

**РОЛЬ ПРИКЛАДНОЙ  
БИОТЕХНОЛОГИИ И  
ИНЖЕНЕРИИ В  
РАЗВИТИИ  
ИННОВАЦИОННОГО  
ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА**

## Содержание

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС Антимонов С.В., Ганин Е.В., Кишкилев С.В. ....	855
ПРИМЕНЕНИЕ ЯДРА ПОДСОЛНЕЧНИКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ Владимиров Н.П., Вострикова Р.М. ....	858
ОРГАНИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В СФЕРЕ ПРИКЛАДНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ В ФОРМЕ КОНСОРЦИУМА «ВУЗ – НАУЧНЫЙ ЦЕНТР – ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ» Лубянов А.А., Яхин О.И., Кадыров Ф.Ф. ....	862
РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ СУШКА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ПЕРЕМЕННОМ ПОТОКЕ КАК СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ МАССООБМЕННОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПОРОШКОВ Михалева Т.В., Зинюхин Г.Б., Зинюхина А.Г. ....	865
ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЙ ПРОГРЕВ КАК ОДИН ИЗ ИННОВАЦИОННЫХ СПОСОБОВ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА Попов В.П., Сидоренко Г.А., Зинюхин Г.Б., Ялалетдинова Д.И., Зинюхина А.Г. ....	871
К РАСЧЕТУ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ ПОЛОСТИ БРИКЕТА ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК Прилепина И.И., Полищук В.Ю., Ханин В.П. ....	877
РОЛЬ ПРИКЛАДНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ НОВЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ Студянникова М.А. ....	882
СОДЕРЖАНИЕ ФЕРМЕНТА ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗА В ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТАХ РАЗМОЛА ЗЕРНА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ Тарасенко С.С. ....	887

## **ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС**

**Антимонов С.В., Ганин Е.В., Кишкилев С.В.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Для связи теоретических знаний, полученных в ходе обучения, и практических навыков работы были проведены исследования технических возможностей измельчающего оборудования применяемого на малых предприятиях и фермерских хозяйствах.

С этой целью на кафедре МАХПП проведены сравнительные испытания нескольких типов измельчающих машин малой производительности, которые выпускаются предприятиями России.

Основная задача состояла в выявлении наиболее эффективного устройства для измельчения зерна, побочных продуктов и вторичных материальных ресурсов (ВМР) как точки зрения энергозатрат, так и качества измельчаемого продукта.

Причем необходимо отметить, что одной из основных характеристик исходного сырья было значительно содержание в их биохимическом составе клетчатки и лигнина.

Основными критериями оценки эффективности измельчителей стали их универсальность и возможность адаптации к различным технологическим схемам, в том числе технологиям, работающим с нетрадиционным сырьем (например, лузге подсолнечника, гречихи и риса).

В качестве основных измельчителей были использованы следующие виды измельчителей: молотковая дробилка (производитель ОАО «Долина»); роторная дробилка «Фермер» (ООО «Уралспецмаш»); конусная на базе мельницы МТМ «Зенит»; минимельница.

Результаты исследований показали, что наиболее эффективно с точки зрения энергозатрат, проводить измельчение зерна и ВМР на роторной дробилке (конструкция ООО «Уралспецмаш»), так при практически одинаковой производительности роторная дробилка менее энергоемка, причем эта закономерность характерна для всех видов измельчаемого зерна.

Так как измельчение является одной из операций при производстве кормов и добавок, то необходимо ее оптимизировать с точки зрения различных технологических показателей всего технологического процесса.

Совершенствование процесса измельчения возможно путем дополнительной подготовки к измельчению, то есть за счет значительного снижения энергозатрат на получение продукции и повысить ее качество, также товарный вид.

Дополнительные операции (приемы) могут состоять из одно- и двух стадийного измельчения, охлаждения или нагрева отдельных компонентов смеси или смеси целиком перед проведением основных операций технологического цикла [2,3].

Один из таких дополнительных технологических приемов – это предварительное охлаждение зерна или ВМР перед операцией измельчения.

Для установления температурных пределов охлаждения исходного сырья и влияния температуры на ее технологические качества был проведен анализ литературы, посвященный этому вопросу [1].

В результате было выяснено, что проводились исследования по влиянию низких и высоких температур на механические свойства зерна пшеницы, предназначенной для переработки в муку [1].

Исследовали, как влияет температура, а также совместно температура и влажность на механические характеристики пшеницы Цезиум 31 из Алтайского края. Мучнистую и стекловидную фракции зерна подвергали воздействию отрицательных и положительных температур, а затем измельчению.

Было установлено, что влияние температуры на изменение механических свойств зерна сказывается наиболее интенсивно при переходе от отрицательных к положительным температурам (от -10 до +10 0С), и при дальнейшем повышении температуры это влияние проявляется менее заметно. Низкие температуры действуют не только на оболочки, но и на весь объем зерна [1].

Если температура зерна отрицательна (-10 0С и ниже), то свободная и связанная влага, всегда находящаяся в порах, капиллярах и межклеточных пространствах зерна, превращаясь в лед и расширяясь, расшатывает структуру зерна и ослабляет связи между его составными частями [1].

В результате этого сопротивляемость зерна измельчению снижается. Кроме того, снижение температуры приводит к уменьшению кинетической энергии поступательного движения молекул вещества, снижает их скорость и длину свободного пробега - зерно становится менее вязким и пластичным, увеличивается его хрупкость.

Сумма этих двух однозначно действующих факторов (расшатывание структуры и повышение хрупкости зерна) обуславливает резкое уменьшение сопротивляемости зерна измельчению [1].

Исследования показали, что сопротивляемость зерна измельчению с понижением температур уменьшается.

Таким образом, можно сделать вывод, что охлаждение исходного сырья перед измельчением позволит проводить технологический процесс более эффективно, значительно снизив энергозатраты на получение продукции и повысив ее качество, а также и товарный вид [4-8].

Полученные результаты исследований были использованы при написании методических указаний «Изучение влияния технологических параметров сырья на работу измельчителей пищевых предприятий малых производств» (метод. указания к выполнению лаб. работы - Оренбург: ОГУ, 2007. - 22 с.), необходимых для проведения лабораторных работ по курсу процессы и аппараты пищевых производств и технологическое оборудование различных специальностей ФПБИ.

В методических указаниях рассмотрена конструкция роторного измельчителя конструкции (ООО «Уралспецмаш»), его основные технические характеристики, конструктивные особенности.

Методические указания иллюстрированы фотографиями и табличным материалом, что позволяет достаточно легко получить навыки работы с измельчителями подобного типа.

Кроме того, приведена методика работы с ним изложена достаточно просто и лаконично, что делает ее достаточно доступной для понимания студентами.

Количество расчетных формул в разработанных методических указаниях сведено к необходимому минимуму и они все имеют практическое значение, которое может понадобиться специалисту или бакалавру в ходе его производственной деятельности.

Выполнив данную лабораторную работу студенту, приобретает навыки: подготовки сырья к измельчению, работы на измельчителях и обслуживания устройств подобного типа.

Так как существует в настоящее время очень потребность в методических указаниях, написанных с большим объемом графического и табличного материала и минимальным количеством текстовой информации, так как современные студенты в основном воспринимают информацию в визуальном виде и виде информационных технологий.

#### *Список использованной литературы:*

- 1. Наумов И.А. Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи. – М.: Издательство Колос, 1975г. – 175 с.*
- 2. Кожарова, Л. С. Основы комбикормового производства Текст. /Л. С. Кожарова. - М.: ВО Агропромиздат, 1987. 137 с.*
- 3. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение): справочник /В. А. Крохина, А. П. Калашиников, В. И. Фисинин и др. - М.: Агропромиздат, 1990. 304 с.*
- 4. Козлов, С. Ввод в комбикорма жидких компонентов Текст. / С. Козлов, А. Чичаев. // Комбикорма. 2003. № 5. - С. 27-28.*
- 5. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение): справочник / В. А. Крохина, А. П. Калашиников, В. И. Фисинин и др. - М.: Агропромиздат, 1990. 304 с.*
- 6. Коршиков, Ю. А. Разработка и исследование барабанного смесителя непрерывного действия для переработки пищевых сыпучих материалов Текст. /Ю. А. Коршиков. Дисс. . канд. техн. наук. Кемерово: 1996.*
- 7. Кошелева, Г. Проблема санитарной чистоты кормов и пути ее решения Текст. / Г. Кошелева // Комбикорма.- 2002. № 6. - С. 57 - 59.*
- 8. Краснощеков, Н. В. Техника для АПК: состояние и выход на рубежи XXI века Текст. / Н. В. Краснощеков // Вестник Российской академии сельхознаук. 1998. - № 4 - С. 8 - 9.*

# **ПРИМЕНЕНИЕ ЯДРА ПОДСОЛНЕЧНИКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

**Владимиров Н.П., Вострикова Р.М.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

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

Использование при производстве мучных кондитерских изделий различных добавок позволяет расширить ассортимент продукции и значительно улучшить ее качество.

