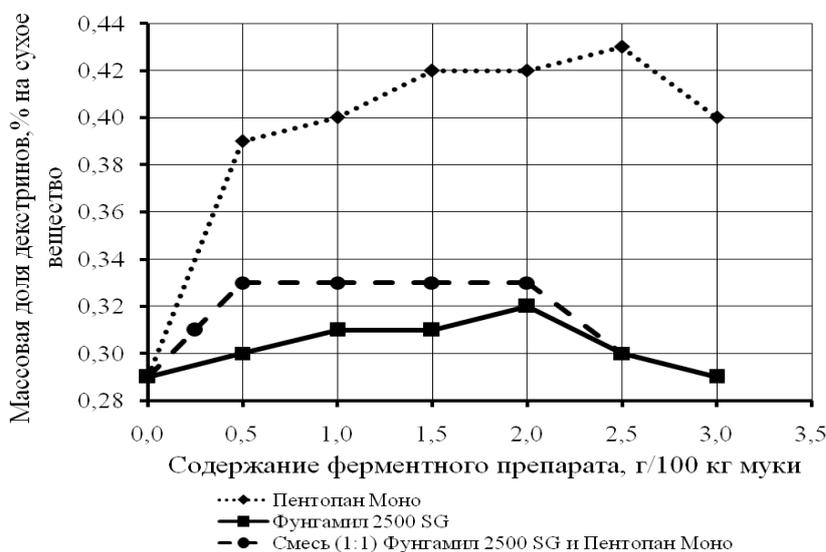


Рисунок 3 – Влияние ферментных препаратов на содержание декстринов в пшеничной муке

Изменение содержания декстринов в муке согласуется с изменением числа падения.

Следует также отметить, что при большой дозировке действие ферментов ослабевает, и качество муки вновь начинает ухудшаться.

Таким образом, по результатам исследования можно заключить, что наибольшее расслабление клейковины, наименьший уровень числа падения и наибольшее содержание декстринов в исследуемой пшеничной муке с излишне крепкой клейковиной достигаются при следующей дозировке ферментных препаратов: Пентопан Моно – 2,5 г на 100 кг муки; Фунгамил 2500 SG – 2,0 г на 100 кг муки; смесь (1:1) Фунгамила 2500 SG и Пентопана Моно – 0,5 г на 100 кг муки; при указанной дозировке ферментных препаратов, очевидно, следует ожидать улучшения и хлебопекарных свойств муки.

#### Литература

1 Действие ферментов в тесте [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.germes-enzymes.ru/docs/97>

2 Матвеева, И.В. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий: Учебное пособие для вузов по спец. «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий». / И.В.Матвеева, И.Г.Белявская.–2-е изд., доп. и перераб. – М., 2001. – 116 с.

3 Нет предела совершенству [Электронный ресурс] // Продукты и прибыль. 2008. №1-2. Режим доступа: <http://www.idbp.ru>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ МУКИ НА МЕЛЬНИЦЕ ЗАО «СОЮЗМУКА»

Ольхович А.В. – студент, Гондаренко Н.А – к.т.н. доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Производственная база ЗАО «Союзмука» размещена во Власихинском промузле г. Барнауле на улице Звездная 15.

Для строительства мельзавода 19 апреля 1996 года создана и зарегистрирована ЗАО «Союзмука» начавшая проектирование, строительство и монтаж мельницы 72 % выхода муки, производительностью 100 т/сутки.

В семизэтажном здании расположено зерноочистительное отделение мельницы и крупозавод.

Размольное отделение мельницы, расположенное в этом же здании, было размещено таким образом, что позволяло за один подъем производить двух-трехкратный размол зерна, двойное просеивание и одинарное обогащение на ситовеечных машинах. Этим и отличается «Союзмука» от типовых мельниц (на трех этажах установлены вальцевые станки и на двух этажах рассева). Это дало возможность сократить количество подъемов продуктов размола и направить продукты в любую точку технологического процесса.

Для бестарного отпуска муки к зданию бывшего растворного узла были пристроены бункера бестарного хранения готовой продукции, а отпуск муки осуществляется, как на автомуковозы, так и на выбой в мешки при помощи аэрозольтранспорта.

Также в 2000 году был смонтирован склад отрубей бестарного хранения, а в 2002 году был построен склад напольного хранения зерна, емкостью 5,5 тыс. тонн.

В 2004 году построено новое здание зерноочистки.

Мельница производительностью 120 т/сутки. На ней осуществляется сортовой помол пшеницы, т.е. вырабатывают муку высшего и первого сорта, а также манную крупу. Общий выход муки 75 %.

В зерноочистительном отделении основное оборудование: сепаратор А1-БИС-100, камнеотборник РЗ-БКТ-150, триер-куколеотборник А9-УТК-6, обоечная машина РЗ-БГО-6, подогреватель БПЗ и магнитные сепараторы. Производительность зерноочистительного отделения 7 т/ч.

Схема размольного отделения мельницы включает пять дранных и пять размольных систем. III дранная система делится на крупную и мелкую. Для обогащения мучек используются четыре ситовеечные системы. Манная крупа отделяется на второй ситовеечной системе. Для отделения сросшихся с крупками оболочек используются 1 и 2 шлифовочные системы. Доброкачественные крупки подаются на размол на 1-ю размольную систему и последовательно размальваются на 2 3 размольных системах. На 4-ю размольную систему поступают, крупки с двух размольных систем и крупки второго качества, где происходит их размол и отделение оболочек. Мука высшего сорта отбирается 1,2,2б,3 размольных систем с 1 и 2 шлифовочных систем, с 1,2,3 сортировочных систем. Мука первого сорта отбирается с остальных систем. Мелкие и крупные отруби собираются вместе и транспортируются нагнетательным пневмотранспортом в бункера. После контроля муки по крупности, она проходит контроль на магнитных колонках и подается в бункера для бестарного хранения. Из бункеров бестарного хранения мука при помощи компрессоров

ЗАФ-57Ю, манная крупа компрессором ЗАФ-49 аэрозольтранспортом поступают в выбойное отделение.

В таблице 1 приведено качество зерна, поступающего на очистку и на мельницу для получения муки.

Таблица 1 - Физико-химические показатели зерна пшеницы до очистки после очистки и поступающей на I драную систему

Показатели качества зерна	Единицы измерения	Пшеница до очистки	Поступающее на I драную систему
Влажность	%	13,9	16,70
Натура	г/л	770	727
Сорная примесь	%	0,66	0,18
Зерновая примесь	%	0,72	0,10
Мелкое зерно	%	0,44	1,00
Клейковина	%	24,7	24,6
	ед.	80	80
Стекловидность	%	50	50
Зольность	%	1,73	1,83

Контроль готовой продукции определяют на определенном этапе производства.

При анализе качества муки в первую очередь определяют органолептические показатели: вкус, цвет, запах.

В муке в течении всего дня через каждые два часа контролируют белизну на белизномере СКИБ-М. в муке определяется массовая доля влаги, массовая доля золы, массовая доля и качество клейковины, крупность муки, число падения.

Данные по всем анализам заносятся журнал.

Все данные по показателям качества представлены в таблице 2 и 3.

Таблица 2 - Показатели качества по системам (белизна, массовая доля влаги, число падения, крупность)

Система	Выход в % по балансу	Сорт муки	Белизна, ед. прибора СКИБ-М	Массовая доля влаги, %	Число падения	Крупность
1 сортировка	8,2	высший	55	15,9	302	43/0,7
2 сортировка	8,2	высший	55	16,2	312	43/2,3
3 сортировка	1,2	высший	54	14,0	309	43/1,7
1 шл. система	3,0	высший	59	14,8	331	43/0,4
2 шл. система	2,6	высший	59	15,0	341	43/0,2
III драная система	8,0	первый	44	15,2	347	36/0,2 43/97, 2
IV драная система	11,6	первый	32	13,9	335	36/0,3 43/97,7
1 размольная система	6,5	высший	58	15,1	324	43/2,9
1 размольная система	6,5	высший	60	14,9	323	43/2,5
1 размольная система	6,5	высший	60	15,1	326	43/2,7
2 размольная система	3,5	высший	64	14,1	313	43/0,6
2б размольная система	4,5	высший	55	13,7	315	43/2,2
3 размольная система	2,6	высший	54	12,6	311	43/2,0
4 размольная система	2,1	первый	54	12,6	304	36/0,1 43/98,1

Таблица 3 - Показатели качества по системам (массовая доля золы, массовая доля и качество клейковины)