Перспективной добавкой, повышающей пищевую и биологическую ценность мучных кондитерских изделий, является традиционная для России культура – подсолнечник.

Семена подсолнечника содержат от 29 до 59% жиров, от 24 до 48% ценных растительных белков, до 12,8% углеводов, до 2,47% клетчатки, лецитин. Богаты различными микроэлементами, содержат в 100 г: калия 647 мг, кальция 57 мг, фосфора 860 мг, магния 420 мг, железа 7,1 мг, цинка 5,1 мг, селена 0,07 мг, йода 0,7 мг, натрия 0,4 мг. В их составе фтор, кремний, хром, марганец, кобальт, медь, молибден. Семена содержат витамины В1 (1,5-2,2 мг/100 г), В2 (0,25 мг/100 г), В3 (5,4-5,6 мг/100 г), В5 (1,4-2,2 мг/100 г), биотин (0,67 мг/100 г), В6 (0,8-1,1 мг/100 г), фолиевую кислоту (1 мг/100 г). Являются одним из самых богатых источников витамина Е (21,8 мг/100 г), содержат витамины D и F, а по некоторым данным и витамин В12. Семена содержат большое количество жирного масла (в состав которого входят глицериды олеиновой, линолевой, пальмитиновой, стеариновой, арахидоновой, лигноцериновой кислот), каротиноиды, дубильные вещества, лимонная, винная, хлорогеновая кислоты, фитин.

В таблице 1 приведен химический состав муки пшеничной 1 сорта и ядра подсолнечника.

Таблица 1 – Химический состав ядра подсолнечника и муки пшеничной 1 сорта

Пищевые вещества	Исходное сырье	
	Ядро подсолнечника	Мука пшеничная 1 сорта
Белки, %	20,7	10,6
Жиры, %	52,9	1,3
Углеводы, %	3,4	67,6
Пищевые волокна, %	7,45	5,8
Незаменимые аминокислоты, мг %:		
Валин	1471	510
Изолейцин	1131	530
Лейцин	2011	813
Лизин	855	265
Метионин	546	160
Треонин	885	318
Триптофан	337	120
Фенилаланин	1257	580
Витамины, мг %:		
Тиамин	1,84	0,25
Рибофлавин	0,18	0,08
Никотиновая кислота	10,12	2,2
Минеральные вещества, мг %:		
Натрий	160	4
Калий	647	176
Кальций	367	24
Магний	317	44
Фосфор	530	115

На кафедре ТПП ОГУ проведены исследования по разработке технологии новых видов мучных кондитерских изделий с использованием ядра подсолнечника.

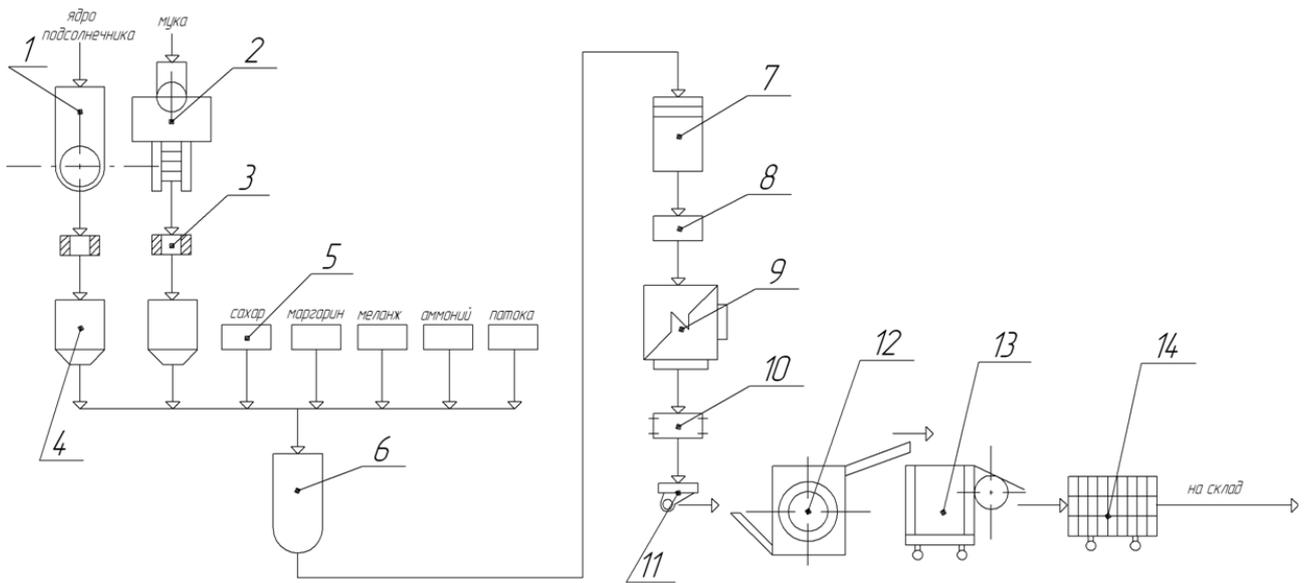
За основу нами была выбрана рецептура № 95 печенья «Нарезное» (Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания, 2003). Для улучшения вкусовых качеств и повышения пищевой и биологической ценности в рецептуру был введен яичный меланж. В качестве обогатительной добавки было использовано измельченное ядро подсолнечника в соотношении 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30% от массы муки.

Полученные образцы печенья были исследованы по основным органолептическим показателям методом ранжирования. В результате построены графики зависимости органолептических показателей печенья от дозировки ядра подсолнечника и установлен оптимальный ввод измельченного ядра подсолнечника в рецептуру изделия.

На втором этапе работы для улучшения органолептических показателей было использовано обжаренное измельченное ядро подсолнечника в том же соотношении. Обжаривание ядер подсолнечника проводили на металлических листах в пекарном шкафу при температуре 120° - 130 °С в течении 12 – 15 минут.

Были определены оптимальные параметры технологического процесса, установлены пределы ввода ядра подсолнечника в рецептуру изделий, разработана универсальная технологическая схема производства печенья с добавлением ядра подсолнечника (рис. 1).

Проведены исследования химического состава новых видов мучных кондитерских изделий. В результате установлено, что введение ядра подсолнечника в состав ингредиентов для мучных кондитерских изделий позволяет значительно улучшить органолептические показатели за счет создания гармоничного вкуса, приятного аромата и цвета. Нами получены продукты повышенной пищевой и биологической ценности, содержащие заменимые и незаменимые аминокислоты, моно- и полисахариды; витамины; макро- и микроэлементы; моно- и полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна и т.д. Потребление таких продуктов населением целесообразно при несбалансированном питании, при проживании в экологически неблагоприятных зонах. Новые виды продуктов питания обогащают рацион, улучшают обменные процессы, положительно влияют на микроциркуляцию всех органов и систем, что способствует поддержанию оптимального состояния организма.



**Рисунок 1 - Универсальная технологическая схема производства печенья с добавлением ядра подсолнечника**

1 - планетарный миксер 5К ВОВ; 2- машина для просеивания муки МПМ-800 М;  
 3 - магнитное заграждение; 4 - накопительный бункер; 5 - дозатор; 6 - малогабаритная тестомесильная машина SM-25; 7 - машина для раскатки теста МРМ-60М; 8 - стол производственный; 9 - шкаф пекарский электрический ШПЭ-2,04; 10 - стеллаж кондитерский передвижной; 11 - охладитель; 12 - фасовочный аппарат; 13 - упаковочный аппарат; 14 - тележка.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В СФЕРЕ ПРИКЛАДНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ В ФОРМЕ КОНСОРЦИУМА «ВУЗ – НАУЧНЫЙ ЦЕНТР – ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ»**

**Лубянов А.А., Яхин О.И., Кадыров Ф.Ф.**

**Уфимский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования “Оренбургский государственный университет”, г. Уфа  
Учреждение Российской Академии наук Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, г. Уфа  
Научно-производственное предприятие «Эко Природа», с. Улькунды**

В настоящее время экономический рост любого региона России предполагает активное внедрение инновационных разработок в различных производственных сферах. В последние годы одной из перспективных областей для инноваций является биотехнология. Ключевым фактором успешной реализации инновационной деятельности является создание эффективной команды и оптимальный подбор организаций-участников. Успешное развитие инновационных процессов может быть достигнуто за счет интеграции учреждений образования, науки и производственных предприятий. Нами апробируется модель такого взаимодействия, включающая работу в рамках консорциума «вуз – научный центр – производственное предприятие». В настоящем сообщении приводятся результаты первого этапа исследований в русле данного подхода.

Направления исследований соответствовали профилям инновационной деятельности участников консорциума и включали, соответственно, комплексные работы по изучению новых функциональных продуктов для пищевой промышленности, а также по разработке способов получения высококачественного продовольственного сырья, незагрязненного экотоксикантами.

Получение хлебопекарных изделий высокого качества предполагает использование муки из высококачественного зерна. На формирование зерна влияют различные факторы: обеспеченность почвы элементами питания, климатические условия и др. Негативное влияние на качество зерна обусловлено действием абиотических и биотических стрессов. При этом может происходить ингибирование роста растений, снижение продуктивности и качества урожая. Регуляция роста и устойчивости зерновых культур на начальных этапах онтогенеза является важным фактором оптимизации формирования в дальнейшем их продуктивности и качества зерна. Одним из важнейших способов как регуляции роста зерновых культур, так и их устойчивости к стрессам является применение регуляторов роста и антистрессовых биорегуляторов. Одной из задач нашей работы явилось исследование их биологической активности в разных модельных системах, включающих растения пшеницы как на ранних стадиях их роста и развития, так и по вегетации. Показано, что исследованные биорегуляторы повышали

всхожесть семян пшеницы, активировали ростовые процессы растений, увеличивая линейные размеры и сырую (сухую) массу корней и побегов. В полевых условиях биорегуляторы обеспечивали существенное увеличение урожайности и показателей качества зерна.

Безопасность продовольственного сырья является важным фактором обеспечения населения качественными продуктами питания. В связи с этим для выпечки хлебопекарных изделий необходимо обеспечение предприятий мукой, получаемой из зерна, незагрязненного экотоксикантами. Одними из наиболее опасных и широко распространенных загрязнителей продовольственного зерна являются тяжелые металлы (ТМ). Известно их негативное влияние на рост и продуктивность сельскохозяйственных культур, но главная опасность заключается в аккумуляции ТМ в растениях и, соответственно, в сырье, используемом при производстве продуктов питания. Тяжелые металлы являются распространенными контаминантами продовольственного сырья. Загрязнение тяжелыми металлами зерна, используемого для производства муки, может приводить к их поступлению в организм человека. Аккумуляция ТМ в организме человека нарушает функции лёгких, почек, нервной и генеративной систем, вызывает повреждение костной ткани; велик риск их канцерогенного действия (1). Поэтому актуальным является получение зерна, незагрязненного тяжелыми металлами. Известно, что для снижения аккумуляции ТМ в культурных растениях используют различные методы и приемы, в частности, известкование почв, внесение различных хелатирующих соединений и др. В связи с постоянным поступлением в биосферу ТМ в результате естественных природных процессов и антропогенной деятельности актуален поиск средств, уменьшающих как негативное действие ТМ на рост культурных растений, так и их накопление в растениеводческой продукции, в частности, в продовольственном зерне. В связи с этим следующей задачей нашей работы явилась разработка технологии уменьшения аккумуляции тяжелых металлов в хозяйственно-полезной части разных видов культурных растений. В результате этих работ были разработаны подходы, позволяющие уменьшить накопление ТМ в вегетативной массе и зерне зерновых культур.

Третье направление исследований в рамках работы консорциума - исследование эффективности биологически активных добавок и улучшителей. Использование в питании биологически активных добавок, обладающих рядом защитных свойств, в том числе антиоксидантных, антимуtagenных, радиопротекторных в неблагоприятных экологических условиях оказывает благотворное действие на здоровье человека и его устойчивость к стрессам, что может способствовать увеличению качества и продолжительности жизни. Целенаправленное использование различных групп пищевых добавок и хлебопекарных улучшителей позволяет регулировать ход технологического процесса, формировать определенные свойства теста и улучшать качество хлебобулочных изделий. Механизмы действия улучшителей основаны на модификации структурных компонентов муки и/или регуляции активности ферментов и микроорганизмов теста (2). Перспективными в хлебопечении являются комплексные улучшители, обладающие ферментативной и

антиоксидантной активностью и содержащие минеральные компоненты, витамины, органические кислоты, ингибиторы развития вызывающих порчу хлеба микроорганизмов и т.д. (2). Их применение позволяет корректировать свойства муки, интенсифицировать процессы созревания теста, снижать расход отдельных рецептурных компонентов при выпечке, продлевать свежесть хлеба. В результате использования комплексных улучшителей повышается экономическая эффективность производства хлебобулочных изделий.

В проведенных нами исследованиях с использованием разных сортов муки при применении новых улучшителей выявлено улучшение формоустойчивости подового хлеба, возрастание объемного выхода хлеба, улучшение органолептических показателей, а также оптимизация ряда показателей, таких как кислотность, крошковатость, пористость.

Таким образом, в результате проведенных исследований выполнен первый этап работы консорциума «университет – научный центр – производственное предприятие» по реализации комплексного подхода при организации инновационного процесса в области агробιοтехнологии и пищевой промышленности.

Исследования поддержаны Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «Старт».

#### *Список литературы*

- 1. Jarup L. Hazards of heavy metal contamination // British Medical Bulletin. 2003. V. 68. P. 167–182.*
- 2. Косован А.П., Дремучева Г.Ф. // Пищевая промышленность. 2003. № 12. С. 44-45.*

# **РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ СУШКА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ПЕРЕМЕННОМ ПОТОКЕ КАК СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ МАССООБМЕННОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПОРОШКОВ**

**Михалева Т.В., Зинюхин Г.Б., Зинюхина А.Г.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Процессы сушки широко используются во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства. Почти в каждом производстве сушка является одной из важнейших стадий технологического процесса, от правильной организации которого зависит не только сохранность материалов, но и улучшение качества получаемой продукции.

Основные положения кинетики процесса сушки были впервые сформулированы русскими учеными П.С. Коссовичем и А.В. Лыковым применительно к испарению влаги из почвы. В дальнейшем вопросами сушки занимались Ю.Л. Кавказов - экспериментально доказал, что в процессе сорбции при нормальном барометрическом давлении влагой заполняются только микрокапилляры, Г.К. Филоненко рассматривал вопросы кинетики сушки в потоке воздуха, пронизывающем материал, И.М. Федоров – процессы нагревания и сушки материалов в среде перегретого пара и др.

Развитие теории распылительной сушки в большой степени связано с исследованиями: Г.Н. Абрамовича – разработал теорию турбулентных струй, М.С. Белопольского – занимался вопросами распылительной сушки керамических изделий, Ю.В. Космодемьянского, М.В. Лыкова, В.Д. Харитонова, А.П. Фокина – работы посвящены исследованию технологических процессов пищевых производств, в частности процессов сушки молока и молочных продуктов, Р.М. Малышева, В.Г. Никитина, Ю.И. Дытнерского, А.Н. Плановского рассматривали теории распылительной сушки в химической промышленности, основные отличия и аппаратное оформление, а так же Пажи Д.Г. – механизм распыления и процессы происходящие с каплей в момент отрыва, У.Гаувина, Ф. Глукера, У.Маршалла, Э.Шлюдера – за рубежом.

Анализ научно-технической литературы по вопросу распылительной сушки высоковлажных продуктов с сохранением их биологической ценности показывает, что выбор режимов сушки материалов различной природы основывается на изучении физико-химических и биофизических свойствах объектов сушки, а так же на понимании механизма воздействия температуры на качественные показатели системы.

Основное внимание при интенсификации конвективной сушки уделяется совершенствованию способа перемещения и перемешивания продукта с сушильным агентом, выбору оптимальных значений температуры газа и его скорости, размера частиц и удельной нагрузки на газораспределительную решетку. Интенсифицировать процесс распылительной сушки возможно путем изменения характера движения - скорости капли и траектории ее движения, т.е. создание в сушильной башне возвратно-поступательный – пульсирующий

поток воздушно-капельной сред. Соответственно изменится процесс массоотдачи и его скорость.

Математическая модель процессов массообмена базируется на совместном рассмотрении уравнений Фика и гидравлики капиллярной системы продуктов. Сушка рассматривается как суперпозиция трех процессов: конвективной диффузии, диффузии в стесненных условиях капилляров и десорбции влаги. /2/ Совместное влияние соответствующих движущих сил определяет развитие гидродинамических, тепловых и массообменных процессов.