Система	Выход в % по балансу	Сорт муки	Массовая доля золы, %	Клейковина	
				Массовая доля, %	Качество, группа/ ед.прибора ИДК
1 сортировка	8,2	высший	0,52	29,1	II/85
2 сортировка	8,2	высший	0,53	28,7	II/85
3 сортировка	1,2	высший	0,54	28,5	I/70
1 шл. система	3,0	высший	0,51	28,6	I/75
2 шл. система	2,6	высший	0,52	29,1	II/85
III драная система	8,0	первый	0,7	32,3	I/70
IV драная система	11,6	первый	0,63	35,3	II/80
1 размольная система	6,5	высший	0,54	28,2	II/85
1 размольная система	6,5	высший	0,53	28,3	II/85
1 размольная система	6,5	высший	0,54	28,1	II/85
2 размольная система	3,5	высший	0,45	28,6	II/90
2б размольная система	4,5	высший	0,53	28,5	I/75
3 размольная система	2,6	высший	0,54	29,0	II/80
4 размольная система	2,1	первый	0,55	30,2	I/65

На основании проведенных анализов и полученных данных можно сделать следующие выводы:

- по показаниям белизны муки отобранную с 4 размольной системы можно отнести к высшему сорту, а фактически она относится к первому сорту;
- по показаниям зольности муки отобранную с 4 размольной системы можно перевести из первого сорта в высший;

На основании этого увеличится общий выход муки высшего сорта за счет уменьшения муки первого сорта на 2,1 %.

Фактический и рекомендуемый выход муки представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Фактический и рекомендуемый выход муки

Выход	Высший сорт	Первый сорт
Фактический выход	53,3	21,7
Рекомендуемый выход	55,4	19,6
Итого	75	75

На рисунке 1 представлено соотношение фактического и рекомендуемого выхода муки.

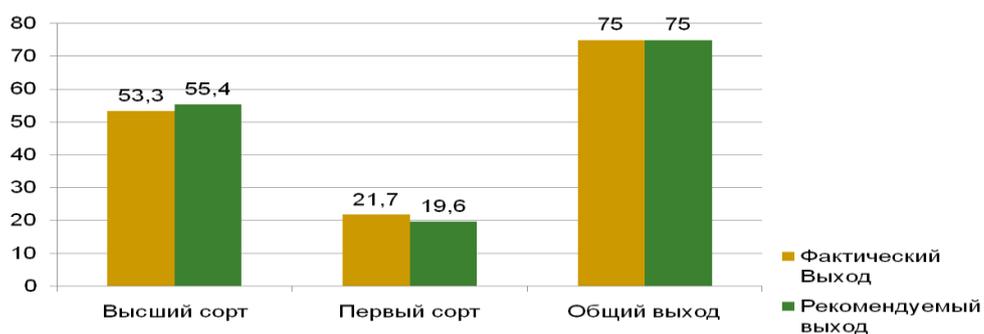


Рисунок 1 – Фактический и рекомендуемый выход муки

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГТО ЗЕРНА ПРОСА НА ЧИСЛО ПАДЕНИЯ СМЕСЕЙ ПРОСЯНОЙ И ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Палкина А.В. – студент, Янголь А.О. – студент, Полякова Г.В. – студент,  
Сидорова А.А. – аспирант, Анисимова Л.В. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Актуальная проблема современного общества – расширение ассортимента продуктов питания, повышение их биологической ценности.

Крупяные изделия, в том числе изделия из проса, являются продуктами растительного происхождения с высокой пищевой ценностью, поэтому они входят в состав рационов лечебно-профилактического назначения. В настоящее время в хлебопекарном и кондитерском производствах широко применяются мучные композитные смеси, содержащие основные питательные и биологически-активные вещества. Просяная мука может стать полноценным компонентом таких смесей.

Существенным недостатком просяной муки является нестойкость ее при хранении. Это объясняется особенностями химического состава проса, в частности, высоким содержанием непредельных жирных кислот, достаточно быстро подвергающихся ферментативному гидролизу и окислению [1]. Одним из способов стабилизации свойств просяной муки при хранении является гидротермическая обработка ГТО зерна проса. Однако ГТО зерна, улучшающая стойкость просяной муки при хранении за счет частичной инактивации ферментов, может отрицательно повлиять на хлебопекарные свойства мучных композитных смесей, в состав которых введена просяная мука. Это связано с тем, что одним из важнейших показателей качества пшеничной муки (а именно на основе пшеничной муки предлагается готовить композитные смеси с просяной мукой) является ее газообразующая способность, напрямую зависящая от сахарообразующей способности муки. Сахарообразующая способность муки обуславливается действием амилолитических ферментов, которые в просяной муке могут быть частично инактивированы вследствие ГТО зерна. В связи со сказанным представляет интерес исследование влияния подсортировки просяной муки к муке пшеничной на число падения мучных смесей.

В опытах использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта (число падения 366 с) и муку просяную (проход через сито № 045), выработанную разными способами:

- из исходного зерна (без гидротермической обработки ГТО);
- из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением при атмосферном давлении, отволаживанием и сушкой;
- из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением под вакуумом, отволаживанием и сушкой.

Гидротермическая обработка зерна проса снижает активность ферментов, в том числе, амилолитических. Это следует из результатов определения числа падения просяной муки, полученной разными способами. Так, число падения просяной муки из исходного зерна (без ГТО) составило 328 с; муки из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением при атмосферном давлении, – 392 с; муки из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением под вакуумом, – 361 с.

Число падения смеси пшеничной и просяной муки изменяется по-разному, в зависимости от того, каким способом была получена просяная мука (таблица 1).

Из приведенных данных видно, что замена пшеничной муки в смеси на муку просяную из исходного зерна и на муку просяную из зерна с ГТО (увлажнение при атмосферном давлении) в размере 5 % на число падения, а, следовательно, амилолитическую активность ферментов смеси, практически не влияет. Дальнейшее увеличение дозировки просяной муки из исходного зерна существенно повышает амилолитическую активность ферментов смеси, а увеличение доли просяной муки из зерна, прошедшего ГТО (увлажнение при атмосферном давлении), подавляет активность ферментов смеси.

Введение в смесь просяной муки из зерна, подвергнутого ГТО с увлажнением под вакуумом, заметно увеличивает число падения смеси, начиная с дозировки 5 %. Вместе с тем, при содержании в смеси от 25 % до 30 % просяной муки из зерна, подвергнутого ГТО

(независимо от способа увлажнения), активность амилолитических ферментов смеси снижается и выходит на уровень их исходной активности в пшеничной муке.

Таблица 1 – Влияние содержания просяной муки в смеси с пшеничной мукой на число падения

Содержание просяной муки в смеси, %	Число падения, с		
	Способ получения просяной муки		
	из исходного зерна (без ГТО)	из зерна с ГТО (увлажнение при атмосферном давлении)	из зерна с ГТО (увлажнение под вакуумом)
0	366	366	366
5	369	372	376
10	358	377	377
15	349	382	385
20	342	373	386
25	330	372	375
30	328	362	365

Изменение числа падения смеси пшеничной и просяной муки, несомненно, скажется на ее хлебопекарных свойствах. При этом немаловажную роль сыграет исходная активность амилолитических ферментов пшеничной муки, составляющей основу смеси.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- гидротермическая обработка снижает активность амилолитических ферментов зерна проса, что приводит к повышению показателя числа падения просяной муки;
- число падения смеси пшеничной и просяной муки зависит не только от дозировки просяной муки, но и от способа ее получения.

#### Литература

1 Козьмина, Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н.П. Козьмина. – М.: Колос, 1975. – 375 с.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАНДАРИНОВОГО ПОРОШКА В ПРОИЗВОДСТВЕ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Пушкарева И.В. – студент, Конева С.И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время большим спросом у населения пользуются мучные кондитерские изделия - высококалорийные и легкоусвояемые пищевые продукты, основными ингредиентами которых являются мука, сахаристые вещества, жировые продукты, вкусовые и ароматические добавки. В связи с этим, актуальным является снижение их сахароемкости, обогащение белком, витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами. В условиях несбалансированного питания населения приоритетным направлением решения задачи расширения ассортимента кондитерских изделий для диетического и лечебно-профилактического питания является создание рецептур и технологии изделий, обогащенных источниками биологически активных веществ, полученные из вторичных ресурсов переработки растительного сырья. Ввиду этого, интерес представляет

мандариновый порошок, который является вторичным продуктом промышленной переработки плодов мандарина, а именно мандариновой кожуры. Кожура, или цедра мандарина богата горькими и пектиновыми веществами, эфирными маслами (до 3%), гликозидами, органическими кислотами, флавоноидами, витамином С, каротином. Свежая корка мандарина улучшает выработку желудочного секрета, стимулирует усвоение пищи, используется при лечении рвоты, болей в животе, диареи, бронхитов, а высушенная – успокаивает центральную нервную систему, продлевает действие болеутоляющих средств. Кожура мандарина применяется для получения эфирного масла.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И.Ползунова проводятся исследования по разработке новых видов мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности. В качестве объекта исследования нами были выбраны кексы, вырабатываемые с использованием химических разрыхлителей и кексы, вырабатываемые на прессованных дрожжах.