Интенсивность массоотдачи сферической частицы радиусом  $r$  через прилегающую к ней парогазовую пленку толщиной  $\delta$  в окружающую среду с концентрацией пара около частицы  $C'_n$ , а на границе пленки  $C_n$ , причем  $C'_n > C_n$  описывается в соответствии с законом Фика. От всей поверхности шара через паровоздушную пленку в радиальных направлениях установится поток массы пара, определяющийся выражением:

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = -DF \frac{dC_n}{dr} = -D4\pi r^2 \frac{dC_n}{dr} \quad (1)$$

где  $W$  – масса пара, кг;

$\tau$  – время, с;

$D$  – коэффициент диффузии, м<sup>2</sup>/с;

$r$  – радиус частицы, м;

$F$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>.

$$\int_r^{r'} \frac{dr}{r^2} = -\frac{4\pi D}{W} \int_{C_n}^{C'_n} dC_n \quad (2)$$

$$-\frac{1}{r'} + \frac{1}{r} = \frac{4\pi D}{W} (C'_n - C_n) \quad (3)$$

откуда

$$W = \frac{4\pi D(C'_n - C_n)}{\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}} \quad (4)$$

Для шаровой поверхности, в соответствии с основным законом массоотдачи, это же количество влаги равно /3/:

$$W = \beta 4\pi r^2 (C'_n - C_n) \quad (5)$$

где  $\beta$  – коэффициент массоотдачи, м/с.

Приняв соотношения 4 и 5 получим:

$$\beta = \frac{D}{r\left(1 - \frac{r}{r'}\right)} \quad (6)$$

Из уравнения (6) видно, что чем меньше радиус с пограничным слоем или  $r' \rightarrow 0$ , тем больше  $\beta$ .

В тоже время

$$\beta = \frac{NuD}{4r^2} \quad (7)$$

где  $D$ - коэффициент диффузии пара в воздухе,  $m^2/c$ ;

$Nu$  – коэффициент Нусельта.

На основе исследований по массообмену между частицей и газом большинством авторов предложены зависимости коэффициента Нусельта от чисел  $Re$  и  $Pr$ :

$$Nu = 2 + f(Re, Pr_m) \quad (8)$$

При обработке данных различных авторов с помощью ЭВМ были получены следующие уравнения /3/:

- для участка неустановившегося движения капель

$$Nu = 2 + Re^{0.6} Pr_m^{0.33} \quad (9)$$

- для участка установившегося движения капель

$$Nu = 2 + 0.51 Re^{0.52} Pr_m^{0.33} \quad (10)$$

Критерии Рейнольдса и Прандтля зависят от изменений радиуса, скорости обтекания частицы, вязкости и коэффициента диффузии:

$$Re = f(u, r, \gamma) \quad Pr_m = f(\gamma, D) \quad (11)$$

Возникновение колебательного потока, изменения скорости частицы и характера ее движения повлияют на коэффициент Рейнольдса. Физический смысл критерия Рейнольдса есть отношение сил инерции, действующих в потоке, к силам вязкости, и зависит от смены режимов течения потока жидкости или газа. Берглес А.Е. доказал, что этот коэффициент при активных гидродинамических режимах зависит не только от основного потока, но и от

характера обтекания частицы. Колебательный поток вызывает вторичный поток теплообмена - термоакустический эффект /4/. При добавлении распылительной сушилки прямоочного типа пульсатором в ее башне создается возвратно-поступательный поток, колебательный по своей сути. С учетом вышесказанного для определения критериев  $Re$  и  $Pr_m$  воспользуемся следующими формулами:

$$Re = \frac{2\pi d u \omega}{\gamma} \quad (12)$$

где  $d$  – диаметр капли, м;

$u$  – относительная скорость капли, м/с;

$\omega$  – круговая частота, зависящая от количества оборотов дроссель-клапана пульсатора,  $c^{-1}$ ;

$\gamma$  – кинематическая вязкость,  $m^2/c$ .

$$Pr_m = \frac{\gamma}{D} \quad (13)$$

$$\frac{dW}{d\tau} = D\pi \left( 2 + 0.51 \left( \frac{2\pi d u \omega}{\gamma} \right)^{0.52} \left( \frac{\gamma}{D} \right)^{0.33} \right) \frac{dC_n}{dr} \quad (14)$$

Рассмотрим поэтапно данное уравнение. Одним из определяющих параметров является коэффициент диффузии. Этот коэффициент представляет собой перемещение пара из зоны с большей концентрацией в зону меньшей. Рассматривая задачу диффузии в капле в процессе сушки, в которой происходит движение влаги к поверхности тела, определяющееся градиентом концентраций по оси  $x$  и значением коэффициента диффузии ( $D$ ).

Коэффициент диффузии находится в прямопропорциональной зависимости от температуры тела и коэффициента диффузии, в данном случае пара, при нормальных условиях. При протекании процесса сушки с использованием переменного потока агента температура поверхности частицы остается постоянной.

Коэффициент диффузии определяется по формуле:

$$D = KD_0 \left( \frac{T}{273} \right)^{1.75} \quad (15)$$

где  $D_0$  – коэффициент диффузии при нормальных условиях и составляет  $2,2 \cdot 10^{-5}$

$T$  – температура, равная средней арифметической между температурой поверхности жидкости и температурой сушильного агента, К;

$K$  – коэффициент;

$$K = 1 + K' \quad (16)$$

$$K' = \frac{3}{4} u_z \sin \omega \tau \quad (17)$$

В этом уравнении коэффициент  $K$  характеризует влияние дополнительного поперечного возвратно-поступательного потока сушильного агента на характер обезвоживания частицы. Колебание – интенсивное «встряхивание» - перемещает влагу из центра капли к периферии не только под действием градиента влагосодержания, но и механического воздействия. Этот коэффициент показывает интенсивность «встряхивания» частицы.

Движущая сила процесса массопереноса выражена через объемные концентрации пара на поверхности тела и в окружающей среде. Согласно уравнению идеальных газов, концентрация пара пропорциональна его парциальному давлению. Поэтому разность концентраций можно представить в виде:

$$C' - C = \frac{P_p - P}{R_{\pi} T} \quad (18)$$

Где  $p_p$  – парциальное давление пара, равновесное содержанию влаги на поверхности частиц.

$p$  – парциальное давление пара в окружающей среде.

Удаляемая влага создает паровоздушную пленку, называемую пограничным слоем. В связи с использованием переменного потока на частицу оказывается, помимо теплового воздействия, интенсивное механическое встряхивание – результат колебаний потока паровоздушной смеси, в результате происходит «отрыв» пограничного слоя, затрудняющего процесс массопереноса.

В соответствии с этим пар с поверхности частицы удаляется непосредственно в ядро потока.

Запишем:

$$C' - C = \frac{1}{R_{\pi} T} \frac{P_{н.м.} \varphi_m - P_{н.п.} \varphi_{в}}{100} \quad (19)$$

где  $R_{\pi}$  – газовая постоянная,

$T$  – температура сушильного агента, К;

$p_{н.м.}$  – давление насыщенного пара на поверхности частицы,

$\varphi_m$  - относительная влажность материала,

$\varphi_{в}$  - относительная влажность воздуха,

$p_{н.п.}$  – давление насыщенного пара в воздухе при указанной относительной влажности.

Выявление специфических особенностей тепло- и массообмена при сушке распылением представляет теоретический и практический интерес. Приведенная модель дает представление о процессах влагоотдачи при распылительной сушке в активном динамическом режиме высоковлажного сырья, в частности, единичной сферической частицы, это позволяет определять влажность частицы и время, за которое она ее достигла.

На кафедре пищевой биотехнологии ГОУ ОГУ разработана полная математическая модель, описывающая гидродинамики и кинетику сушки в активных режимах, а так же экспериментальный стенд для ее апробации. На сегодняшний день успешно проведены эксперименты, позволяющие на практике применять приведенную модель и, с ее помощью интенсифицировать процесс сушки.