По результатам проведенных исследований, были разработаны рецептуры и технология приготовления кексов, в тесто которых мы вводили мандариновый порошок в количестве 5, 10 и 15% взамен пшеничной муки первого сорта. Выпеченные охлажденные кексы анализировали по органолептическим показателям: оценивали форму, поверхность, цвет, вкус и запах, вид в изломе. Были проведены физико-химические анализы: влажность, щелочность (кислотность), пористость и водопоглотительная способность.

С увеличением количества добавляемого порошка привкус кексов становится более сильным и насыщенным. Структура кексов становится более плотной. Цвет кексов при увеличении дозировки порошка становится более темным, при внесении уже 10 % порошка цвет значительно изменяется и окраска становится интенсивно-желтой.

В ходе лабораторных исследований было установлено, что мандариновый порошок повышает щелочность и кислотность кексов, ввиду содержания органических кислот. Также было установлено, что порошок практически не влияет на влажность готовых изделий.

Количество добавляемого мандаринового порошка увеличивает общее содержание сахара в готовых кексах. Это связано с тем, что в порошке содержатся моно- и дисахариды, которые добавляются при замесе теста и увеличивают содержание общего сахара в готовом изделии. Путем многократных пробных лабораторных выпечек кексов с добавлением мандаринового порошка и проведенной дегустационной оценки полученных образцов были выбраны наилучшие образцы - с добавлением 5% мандаринового порошка для кексов на химических разрыхлителях, 10% - для кексов на прессованных дрожжах.

Разное рекомендуемое количество вводимого мандаринового порошка объясняется различными реологическими и физико-химическими показателями для этих видов изделий. Показатели качества готовых кексов представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Показатели качества кексов на химических разрыхлителях

Наименование определения	Контрольный образец	Дозировка мандаринового порошка, %		
		5	10	15
Влажность, %	19,15	19,45	19,36	19,6
Щелочность, град	0,8	0,6	0,6	0,4
Пористость, %	57,0	59,0	60,0	58,0
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,12	2,05	2,10	2,01

Таблица 2 – Показатели качества кексов на прессованных дрожжах

Наименование определения	Контрольный образец	Дозировка мандаринового порошка, %		
		5	10	15
Влажность, %	29,5	30,5	30,0	29,0
Кислотность, град	2,0	2,3	2,6	3,0
Пористость, %	65,0	65,0	63,0	62,0
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,35	2,35	2,36	2,35

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ АГЕНТА СУШКИ ПРИ ГТО ЗЕРНА ПРОСА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ШЕЛУШЕНИЯ И ВЫХОД МУКИ

Соколова Ю.Ю – студент, Тужилкина В.В. – студент, Выборнов А.А. – студент,  
Водопьянова Е.В. – студент, Сидорова А.А. – аспирант,  
Анисимова Л.В. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одним из видов растительного сырья, более широкое применение которого позволит увеличить ассортимент полезных для здоровья людей продуктов питания, является зерно проса. По своему химическому составу, пищевым достоинствам просо – ценный компонент питания. В состав зерна проса входит значительное количество белка, содержащего ряд незаменимых аминокислот, при этом оно является одним из наиболее дешевых источников белка [1].

Ассортимент продуктов переработки проса, вырабатываемых на крупозаводах, не широк – это, преимущественно, пшено шлифованное. Однако представляет интерес и переработка зерна проса в муку, использовать которую можно в разных отраслях пищевой промышленности. Просяная мука обладает высокой питательной ценностью, содержит витамины группы В, РР, Е; имеет хорошую усвояемость. Зародыш зерна проса богат минеральными веществами, такими как железо, цинк, медь, и витаминами. Если зародыш направлять в муку, то ее химический состав обогатится как минеральными веществами, так и витаминами. Недостатком просяной муки является нестойкость её при хранении, что связано с высоким содержанием жира в зерне проса, характеризующегося повышенной кислотностью. Для увеличения сроков хранения муки необходимо снизить активность липолитических ферментов, вызывающих ее прогоркание. Этого можно добиться путем гидротермической обработки ГТО зерна проса.

Нами ведется разработка технологии просяной муки с использованием ГТО зерна. Изучаемый способ ГТО включает операции увлажнения (при атмосферном давлении), отволаживания и сушки зерна. В данной статье приведены результаты исследования влияния одного из основных параметров ГТО – температуры агента сушки – на эффективность шелушения зерна и выход просяной муки.

В опытах использовали зерно проса урожая 2009 г., выращенного в Алтайском крае, с исходной влажностью 12,7 %, объемной массой 850 г/л, пленчатостью 23,2 %, массой 1000 зерен 7,95 г.

Фракцию зерна проса, идущую сходом с сита 1,6×20 мм, после очистки направляли на ГТО, а затем на шелушение в лабораторном вальцедековом станке. После сортирования продуктов шелушения рассчитывали коэффициенты шелушения зерна и цельности ядра [2]. Далее оставшееся после первого пропуска через вальцедековый станок нешелушеное зерно направляли на повторное шелушение. Выход целого ядра, полученного после всех пропусков зерна через шелушитель, рассчитывали в процентах к массе навески зерна, поданной на первое шелушение. Целое и дробленое ядро измельчали на лабораторной мельнице. Просяную муку получали проходом через сито № 045.

Гидротермическую обработку проса осуществляли следующим образом. Зерно увлажняли путем добавления расчетного количества воды до влажности 24,0 %, затем отволаживали в течение 12 часов. Далее зерно сушили в лабораторной сушилке в потоке нагретого воздуха до влажности от 13,5 % до 14,0 % при различной температуре агента сушки. Влажность зерна после увлажнения и после сушки определяли стандартным методом в соответствии с ГОСТ 13586.5-93.

Результаты исследования влияния температуры агента сушки при ГТО зерна проса на эффективность его шелушения представлены на рисунках 1, 2. Из графиков видно, что с увеличением температуры агента сушки коэффициент шелушения  $K_{ш}$  возрастает. Увеличение  $K_{ш}$ , очевидно, связано с тем, что под действием высокой температуры из цветковых пленок удаляется больше влаги, они становятся более хрупкими и их легче удалить при шелушении. Коэффициент цельности ядра  $K_{ця}$  с увеличением температуры агента сушки также повышается. Это можно объяснить тем, что под воздействием тепла и влаги в ядре проса происходит клейстеризация крахмала и частичная денатурации белка. При этом наиболее тонкие трещины, появившиеся в эндосперме при увлажнении и последующем отволаживании зерна, смыкаются, происходит их своеобразное «залечивание» – прочность ядра возрастает. Чем выше температура агента сушки, тем интенсивнее протекают данные процессы.