#### *Список литературы*

1 **Гинзбург, А.С.** *Технология сушки пищевых продуктов [Текст] : учебное пособие для вузов / А. С. Гинзбург . – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 124 с.*

2 **Бурдо, О. Г.** *Наномасштабные эффекты в пищевых технологиях // Инженерно-физический журнал. Минск.– Т. 78.– № 2.– С. 88 – 93.*

3 **Плановский, А. Н.** *Сушка дисперсных материалов в химической промышленности / А. Н.Плановский, В. И. Муштаев, В. М. Ульянов. – М.: Химия, 1979. – 288 с.*

4 **Гебхарт, Б.** *Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2-х книгах, кн. 1. Пер. с англ. / Б. Гебхарт, Й. Джалурия, Р. Махаджан, Б. Саммакия – М.: Мир, 1991. – 678 с.*

## ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЙ ПРОГРЕВ КАК ОДИН ИЗ ИННОВАЦИОННЫХ СПОСОБОВ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА

Попов В.П., Сидоренко Г.А., Зинюхин Г.Б., Ялалетдинова Д.И.,  
Зинюхина А.Г.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Выпечка является заключительной стадией приготовления хлеба, окончательно формирующей его качество.

Ауэрман Л.Я. классифицирует способы выпечки с точки зрения подвода или генерации тепла, вызывающего прогрев теста-хлеба, следующим образом:

- Способы, при которых тепло к выпекаемому тесту-хлебу подводится извне: радиационно-конвективная (РК) выпечка; выпечка в печах с генераторами инфракрасного (ИК) излучения; выпечка в замкнутых камерах в атмосфере пара.

- Способы, при которых тепло выделяется в массе прогреваемой тестовой заготовки: выпечка с применением электроконтактного прогрева (ЭК-выпечка); выпечка в электрическом поле токов высокой и сверхвысокой частоты (ВЧ и СВЧ-выпечка).

- Способы выпечки с комбинированным прогревом выпекаемого теста-хлеба: выпечка с одновременным ВЧ и ИК прогревом тестовой заготовки; выпечка с последовательным прогревом - сначала ВЧ и затем ИК-способами; выпечка с одновременным ЭК и ИК прогревом; выпечка с последовательным нагревом – сначала ЭК и затем ИК способами.

Традиционным, наиболее часто применяемым способом энергоподвода является РК-выпечка. Остальные виды энергоподвода применяются редко и поэтому относятся к нетрадиционным способам выпечки.

При традиционной РК-выпечке применяют печи, в которых тепло выпекаемому тесту-хлебу передается, в основном, термоизлучением и конвекцией (при температуре теплоотдающих поверхностей 300-400 °С и среды пекарной камеры 200-250 °С).

Момент готовности хлеба определяется переходом тестовой заготовки в состояние хлеба, что сопровождается целым комплексом процессов – физических, микробиологических, коллоидно-химических и биохимических.

Основным, определяющим все остальные процессы и изменения, является прогрев тестовой заготовки. Прогрев тестовых заготовок при традиционной РК-выпечке начинается с поверхности и углубляется в процессе выпечки к центру изделия. При этом все процессы, характерные для выпечки происходят не одновременно во всей массе изделия, а послойно, по мере его прогрева. К концу выпечки температура в центре мякиша приближается к 100°С, причем слои, граничащие с поверхностью имеют более высокую температуру (около 160-180 °С).

Следует отметить некоторые особенности процессов и изменений, происходящих в корке и существенно влияющих на качество хлеба.

В корке содержится значительно больше водорастворимых веществ и декстринов, чем в мякише, что в значительной мере объясняется декстринизацией крахмала.

Под воздействием высоких температур в корке (как в наиболее горячем слое) протекает реакция меланоидинообразования, определяющая интенсивность окраски хлеба. Придавая хлебу привлекательный вид данная реакция неблагоприятно сказывается на его пищевой ценности.

Пономаревой А.Н. изучалось изменение содержания свободных аминокислот при выпечке хлеба. Было установлено, что содержание свободных аминокислот в мякише хлеба или снижалось незначительно, или даже несколько возрастало по сравнению с их содержанием в тесте. Содержание же всех определявшихся свободных аминокислот в корке хлеба резко снижалось (примерно в 2 раза, по сравнению с тестом перед выпечкой). Было установлено, что в корке хлеба содержание свободных аминокислот снижалось вследствие “расходования” их на процесс меланоидинообразования.

Ауэрман Л.Я. приводит данные Баума Ф. о “потери” лизина белков теста хлеба в процессе выпечки. Содержание этой незаменимой и дефицитной в белках хлеба аминокислоты в целом хлебе в результате выпечки снижается на 28-33 %, а в корке на 72-75 % от ее содержания в тесте перед выпечкой. С этим, вероятно, связано и снижение биологической ценности белка хлеба в процессе его выпечки, также отмеченное в работах Кретовича В.Л., Нечаева А.П., Скурихина И.М. и др.

Снижение биологической ценности хлеба в процессе выпечки происходит также и за счет термического разрушения витаминов. Шевелевой Г.И. было изучено влияние способа выпечки на сохранность витаминов в процессе выпечки. Образцы хлеба выпекались следующими способами: ЭК, РК, ИК, СВЧ-прогревом и комбинированным (ИК и СВЧ прогревом). Установлено, что витамины наилучшим образом сохранялись при ЭК и СВЧ прогреве.

Анализируя влияние традиционного способа выпечки на пищевую ценность хлеба, Скурихин И.М. отмечает, что в процессе выпечки связывается до 25 % белков, витаминов, аминокислот, снижается активность ферментов и многих биологически активных соединений. Кроме того, высокая температура корки хлеба способствует накоплению в ней продуктов полимеризации жиров, полициклических ароматических углеводов, различных окисных веществ. Особое внимание Скурихин И.М. обращает на образование наиболее нежелательного представителя полициклических углеводов – бенз- $\alpha$ -пирена. Бенз- $\alpha$ -пирен является сильным канцерогеном и относится к веществам, способствующим развитию онкологических заболеваний. В корке он может накапливаться до 0,5 мкг/кг.

Потребление неусвояемых организмом соединений, накапливающихся в поджаренной корке, может вызвать механическое раздражение стенок желудка. Поэтому не рекомендуется злоупотреблять поджаренными продуктами, а людям с заболеваниями желудочно-кишечного тракта следует избегать их. Определенный интерес, в связи с этим, приобретают способы выпечки, при которых не образуется традиционной корки, такие как ЭК, ВЧ и СВЧ.

Нетрадиционные способы выпечки позволяют изменить характер теплового воздействия на выпекаемую тестовую заготовку.

При выпечке в печах с генераторами ИК излучения тестовая заготовка подвергается воздействию относительно коротких волн электромагнитных колебаний (максимум длины волны излучения 1,0-3,0 мкм). Для этого вида излучения характерна способность проникновения в поверхностный слой прогреваемой тестовой заготовки тем большая, чем меньше максимум длины волны ИК-излучателя. Поэтому тепло ИК-излучения воспринимается не только поверхностью тестовой заготовки, но и слоем толщиной несколько миллиметров. Это обуславливает значительно более быстрый прогрев теста-хлеба при ИК-выпечке и в связи с этим резкое сокращение длительности процесса выпечки. С этой точки зрения, ИК-выпечка особенно эффективна для мелкоштучных и тонкослойных изделий.

Другие нетрадиционные способы выпечки позволяют получить хлеб, не имеющий на поверхности традиционной корки.

Одним из способов получения бескоркового хлеба является выпечка его в атмосфере пара, для которой применяются специальные камеры с герметично закрывающимися дверцами. В эти камеры закатывают вагонетку с формами, заполненными расстоявшимися тестовыми заготовками, и после закрытия дверец впускают в камеру насыщенный пар под небольшим избыточным давлением. Таким образом, температура паро-воздушной среды в такой «пекарной» камере около 100 °С. Следствием этого является значительно более медленный прогрев теста-хлеба, соответственно удлиненное время «выпечки» (в зависимости от массы хлеба, его вида и назначения может достигать 12-20 часов и более) и получение хлеба, практически не имеющего корки.

Более быстрым способом получения из теста бескоркового хлеба является ВЧ-выпечка. Тесто, помещенное в электрическое поле токов ВЧ (10-30 МГц) быстро нагревается. Тепло при этом способе энергоподвода выделяется во всем объеме тестовой заготовки, прогрев теста-хлеба происходит на 25-40 % быстрее, чем при обычной РК-выпечке. Объем хлеба вследствие отсутствия на нем корки увеличивается в течение всего периода выпечки и поэтому на 10-15 % больше обычного.

В последние годы для особо быстрого прогрева пищевых продуктов начал применяться и СВЧ-прогрев в поле электромагнитных колебаний частотой 2300-2500 МГц и длиной волны 12-13 см. За рубежом установки такого типа применяются и для быстрого (в течение 30 секунд) размораживания глубокозамороженного хлеба.

Самым быстрым способом получения бескоркового хлеба является ЭК-выпечка. При этом способе расстоявшаяся тестовая заготовка помещается между двумя электродами, включенными в сеть переменного тока промышленной частоты. При действии электрического тока в тестовой заготовке выделяется тепло и формируется мякиш без образования традиционной корки. Прогрев теста происходит быстро и практически равномерно во всей массе хлеба. Процесс ЭК-выпечки завершается

достижением тестом-мякишем температуры около 98<sup>0</sup>С и протекает во много раз быстрее, чем при традиционной выпечке.

Таким образом, ЭК-прогрев представляет интерес как наиболее интенсивный способ выпечки. Отсутствие корки при данном способе выпечки снижает возможность образования нежелательных веществ и неусвояемых организмом соединений. ЭК-выпечка хлеба позволяет в большей мере сохранить находящиеся в тесте витамины. Кроме того ЭК-выпечка, является самым предпочтительным способом выпечки при разработке технологий диабетических сортов хлеба, для снижения скорости расщепления углеводов хлеба. Все это обуславливает целесообразность более детального изучения особенностей ЭК-способа выпечки хлеба.

Как отмечает Ауэрман Л.Я., ЭК-способ выпечки был разработан во ВНИИХП Шумаевым Ф.Г. в 1936 г. При проведении экспериментов Шумаевым Ф.Г. были исследованы механизм ЭК-выпечки, влияние кислотности и дозировок соли на электропроводность теста. Электропроводность хлеба при ЭК-выпечке изучали Гинзбург А.С., Островский Я.Г., Кульман А.Г.

Шумаевым Ф.Г. и Островским Я.Г. был определен удельный расход энергии на ЭК-выпечку хлеба в зависимости от подаваемого напряжения.

В работе Кульмана А.Г. приведены результаты исследования коллоидной характеристики теста-хлеба в процессе ЭК-выпечки для пшеничных и ржаных образцов, а также сравнительный анализ состояния коллоидной системы хлеба при ЭК- и РК-способах выпечки.

Наиболее подробно процесс ЭК-выпечки был исследован Островским Я.Г. В результате установлены характерные особенности ЭК-выпечки хлеба, а также доказана целесообразность применения ЭК-прогрева в следующих технологических процессах тестоведения: брожение теста; расстойка разделанных тестовых заготовок; производство заварки; гидротермическая обработка муки; выпечка хлеба из муки, смолотой из проросшего зерна.

В работах Гинзбурга А.С., Островского Я.Г. и др. отмечена еще одна область применения бескоркового хлеба – как полуфабриката сухарного производства.

Нами были проведены комплексные исследования ЭК-выпечки хлеба, позволившие получить следующие результаты:

1. Установлены оптимальные значения рецептурных и технологических параметров, позволяющих получить бескорковый хлеб ЭК-выпечки хорошего качества, в частности: массовая доля влаги в тесте - 50...56 %; содержание соли – 0,65 %; сушеных дрожжей – 2 %; продолжительность созревания теста - 185...200 мин (безопасный способ тестоприготовления); степень разрежения пекарной камеры - 32...40 кПа; длительность выпечки – 3...5 мин.

Предложен комплексный показатель качества хлеба ЭК-выпечки, объединяющий отдельные показатели качества с учетом коэффициентов их значимости.

2. Разработаны структурная, функциональная и параметрическая схемы процесса ЭК-выпечки бескоркового хлеба, позволяющие управлять процессом ЭК-выпечки с целью получения оптимальных показателей качества

3. Установлены особенности бескоркового хлеба из различных сортов пшеничной, ржаной муки и их смесей, а также его отличия от РК-хлеба:

-применение ЭК-энергоподвода приводит к увеличению пористости, объемного, весового выхода и снижению кислотности по сравнению с РК-вариантом. Мякиш ЭК-хлеба характеризуется более высокими органолептическими показателями качества;

-содержание белков и крахмала в бескорковом хлебе несколько выше, а содержание декстринов и сахаров ниже, чем в хлебе, выпеченном РК-способом. У ЭК-хлеба из муки обойной и второго сорта эти отличия менее выражены, чем в хлебе из муки высшего и первого сортов;

-особенности химического состава и большая влажность теста из низших сортов муки приводит к ускорению процесса ЭК-выпечки и увеличению силы тока по сравнению с образцами из высших сортов муки.

4. Медико-биологическая экспертиза ЭК-хлеба свидетельствует о его токсикологической безвредности и диетическом характере.

5. Для упаковки ЭК-хлеба наиболее приемлемым является использование полиэтиленовой пленки (ПЭВД) при длительности хранения не более 24 час.

По результатам исследований оформлены и утверждены технологическая инструкция и технические условия на бескорковый ЭК-хлеб из различных сортов пшеничной и ржаной муки и их смесей. В органах Госсанэпиднадзора г. Оренбурга проведена экспертиза бескоркового ЭК-хлеба на соответствие заявленным к нему требованиям и получено гигиеническое заключение.

Разработан образец промышленно-бытовой установки для ЭК-выпечки хлеба, который может быть использован в хлебопекарнях малой мощности, в системе общественного питания, а также в бытовых условиях. Экспертиза установки в органах сертификации г. Оренбурга (ЦСМиС) установила ее соответствие требованиям НТД, что подтверждено гигиеническим заключением.

На способ и устройство для ЭК-выпечки хлеба получены патенты РФ.

Таким образом, на сегодняшний день известны различные способы энергоподвода, применяемые в хлебопечении. Особый интерес вызывают интенсивные технологии производства хлеба, позволяющие минимизировать потерю полезных свойств используемого сырья. Использование ЭК-энергоподвода позволяет не только ускорить стадию выпечки, замедлить скорость расщепления углеводов хлеба организмом человека, снизить образование нежелательных веществ, неусвояемых соединений, но и повысить пищевую ценность продукта, за счет сохранения витаминов, аминокислот и других биологически полезных веществ сырья.

#### *Список литературы*

1 *Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства. / Л. Я. Ауэрман. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 415 с.*

2 *Пономарева, А. Н. Участие свободных аминокислот в реакции меланоидинообразования при изготовлении хлеба: Дис. ... канд. биол. наук. / А. Н. Пономарева. – М., 1964. – 272 с.*

3 **Кретович, В. Л.** Проблемы пищевой полноценности хлеба. / В. Л. Кретович, Р. Р. Токарева. – М.: Наука, 1978. – 250 с.

4 **Скурихин, И. М.** Все о пище с точки зрения химика. / И. М. Скурихин, А. П. Нечаев. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.

5 **Шевелева, Г. И.** Разработка способов повышения витаминной ценности хлебобулочных изделий. Дис. ... канд. тех. наук. / Г. И. Шевелева. – М., 1992. – 178 с.

6 **Rubenthaler, G. L.** Steamed bread. I. Chinese steamed bread formulation and interaction / G. L. Rubenthaler, M. L. Huang // *Cereal Chem.* –1990 . –v. 67. -№ 5. – P. 471 – 475.

7 **Матвеева, И. В.** Новое направление в создании технологии диабетических сортов хлеба. Обзор. инф. Серия.: Хлебопекарная и макаронная промышленность. / И. В. Матвеева, А. Г. Утарова, Л. И. Пучкова и др. – М.: ЦНИИТЭИ Хлебопродуктов, 1991. – 44 с.

8 **Островский, Я. Г.** Исследование процессов приготовления заварки и выпечки бескоркового хлеба электроконтактным нагревом. Дисс. ... канд. тех. наук. / Я. Г. Островский. – М., 1954. – 182 с.

9 **Гинзбург, А. С.** Современные конструкции хлебопекарных печей. / А. С. Гинзбург. – М.: Пищепромиздат, 1958. – с. 40 – 45.

10 **Кульман, А. Г.** Коллоиды в хлебопечении. / А. Г. Кульман. – М.: Пищепромиздат, 1953. – 247 с.

## К РАСЧЕТУ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ ПОЛОСТИ БРИКЕТА ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК

Прилепина И.И., Полищук В.Ю., Ханин В.П.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В последнее время древесные опилки получили статус перспективного ресурса биоэнергетики. Одним из возможных путей реализации древесных опилок в качестве альтернативного топлива является их брикетирование в шнековых экструдерах.

Распространенная форма выпускаемых брикетов имеет вид полого стержня с внешней поверхностью в виде правильного шестигранника или восьмигранника и внутренней коаксиальной цилиндрической поверхностью [1]. Полость обеспечивает доступ воздуха к поверхности брикета, что позволяет интенсифицировать процесс горения. Поэтому полость следует рассматривать как важный элемент брикета.

Формующая полость экструдера, в которой образуется брикет, не имеет дорна, поэтому полость в брикете имеет свободную поверхность, а диаметр полости определен напряженным состоянием полуфабриката в сечении, где происходит отрыв полуфабриката от конической насадки на конце шнека. В связи с этим представляет интерес определение диаметра формующей полости, исходя из ее размеров и физических параметров экструдированного полуфабриката.