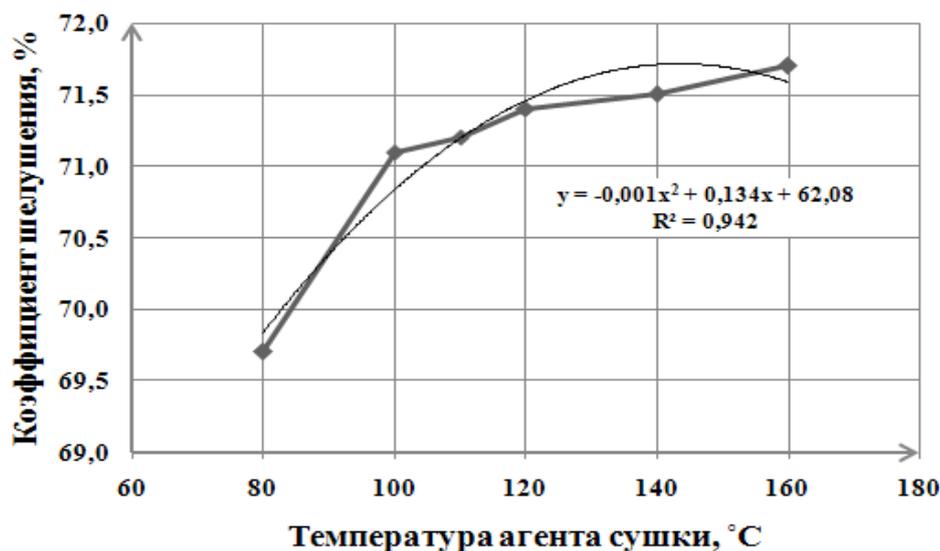


Рисунок 1 - Влияние температуры агента сушки при ГТО зерна проса на коэффициент его шелушения

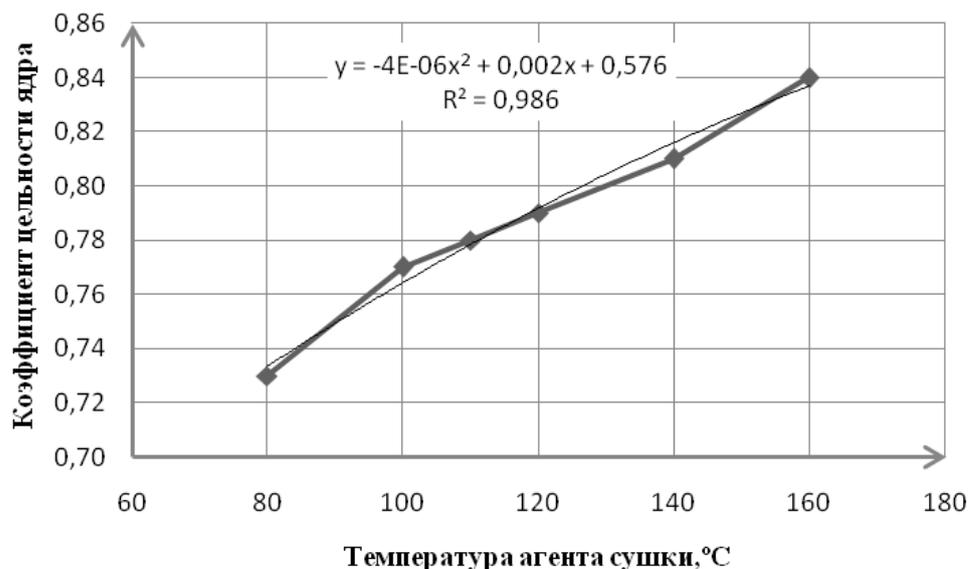


Рисунок 2 - Влияние температуры агента сушки при ГТО зерна проса на коэффициент цельности ядра

На рисунках 3 и 4 приведены графики зависимости выхода целого ядра и просяной муки от температуры агента сушки при ГТО зерна проса.

При увеличении температуры агента сушки от 80 °С до 120 °С выход ядра, несмотря на увеличение  $K_{ц\text{я}}$ , снижается, что связано с резким снижением доли целого зерна и увеличением доли мучки при повторном шелушении нешелушенных зерен, оставшихся после первого шелушения. Однако при температуре выше 120 °С выход ядра начинает расти, чему способствуют как дальнейшее увеличение  $K_{ц\text{я}}$ , так и заметное повышение доли целого ядра при повторном шелушении оставшихся нешелушенных зерен.

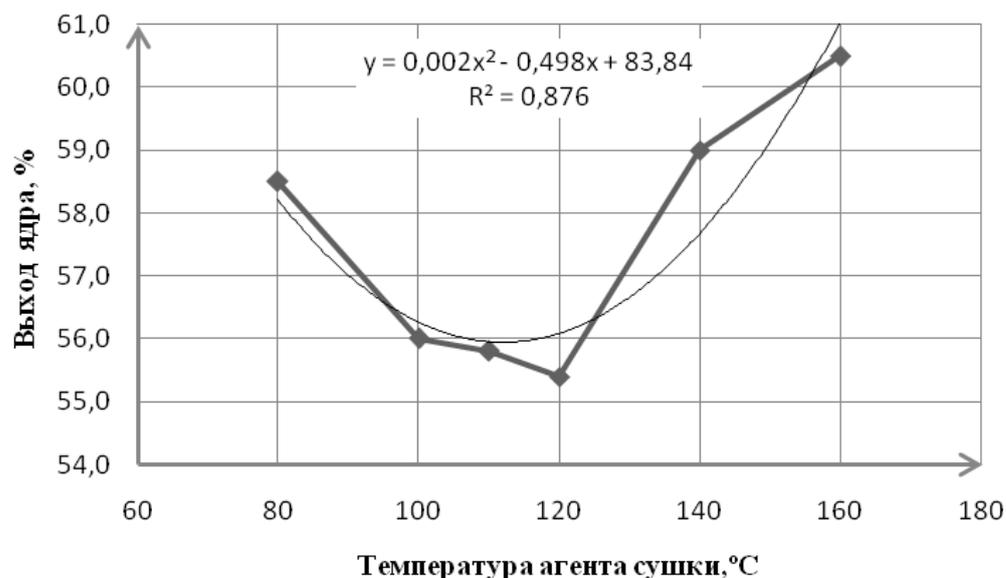


Рисунок 3 - Влияние температуры агента сушки при ГТО зерна проса на выход ядра

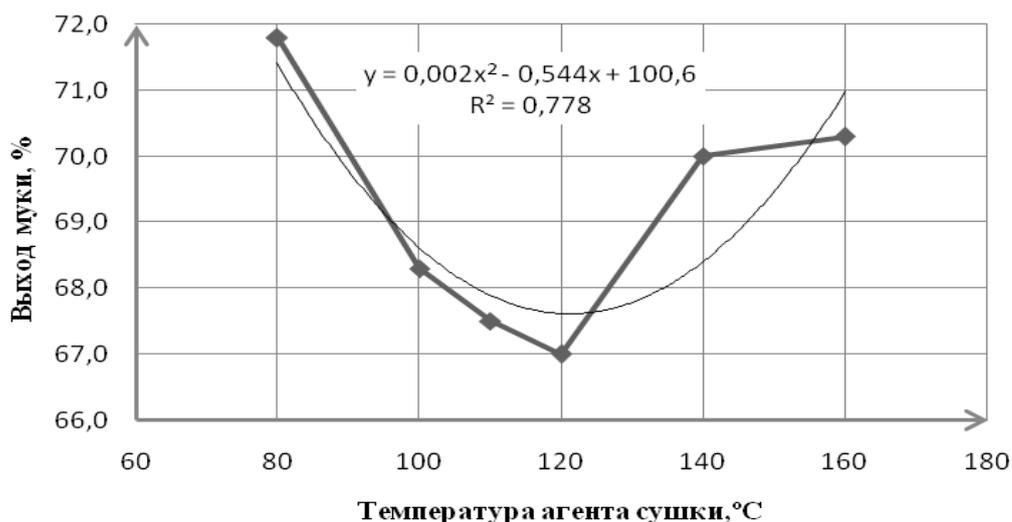


Рисунок 4 - Влияние температуры агента сушки при ГТО зерна проса на выход муки

Выход муки при увеличении температуры агента сушки от 80 °C до 120 °C снижается, что объясняется увеличением доли мучки как при первом, так и при повторном шелушении зерна (просяную муку получали путем измельчения целого и дробленого ядра). При температуре выше 120 °C выход муки начинает расти, в основном, за счет увеличения доли целого ядра. При этом наиболее интенсивный рост выхода муки отмечен при повышении температуры от 120 °C до 140 °C.

На основе анализа всех полученных данных можно рекомендовать сушить зерно проса после увлажнения и отволаживания при температуре агента сушки (140±5) °C. При указанной температуре на измельчение поступает меньшая доля дробленого ядра, поэтому уменьшается вероятность снижения выхода муки за счет потерь дробленого ядра на этапах сортирования. Кроме того, при высокотемпературной сушке в зерне проса более интенсивно идут химические процессы, приводящие к инактивации ферментов, что будет способствовать лучшей сохранности просяной муки.

#### Литература

1 Прокопец, А.С. Перспективы использования муки из проса в производстве мучных кондитерских изделий / А.С. Прокопец, И.Б. Красина // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 4. С. 34-36.

2 Мельников, Е.М. Технология крупяного производства / Е.М. Мельников. – М.: Агропромиздат, 1991. – 207 с.

#### РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Шейна Ю.М. – студент, Козубаева Л.А. – к.т.н., доцент, Вишняк М.Н. - аспирантка  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Мучными кондитерскими изделиями называются высококалорийные и легкоусвояемые пищевые продукты, основными ингредиентами которых являются мука, сахаристые вещества, жировые продукты, вкусовые и ароматические добавки. В основном, для производства мучных кондитерских изделий применяется пшеничная мука, реже ржаная и овсяная. Но в этих видах муки содержится глютен – белок злаковых культур, токсичный для больных целиакией. Целиакия – заболевание из группы наследственных прогрессирующих, при котором нарушение усвоения глютена вызывает повреждение ворсинок тонкого кишечника, приводящее к мальабсорбции (пониженному кишечному всасыванию питательных веществ). В результате возникают нарушения метаболизма и другая патология

(остеопороз, анемия и т.д.), являющиеся следствием дефицита питательных веществ. Длительное употребление глютена представляет серьезную опасность для здоровья больного.

Целиакия часто обнаруживается в течение первых двух лет жизни ребенка, после введения в пищу глютеносодержащих продуктов. Это так называемая «классическая» форма целиакии. Клиническими симптомами являются хроническая диарея, стеаторея, рвота. Однако наиболее опасна «латентная» форма целиакии, при которой вышеуказанные симптомы практически не проявляются, но нормальное функционирование организма нарушается аналогично.

Считается, что люди начали болеть целиакией с началом периода земледелия. В настоящее время появление новых методов диагностики позволило выявить достаточно широкую распространенность этого заболевания: от 1:476 в Австралии до 1:113 в США. В России предполагаемая распространенность составляла 1:1000, однако сейчас эти данные пересматриваются. Специалисты предполагают, что в нашей стране частота целиакии такая же, как в Европе (около 1:300).

Целиакия – болезнь генетическая, следовательно, вылечить ее невозможно. Единственным способом улучшить состояние больного является соблюдение пожизненной безглютеновой диеты. Необходимо исключить из рациона все глютеносодержащие продукты. Опасность представляет тот факт, что вещества, содержащие глютен (пшеничная мука, сухая клейковина), используются во многих продуктах питания в качестве пищевых добавок с целью улучшения качества. Поэтому ассортимент продуктов для людей, страдающих целиакией, очень ограничен.

В связи с этим целью работы стала разработка рецептур мучных кондитерских изделий (сырцовых и заварных пряников) из кукурузной муки, предназначенных для питания больных целиакией.

Для сырцовых пряников за основу взята рецептура сырцовых пряников «Глазированные», для заварных пряников в качестве базовой использовалась рецептура заварных пряников «Сахарные». На первичном этапе осуществлялась выпечка сырцовых и заварных пряников с полной заменой пшеничной муки на кукурузную. Сырцовое и заварное тесто представляло собой связную, пластичную массу желтого цвета, изделия хорошо формовались, но после выпечки готовые изделия имели на поверхности глубокие трещины, а также специфический кукурузный запах и вкус. В связи с этим на последующем этапе проводились эксперименты, связанные с заменой части муки на картофельный крахмал в количестве от 10 % до 30 %.

В работе было изучено влияние дозировки крахмала на свойства сырцового и заварного теста, а также на органолептические и физико-химические (диаметр, высота, влажность, щелочность, плотность) показатели пряников.

Исследования показали, что при замене части муки крахмалом сырцовое и заварное тесто становится более пластичным, разжижается, пряники при выпечке расплываются. Для предотвращения этого пряники выпекались в круглых жестяных формочках. Поэтому все выпеченные образцы имели одинаковый диаметр (45 мм). После выпечки все образцы покрывались сахарной глазурью.

Органолептическая оценка сырцовых пряников показала, что повышение количества крахмала до 30% устраняет появление трещин на поверхности, повышает пористость, ослабляет кукурузный вкус и запах. Влияние крахмала на высоту, влажность и плотность сырцовых пряников показано в таблице 1.

Высота пряника с увеличением доли вносимого крахмала постепенно увеличивается (с 16 до 20 мм). Возможно, это связано с тем, что при выпечке крахмал клейстеризуется на поверхности, образуя плотную корочку. Корочка из клейстеризованного крахмала разглаживает поверхность пряника и препятствует быстрому удалению образующихся газов  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ . В результате изделия лучше поднимаются и разрыхляются. Об увеличении пористости также свидетельствует уменьшение плотности изделий (от 0,85 до 0,69 г/см<sup>3</sup>).

Таблица 1 – Влияние крахмала на качество сырцовых пряников из кукурузной муки

Наименование показателя	Характеристика показателя			
	Количество крахмала, % к массе муки			
	0	10	20	30
Высота, мм	15	16	17	20
Влажность, %	14,1	14,3	14,6	14,7
Щелочность, град	0,6	0,6	0,6	0,6
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,02	0,85	0,78	0,69

Влажность сырцовых пряников с увеличением количества крахмала незначительно увеличивается от 14,3 % до 14,7 %. Это также можно объяснить образованием корочки из клейстера, удерживающей влагу.

Количество вносимого крахмала не оказывает влияния на щелочность образцов (составляет 0,6 град).

Влияние крахмала на высоту, влажность и плотность заварных пряников представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние крахмала на качество заварных пряников из кукурузной муки

Наименование показателя	Характеристика показателя			
	Количество крахмала, % к массе муки			
	0	10	20	30
Высота, мм	17	17	18	19
Влажность, %	11,7	11,8	12,0	12,2
Щелочность, град	0,8	0,8	0,8	0,8
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,87	0,79	0,75	0,72

Органолептическая оценка заварных пряников показала, что при добавлении 20% крахмала трещины на поверхности практически незаметны, значительно уменьшается кукурузный вкус и аромат. Характер изменения высоты, влажности и пористости аналогичен таковому у сырцовых пряников. Щелочность не изменялась и составила 0,8 град. Важно отметить, что при приготовлении заварного пряничного теста 50% муки заваривается, поэтому тесто обладает более упругими свойствами и часть крахмала кукурузной муки на данном этапе уже клейстеризована. Следовательно, для улучшения качества готовых изделий требуется меньшее количество крахмала.

В результате проведенных исследований установлено, что наилучшими по качеству сырцовыми пряниками из кукурузной муки являются пряники с заменой 30% муки крахмалом; наилучшими по качеству заварными пряниками являются пряники с заменой 20% муки крахмалом. Эти изделия по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют нормам и, что особенно ценно, могут употребляться в пищу людьми, больными целиакией.

## РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ХЛЕБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СЕМЯН ЛЬНА

Шиловская В.Г. – студент, Конева С. И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Учитывая важную роль хлеба в традиционном питании населения нашей страны, целесообразно с его помощью обогащать рацион жизненно важными компонентами, которые способствуют улучшению здоровья и профилактике различных заболеваний. Использование разнообразных ингредиентов позволяет создавать хлебобулочные изделия направленного состава, текстуры, вкуса, цвета, аромата, продлить их свежесть при хранении.

Одной из древнейших сельскохозяйственных культур, известных человеку, является лен. Семена льна содержат значительное количество макро- и микроэлементов и концентрируют селен. Содержание магния в 100г семян льна практически в четыре раза превышает содержание данного макроэлемента в таком же количестве зерна пшеницы и полностью восполняет суточную потребность. Семена льна особенно богаты калием, которого в них содержится примерно в 2,5 раз больше, чем в зерне пшеницы. В 100 г семян льна содержится в 1,2 раза больше тиамина и в 1,5 раза больше рибофлавина, чем в 100 г зерна пшеницы. Было установлено, что 100 г семян льна обеспечивают более 20% суточной потребности человека в энергии, практически 30% - в белках, более 50% - в жирах, фосфоре.

Семена льна содержат практически в 2 раза больше белка, чем зерно пшеницы. Кроме этого, белки по аминокислотному составу более полноценные, чем белки пшеничной муки и могут дополнять последние, повышая ценность хлебобулочных изделий.

Так при употреблении 100 г семян льна на 93% удовлетворяется потребность в триптофане, практически на 80% - в фенилаланине и тирозине и на 72% - в валине. Единственной лимитирующей аминокислотой в семенах льна является лизин и 100 г семян льна покрывает потребность взрослого человека в данной аминокислоте на 23%.