Задача определения сопротивления экструдированию брикета в формующем канале важна для определения производительности экструдера и мощности, затрачиваемой на экструдирование. Кроме того, напряженно-деформированное состояние полуфабриката в формующем канале определяет его оптимальную протяженность.

Будем полагать, что древесные опилки, экструдированные шнековым экструдером в виде полого брикета, обладают свойствами упруго-пластического тела.

При рассмотрении напряженно-деформированного состояния полуфабриката примем допущение, что формующий канал имеет цилиндрическую поверхность, что позволяет рассматривать задачу как осесимметричную.

Разместим, находящийся в формующем канале экструдера полуфабрикат в цилиндрической системе координат  $O\rho\varphi z$ , как показано на рисунке 1.

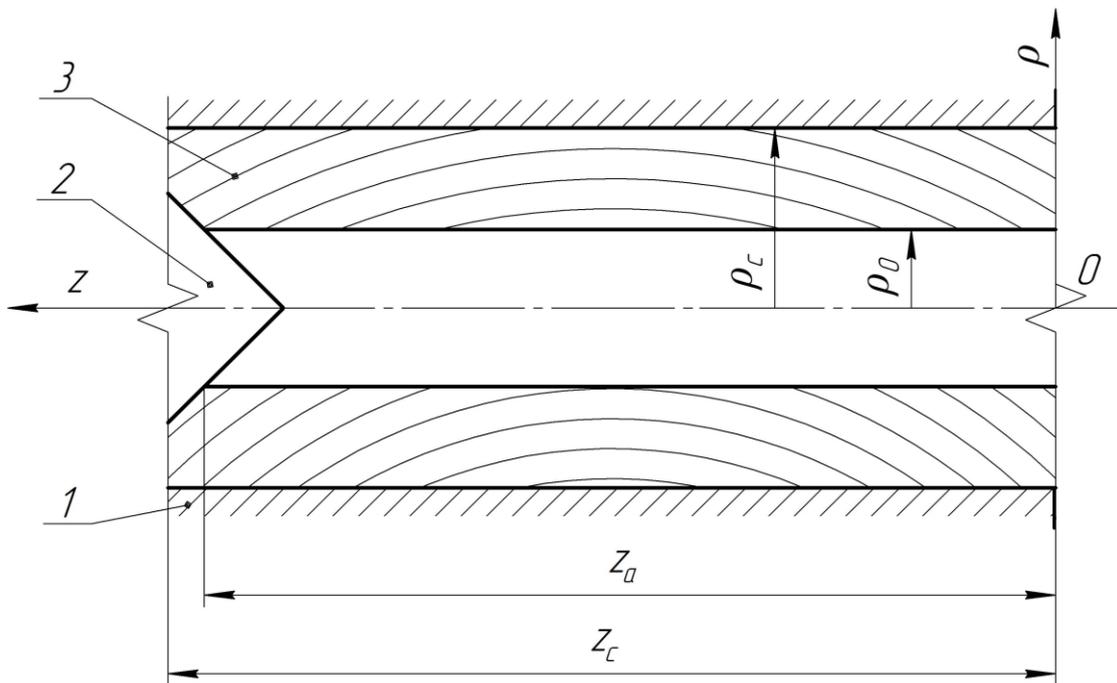


Рисунок 1. Схема формующего канала экструдера древесных опилок:  
 1 – стенка формующего канала; 2 – коническая насадка на конце шнека;  
 3 – экструдированный полуфабрикат.

Для осесимметричного напряженного состояния можно использовать уравнение равновесия, которые в полярных координатах с учетом того, что нормальным напряжениям приписаны положительные значения, будет иметь вид

$$\frac{\partial \tau_{z\rho}}{\partial \rho} - \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\tau_{z\rho}}{\rho} = 0, \quad (1)$$

где  $\sigma_z$  – осевое нормальное напряжение в полуфабрикате;

$\tau_{z\rho}$  – напряжение сдвига в полуфабрикате.

Преобразуя уравнение (1) и удовлетворяя граничному условию  $\tau_{z\rho} = 0$  на поверхности отверстия радиуса полости  $\rho = \rho_0$ , получим

$$\frac{d\sigma_z}{dz} - \frac{2\rho\tau_{z\rho}}{\rho^2 - \rho_0^2} = 0. \quad (2)$$

Будем полагать, следуя Е.П. Унксову [2], что нормальное напряжение  $\sigma_z$  зависит только от координаты  $z$ , и окончательный вид уравнения будет

$$\frac{d\sigma_z}{dz} - \frac{2\rho_c\tau_c}{\rho_c^2 - \rho_0^2} = 0, \quad (3)$$

где  $\tau_c$  – напряжение сдвига на контактной поверхности формирующей полости;

$\rho_c$  – радиус контактной поверхности формирующей полости.

Будем полагать, что полуфабрикат обладает свойствами упруго-пластического тела.

Из обобщенного закона Гука

$$\varepsilon_\rho = \frac{1}{E} [\sigma_\rho - \nu(\sigma_z + \sigma_\theta)], \quad (4)$$

где  $\varepsilon_\rho$  – радиальная относительная деформация полуфабриката;

$E$  – модуль упругости полуфабриката;

$\sigma_\rho, \sigma_\theta$  – соответственно радиальное и окружное нормальные напряжения в полуфабрикате;

$\nu$  – коэффициент поперечной деформации полуфабриката.

Предположим, что на контактной поверхности на выходе из фильеры осевые нормальные напряжения отсутствуют, радиальные и окружные равны между собой и равны пределу текучести полуфабриката  $\sigma_T$  при сжатии, то есть

$$\text{при } z = 0 \quad \sigma_{z0} = 0, \quad \sigma_{\rho0} = \sigma_{\theta0} = \sigma_T. \quad (5)$$

Подставив (5) в (4), получим радиальную относительную деформацию полуфабриката на выходе из формирующего канала на его контактной поверхности

$$\varepsilon_{\rho0} = \frac{\sigma_T}{E} (1 - \nu). \quad (6)$$

Во всей области упругого сжатия полуфабриката, то есть на всей длине канала на его контактной поверхности

$$\varepsilon_{\rho c} = \varepsilon_{\rho0}. \quad (7)$$

Подставив в (7) выражения (4) и (6), получим на контактной поверхности формирующей полости

$$\sigma_{\rho c} = \sigma_T + \frac{\nu}{1 - \nu} \sigma_z. \quad (8)$$

Напряжение сдвига  $\tau_c$  радиальное напряжение на контактной поверхности формирующей полости связаны законом Кулона

$$\tau_c = f \sigma_{\rho c}, \quad (9)$$

или с учетом (8)

$$\tau_c = f \left( \sigma_T + \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_z \right), \quad (10)$$

где  $f$  – коэффициент контактного трения полуфабриката о поверхность формирующей полости.

Для нахождения распределения нормального осевого и нормального радиального на контактной поверхности напряжений подставим выражение (10) в уравнение (3) и проинтегрируем его с граничными условиями: при  $z = 0$   $\sigma_z = 0$ .

После преобразований получим формулы распределения нормальных напряжений на контактной поверхности формирующего канала

$$\sigma_z = \frac{1-\nu}{\nu} \sigma_T \left[ \exp \left( \frac{\nu}{1-\nu} f \frac{2\rho_c}{\rho_c^2 - \rho_0^2} z \right) - 1 \right], \quad (11)$$

$$\sigma_{\rho c} = \sigma_T \exp \left( \frac{\nu}{1-\nu} f \frac{2\rho_c}{\rho_c^2 - \rho_0^2} z \right). \quad (12)$$

В точке  $a$  начала пластического течения приближенное условие пластичности возможно в двух вариантах:

$$\sigma_{za} = \sigma_{\rho a} + \sigma_T; \quad (13)$$

$$\sigma_{za} = \sigma_{\rho a}. \quad (14)$$

С учетом  $\sigma_{\rho a} = \sigma_{\theta a}$  на поверхности канала деформация в точке начала пластического течения

$$\varepsilon_{\rho a} = \frac{1}{E} \left[ \sigma_{\rho a} - \nu (\sigma_{za} + \sigma_{\rho a}) \right]. \quad (15)$$