Полисахариды льняного семени представляют практический интерес, так как могут выступать в качестве водоудерживающих агентов, текстураторов и связующих в производстве хлебобулочных изделий, оказывая при этом протекторное действие на пищеварительную систему.

Льняное семя – один из богатейших источников лигнанов, относящихся к классу фитоэстрогенов, веществ растительного происхождения, проявляющих эстрогеноподобную активность в организме человека. Лигнаны способны предупреждать развитие рака в начальной и средней стадии путем подавления роста и распространения раковых клеток.

Семена льна являются самым богатым растительным источником полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) –  $\alpha$ -линоленовой (омега-3) и линолевой кислоты (омега-6).

ПНЖК - эссенциальные кислоты, поскольку организмы человека и животных не способны их синтезировать самостоятельно линоленовая кислота в комбинации с линолевой и другими полиеновыми кислотами составляют комплекс "незаменимых" жирных кислот (витамин F), которые влияют на абсорбцию жирорастворимых витаминов А, Д, Е и К.

На кафедре ТХПЗ были проведены исследования по разработке рецептур хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности с добавлением льняной муки. С целью изучения влияния льняной муки на хлебопекарные свойства пшеничной муки были определены такие показатели как количество и качество отмываемой клейковины, водопоглотительная способность.

Установлено, что добавление льняной муки снижало количество отмываемой клейковины и изменяло ее качество в сторону укрепления упругих свойств. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Снижение количества отмываемой клейковины очевидно происходило за счет замещения части пшеничной муки льняной, в белковом комплексе которой отсутствуют спирторастворимые белки проламины, участвующие в образовании клейковины.

Укрепление клейковинного каркаса можно объяснить влиянием ПНЖК (вносимых с льняной мукой) на процессы формирования клейковинных белков при образовании теста. Гидропероксиды, образующиеся при окислении непредельных жирных кислот, таких как линолевая и линоленовая, кислородом воздуха, окисляют сульфгидрильные группы белков с образованием дисульфидных связей, обуславливающих упрочнение структуры белковой молекулы. Также установлено, что добавление льняной муки повышает водопоглотительную способность пшеничной муки.

Таблица 1 — Влияние добавления льняной муки на количество и качество клейковины

Содержание льняной муки, % от общей массы муки	Массовая доля сырой клейковины, %	Качество клейковины, усл.ед. прибора ИДК
0,0	30,0	50,0
2,0	28,0	50,0
4,0	27,0	45,0
6,0	24,0	45,0
8,0	21,0	40,0
10,0	20,0	35,0

Увеличение водопоглотительной способности муки вероятно связано с тем, что часть углеводов льняной муки представлена растворимыми в воде полисахаридами — пентозанами. Они способны легко пептизироваться в воде с образованием вязких гелей. Растворимые пентозаны обладают высокой гидрофильностью — 1г пентозанов поглощает около 15г воды. Следовательно, суммарная величина водопоглотительной способности всей муки в значительной степени зависит от содержания в ней пентозанов.

По результатам исследований были разработаны рецептуры хлеба с добавлением 4 и 6% льняной муки. В таблице 2 представлены показатели качества выпеченных образцов хлеба.

Таблица 2 — Показатели качества хлеба

Наименование показателя	Характеристика показателя		
	контроль	4% льняной муки	6% льняной муки
Физико-химические показатели			
Влажность, %	40,0	43,0	44,0
Кислотность, град	2,0	2,0	2,0
Пористость, %	68,8	65,6	65,6
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,55	2,56	2,62

Таким образом, было установлено, что использование льняной муки позволяет расширить ассортимент хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности. Выпеченный хлеб с добавлением льняной муки имел своеобразный приятный вкус и аромат, привлекательный внешний вид.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПШЕНИЧНОЙ КРУПЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Шкляр Ю.С. – студент, Конева С. И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Ассортимент продукции, выпускаемой хлебопекарными предприятиями, насчитывает около 800 наименований. Однако расширение номенклатуры хлебобулочных изделий имеет большой потенциал для роста. Очевидным является то, что продукция должна быть высокого качества, повышенной пищевой ценности; лечебного и профилактического назначения.

С целью расширения ассортимента хлебобулочных изделий, на кафедре хранения и переработки зерна была разработана рецептура хлеба с добавлением пшеничной крупы. Пшеничная крупа (Полтавская, «Артек») была выбрана в качестве дополнительного компонента, благодаря ее высокой энергетической ценности, большому содержанию белка, натрия, калия, кальция, железа, витаминов В1, В2, РР. Вместе с крупой в хлебобулочное изделие вносятся пищевые волокна, дефицитом которых страдает ежедневный рацион питания современного человека.

Для изучения влияния крупности пшеничной крупы на качество хлеба, добавляли крупу Полтавскую №2, №3 и «Артек». Все образцы характеризовались хорошими органолептическими и физико-химическими показателями и удовлетворяли требованиям стандарта. Но, так как с крупой Полтавской №2 вносилось больше оболочек, которые несут основную часть витаминов и пищевых волокон, то использовали при разработке рецептуры хлеба с пшеничной крупой именно ее.

Было изучено влияние крупы пшеничной на белково-протеиназный и углеводно-амилазный комплекс пшеничной муки. Определяли количество и качество клейковины в смеси, водопоглотительную способность, сахаробразующую способность смеси с добавлением 5%, 10%, 15%, 20%, 25% крупы пшеничной «Артек». С увеличением количества вносимой крупы количество клейковины в смеси уменьшалось, а качество улучшалось, то есть для муки пшеничной хлебопекарной первого сорта показатель клейковины составил 30,0% и 50 условных единиц прибора ИДК, а с добавлением 25% крупы – 24,20% и 55 условных единиц прибора ИДК. Водопоглотительная способность смеси с добавлением крупы также уменьшалась, с 54 мл у контрольного образца без крупы до 42 мл у образца с 25% крупы. Данные приведены в таблице 1.

Для изучения влияния подготовки пшеничной крупы на свойства теста, показатели технологического процесса и качество хлеба, крупу замачивали в воде с температурой 22°С, в воде с температурой 32°С и заваривали водой с температурой 96°С и выдерживали в течение 120 минут. При этом, определяли степень набухания и влажность крупы через каждые 20 минут. В ходе исследования было установлено, что наиболее целесообразными являются два вида подготовки: замачивание в воде с температурой 22°С в течение 100 минут и заваривание водой с температурой 96°С в течение 40 минут.

Таблица 1 – Влияние добавления крупы пшеничной на белково-протеиназный и углеводно-амилазный комплекс пшеничной муки

Показатель	Количество крупы, %					
	0	5	10	15	20	25
ВПС, %	56	52	50	48	46	42
Количество клейковины, %	30,0	28,80	26,60	25,08	24,64	24,20
Качество клейковины, усл. ед. ИДК	50	50	55	55	55	55
Сахарообразующая способность, мг мальтозы на 10г муки	198	216	234	252	270	288

Анализ полуфабрикатов в процессе брожения показал, что образцы с добавлением крупы в количестве 10%, 20%, 30%, 40% по качеству не уступают образцу без крупы. Отмечалось снижение скорости нарастания кислотности теста у образцов с 30% и 40% пшеничной крупы, поэтому продолжительность брожения была увеличена до 150 минут. Таким образом, чем больше крупы в тесте, тем больше частиц труднодоступных для молочнокислых бактерий, поэтому в тесте меньше накапливалось кислотосодержащих веществ, медленнее нарастала кислотность теста в процессе брожения.

Анализ качества хлеба с добавлением замоченной и заваренной пшеничной крупы показал, что хлеб обладал хорошими органолептическими показателями: приятным вкусом и ароматом, эластичным мякишем, поверхность изделия имела привлекательный вид, придаваемый крупинками. Отмечалось некоторое снижение пористости образцов с добавлением крупы относительно контрольного образца, однако, все образцы имели высокий удельный объем. Результаты анализа хлеба с добавлением 30% заваренной крупы Полтавской №2 представлены в таблице 2.

Производство хлеба с добавлением крупы Полтавской № 2 позволит обеспечить население изделиями повышенной пищевой ценности. Наличие дополнительного количества пищевых волокон позволяет говорить о полезности хлеба.

Химический состав и пищевая ценность хлеба с добавлением 30 % крупы Полтавской представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Показатели качества хлеба с добавлением 30% заваренной крупы Полтавской № 2

Показатели качества	Контрольный образец	Хлеб с крупой
<b>Физико-химические показатели</b>		
Масса, г	229	227
Формоустойчивость	0,55	0,58
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,36	2,42
Пористость, %	70	66
Кислотность, град	2,0	1,6
Влажность, %	43,0	42,5

Таблица 3 – Химический состав и пищевая ценность хлебобулочных изделий

Содержание веществ в 100 г хлеба		Хлеб пшеничный из муки первого сорта	Хлеб пшеничный с добавлением Полтавской крупы
Белки, г		7,6	7,98
Жиры, г		0,9	0,98
Углеводы, г	Моно- и дисахариды	1,1	0,46
	Крахмал	45,6	46,77
	Пищевые волокна	0,2	0,29
Зола, г		1,8	1,65
Минеральные вещества, мг/100 г	Na	506	421,26
	K	129	147,77
	Ca	23	26,95
	Mg	33	36,38
	Fe	1,9	2,02
	P	84	120,35
Витамины, мг/ 100 г	B1	0,16	0,19
	B2	0,05	0,072
	PP	1,54	1,6
Энергетическая ценность, ккал		231	236

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ РАЗМОЛА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Флек С.А. – студент, Кладов Е.А. – старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На мукомольных предприятиях гранулометрический состав определяется визуально. Такая оценка крупности не дает достаточной информации о ее составе.

В то же время гранулометрический состав продуктов размола остается наименее изученным показателем качества, что в значительной степени обусловлено трудностями применения прямых методов измерения размеров частиц, а так же отсутствием критериев оценки.

Так, для определения гранулометрического состава продуктов размола зерна был разработан новый метод на основе использования программно-аппаратного комплекса «Анализ зернопродуктов Гран», созданный сотрудниками кафедры ТХПЗ АлтГТУ.

В основу разрабатываемой методики измерения гранулометрического состава положена программа обработки цифрового изображения на персональном компьютере, полученного путем сканирования изучаемого образца.

При сканировании образца необходимо получить цифровое изображение частиц, которое будет максимально точно отражать реальные геометрические размеры. Для решения этой задачи были определены и изучены характеристики работы сканера. Наиболее подробно рассмотрим влияние оптического разрешения на результаты исследований.

Разрешение сканера может быть оптическое, механическое и интерполированное:

- оптическое разрешение сканера - это реальное количество точек, которое в состоянии различить светочувствительная матрица сканера. Оно измеряется в DPI (dots per inch - точек на дюйм) и является одним из основных параметров сканера;

- механическое разрешение - определяется количеством выполненного процесса считывания информации матрицей, поделенное на длину каретки, пройденной за это время;

- интерполированное разрешение выбирается пользователем и может в несколько раз превышать реальное разрешение сканера.

Для изучения влияния оптического разрешения на результаты измерений воспользуемся рисунком 1.

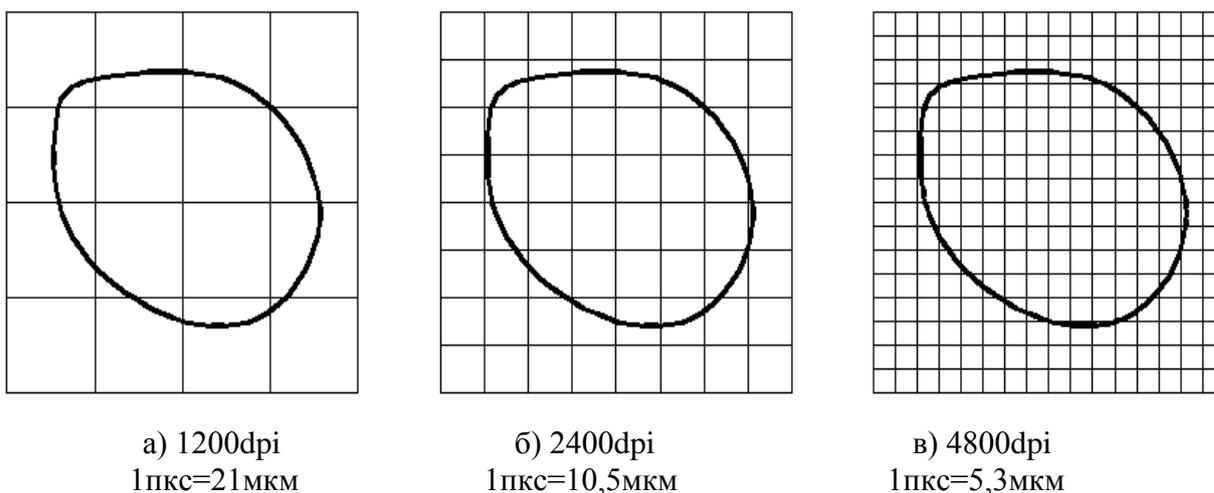


Рисунок 1 - Графическая интерпретация влияния разрешающей способности сканера на точность определения линейных размеров частицы размола

Механизм оптического разрешения сканера тесно связан с понятием уровень распознавания. При сканировании частицы размола с разрешением 1200 dpi (рисунок 1а) максимально возможный размер частицы 4 пикселя ( $4 \times 21 = 84$  мкм), а минимально возможный

1 пиксель (21мкм). При чем часть пикселей, а именно 3 пикселя в соответствии с рисунком 1а, полностью закрыты частицей размола. То есть свет, отраженный от данной части частицы воспримется всей площадью ячейки CCD-матрицы и, соответственно уровень распознавания данных пикселей будет высоким. При анализе изображения частицы размола в зависимости от величины пограничного уровня распознавания пиксель либо полностью включается в состав частицы, либо полностью исключается и представляется как фон. На рисунке 1а некоторые пиксели закрываются частицей размола незначительно, то можно предположить, что интенсивность отраженного света от данного пикселя будет низкая, и он будет распознан при обработке изображения как фон. Таким образом, размер частицы может быть 21, 42, 63 или 84 мкм.

Анализ изображения частицы размола полученного с разрешением 2400 dpi (рисунок 1б), показывает, что из 64 пикселей 16 пикселей полностью закрыты частицей, 28 пикселей однозначно составляют фон и 20 пикселей частично закрыты частицей. Размер частицы может быть: 10,5; 21; 31,5; 42; 52,5; 63; 73,5; 84мкм.

Анализ изображения частицы размола, полученного с разрешением 4800 dpi (рисунок 1в), показывает, что из 256 пикселей 80 пикселей полностью закрыты частицей, 35 пикселей частично закрыты частицей и 141 пиксель составляет фон. Размер частицы измеренной с разрешением 4800 dpi может быть определен более точно.

Для подтверждения теоретических выводов было проведено сканирование одного и того же образца на сканере HP с разрешением 1200, 2400 и 4800 dpi.

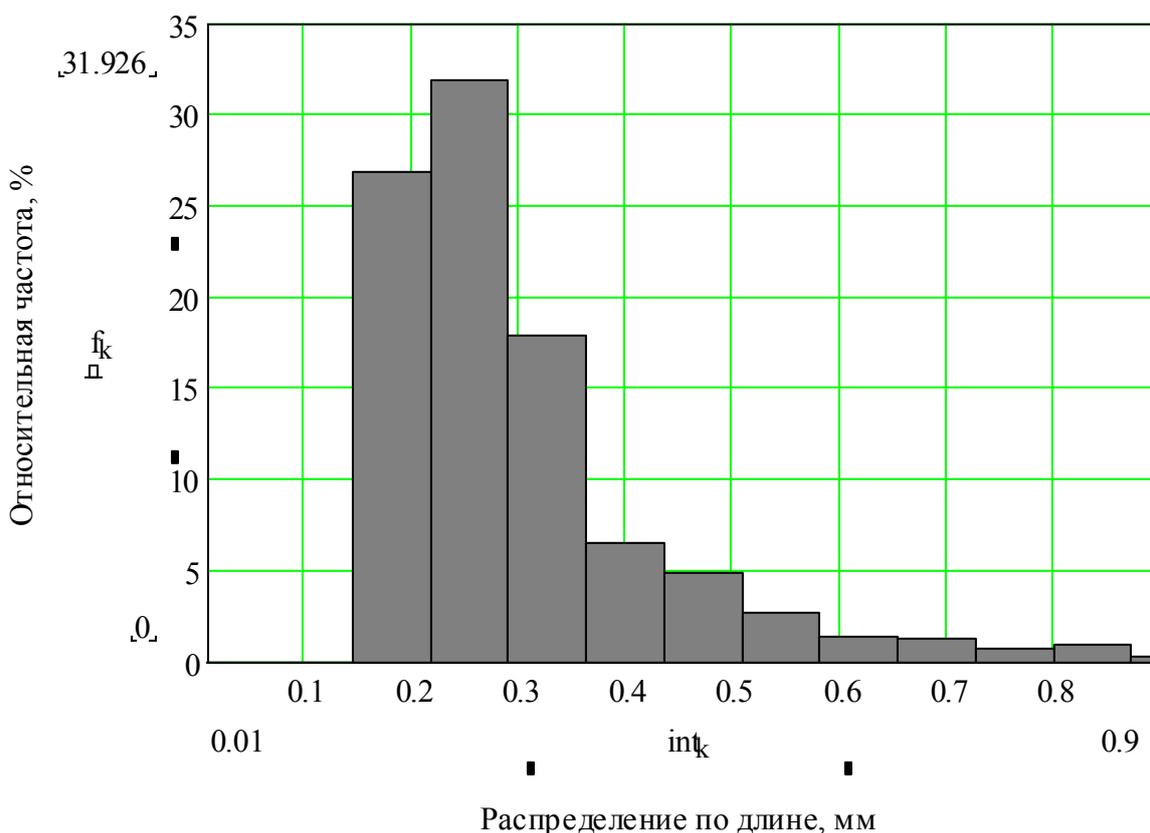


Рисунок 2 – Гистограмма распределения частиц продуктов размола по длине полученная при обработке изображения с разрешением 1200dpi

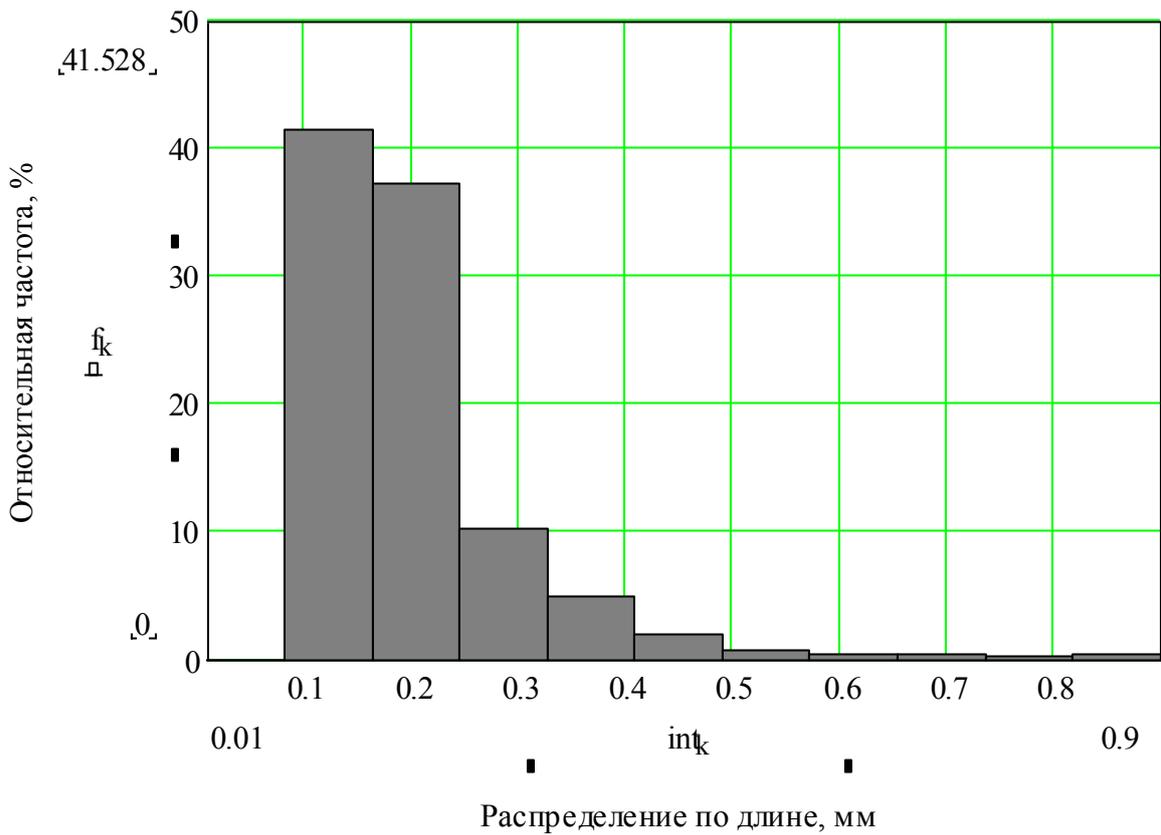


Рисунок 3 - Гистограмма распределения частиц продуктов размола по длине полученная при обработке изображения с разрешением 2400dpi

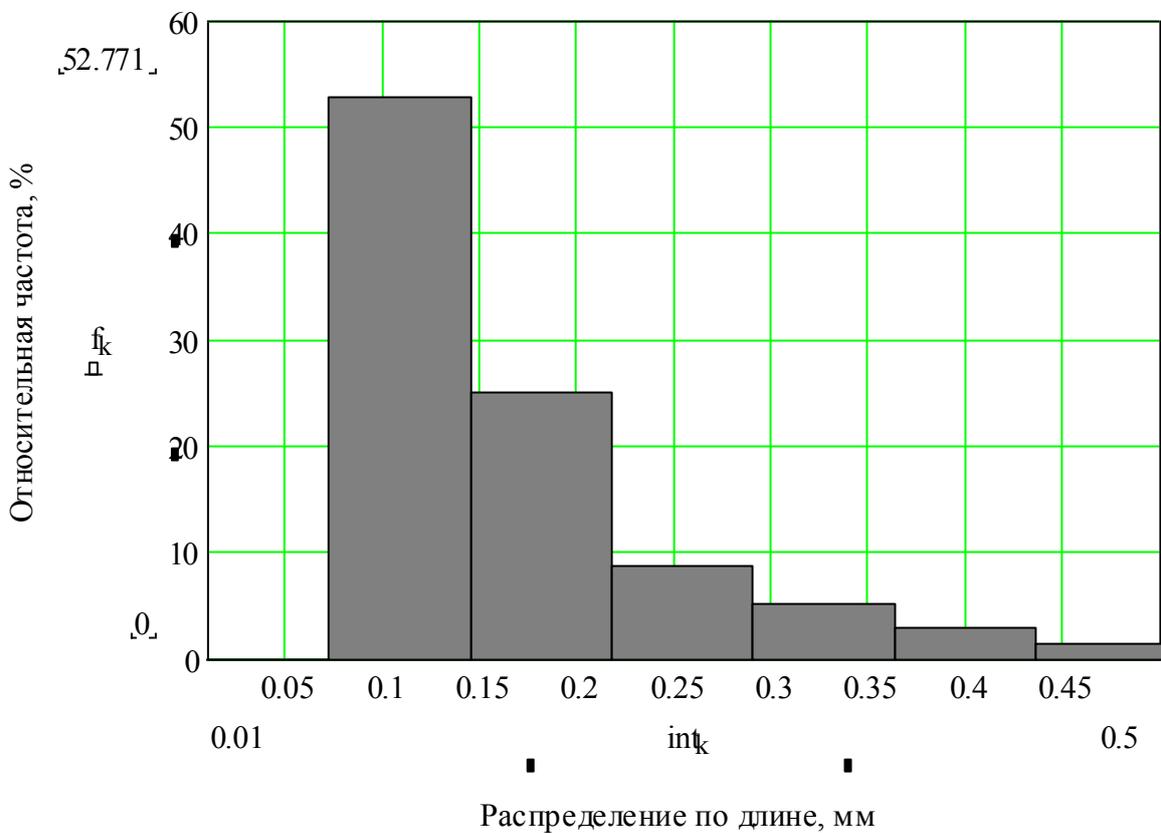


Рисунок 4 - Гистограмма распределения частиц размола по длине при обработке изображения с разрешением 4800dpi

нализ экспериментальных данных показал, что с увеличением разрешающей способности увеличивается количество распознанных частиц. Это объясняется появлением новых классов частиц по размеру, которые при разрешении 1200 dpi в виду большого размера пикселя (21мкм) не были распознаны. При разрешении 2400 dpi появляется класс частиц размером от 21 до 42 мкм, а при разрешении 4800 dpi – класс частиц размером от 10,5 до 21 мкм. То есть с увеличением разрешающей способности точность определения линейных размеров частиц продуктов размола увеличивается, что видно из характера распределения частиц по классам крупности.