При выполнении условий (13), (14) зависимость (15) соответственно примет вид

$$\varepsilon_{\rho a} = \frac{1}{E} \left[ \sigma_{\rho a} (1-2\nu) - \nu \sigma_T \right]; \quad (16)$$

$$\varepsilon_{\rho a} = \frac{1}{E} \sigma_{\rho a} (1 - 2\nu). \quad (17)$$

Из условия постоянства радиальной относительной деформации полуфабриката в канале (7) справедливо условие

$$\varepsilon_{\rho a} = \varepsilon_{\rho 0}. \quad (18)$$

Подставляя в (18) выражение (6) и последовательно зависимости (16), (17) получим соответственно

$$\sigma_{\rho a} = \frac{\sigma_T}{1 - 2\nu}; \quad (19)$$

$$\sigma_{\rho a} = \sigma_T \frac{1 - \nu}{1 - 2\nu}. \quad (20)$$

Удовлетворяя в выражении (12) условию  $\sigma_{\rho c} = \sigma_{\rho a}$  при  $z = z_a$  и подставляя полученный результат последовательно в уравнения (19), (20) получим после преобразований значения радиуса центрального отверстия полуфабриката для условий пластичности соответственно (13), (14)

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_c^2 + \frac{2\rho_c}{\ln(1-2\nu)} f \frac{\nu}{1-\nu} z_a}; \quad (21)$$

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_c^2 - \frac{\nu}{1-\nu} f \frac{2\rho_c}{\ln \frac{1-\nu}{1-2\nu}} z_a}. \quad (22)$$

Сравнение результатов вычислений по формулам (21), (22) с данными экспериментального исследования, позволит определить характер напряженного состояния полуфабриката на входе в формирующий канал.

#### Список литературы:

1. **Гомонай М. В.** Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы [Текст]: Монография / М.В. Гомонай. - М.: МГУЛ, 2006 г. - 68 с.
2. **Унсков Е.П.** Инженерная теория пластичности [Текст] / Е.П. Унсков. - М.; Машгиз, 1959. 328 с.

# **РОЛЬ ПРИКЛАДНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ НОВЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

**Студяникова М.А.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Для удовлетворения растущего потребительского спроса населения планеты заключается не только в увеличении объема производства продуктов питания — потребуется также существенно усовершенствовать систему распределения продовольствия при одновременной разработке более рациональных систем ведения сельского хозяйства. Необходимо будет обеспечить, чтобы это увеличение производства в значительной мере произошло в развивающихся странах. Это потребует успешного и экологически безопасного применения биотехнологии в сельском хозяйстве, в области охраны окружающей среды и здравоохранения. Капиталовложения в современную биотехнологию большей частью осуществляются промышленно развитыми странами. Развитие биотехнологии потребует значительных новых капиталовложений и усилий по развитию людских ресурсов, особенно в развивающихся странах.

Важнейшим условием успешного развития отечественной биотехнологии является высокое качество биотехнологического образования. Неотъемлемым элементом современной системы подготовки кадров для работы в сферах биотехнологических науки и производства является опережающее образование, состоящее в постоянном глубоком анализе новейших тенденций и направлений биотехнологии и своевременной корректировке образовательных программ с учетом требований времени.

Биотехнология является одной из самых быстроразвивающихся областей высоких технологий. Особенностью биотехнологии, помимо высокого экономического потенциала, является ее мощное влияние на качество жизни населения через новые лекарственные препараты, новые медицинские бионанотехнологии, новые пищевые продукты и защиты окружающей среды. Высока роль биотехнологии в обеспечении национальной безопасности, имея в виду роль жизненно важных фармпрепаратов (вакцины, диагностикумы, лечебные противомикробные препараты, инсулин и др.), сохраняющуюся опасность биотерроризма и применения микробиологического оружия, реализация продовольственного самообеспечения России по основным продуктам питания.

Традиционная селекция, в особенности сельскохозяйственных растений, домашнего скота и птицы, направлена на увеличение продуктивности сельского хозяйства, повышение устойчивости культивируемых видов к заболеваниям и вредителям, а также улучшение качества продуктов с точки зрения питательности и легкости обработки. Достижения в области разработки методов генетики и клеточной биологии 1960-х годов внесли свой вклад в так называемую «зеленую революцию», которая значительно увеличила количество выращиваемых в некоторых развитых и развивающихся странах

сортов пищевых культур массового производства, обладающих признаками, обеспечивающими получение высоких урожаев и устойчивость к заболеваниям и вредителям (Borlaug, 2000). Основным движущим фактором зеленой революции была идея обеспечения достаточного количества продуктов питания для всего населения планеты. Однако интенсификация и расширение сельского хозяйства, вызванные внедрением новых методов и сельскохозяйственных систем, привели к появлению новых рисков для здоровья и окружающей среды – например, увеличению количества распыляемых агрохимикатов и усилению эрозии почвы в результате интенсификации обработки почвы.

Развитие молекулярной биологии в 1970-х и 1980-х годах привело к появлению более простых методов анализа генетических последовательностей, позволяющих идентифицировать генетические маркеры желаемых признаков. Отбор, проводимый по таким маркерам, является основой некоторых современных стратегий традиционной селекции.

Несмотря на то, что современные методы селекции в течение последних 50 лет значительно повысили урожайность, потенциал их применения в будущем значительно ограничен небольшим природным разнообразием генотипов внутри одной культуры и невозможностью межвидового скрещивания.

С целью преодоления этих барьеров некоторые заинтересованные группы (ученые, фермеры, правительства, сельскохозяйственные компании) уже в 1980-х годах стали уделять внимание принципиально иным методам достижения таких задач, как увеличение урожайности, устойчивость сельскохозяйственных систем, улучшение здоровья человека и животных, а также состояния окружающей среды. Одним из направлений является использование новых современных методов для придания растениям новых качеств, таких как устойчивость к засухе, повышенной засоленности почвы или вредителям. Для достижения этих целей был запущен ряд государственных, а позже и частных исследовательских программ.

Разработанный и внедренный в 1980-х годах метод рекомбинантных ДНК стал инструментом, позволяющим преодолеть межвидовую несовместимость. Современная биотехнология использует молекулярные методы для идентификации, выделения и модификации последовательности ДНК, кодирующей специфический генетический признак (например, устойчивость к насекомым) донорского организма (микроорганизма, растения или животного), и встраивания ее в геном организма-реципиента, который в результате приобретает заданный признак.

Существуют различные методы переноса рекомбинантной ДНК в геном организма-реципиента с целью создания ГМО. При работе с растениями используют метод трансформации с помощью *Agrobacterium tumefaciens* (распространенная почвенная бактерия, имеющая генетические элементы, обеспечивающие встраивание ее генов в хромосомы зараженных клеток растений) и метод «биобаллистики» – «обстреливания» клетки-реципиента наночастицами, нагруженными рекомбинантной ДНК. К методам, применяемым для трансформации различных животных клеток, относятся

микроинъекции, электропорация и использование эмбриональных стволовых клеток (FAO/WHO 2003a). Вероятность успеха при трансформации клеток животных ниже, чем при трансформации растительных клеток, и видоспецифична, что обуславливает необходимость тестирования каждого метода на клетках нескольких видов.

Генетическое модифицирование часто позволяет добиться стойкого проявления желаемых признаков с использованием меньшего количества селекционных поколений и, соответственно, с гораздо меньшими временными затратами, чем традиционная селекция. Кроме того, оно позволяет проводить более точные манипуляции над геномом путем избирательного выделения и переноса исключительно интересующего исследователей гена. Однако, при применении существующих на сегодняшний день методов, встраивание последовательности ДНК в геном хозяина часто происходит случайным образом, что может оказывать непреднамеренное влияние на развитие и физиологию организма. В то же время, подобные эффекты могут проявляться и при использовании традиционных методов селекции. Селекционный процесс, используемый современной биотехнологией, направлен на избежание подобных непреднамеренных явлений и формирование стойких полезных признаков.

На сегодняшний день только несколько ГМ культур разрешено для использования в производстве продуктов питания и поступают на международный продовольственный и кормовой рынки. В их число входят устойчивая к гербицидам и насекомым кукуруза (устойчивые к насекомым ГМ культуры экспрессируют различные варианты инсектицидных токсинов бактерий *Bacillus thuringiensis* – Bt), толерантные к гербицидам соя и масличный рапс (канола), а также устойчивый к гербицидам хлопок (преимущественно для производства волокна, однако очищенное хлопковое масло используют и в пищу). Кроме того, правительственные органы некоторых стран одобрили для культивирования и использования в пищу ГМ сорта папайи, картофеля, риса, тыквы, сахарной свеклы и томатов. Томаты, однако, выращиваются только небольшим количеством стран и преимущественно для внутреннего потребления.

Нормативный статус ГМ культур варьирует в зависимости от страны, разрешающей их использование. Последние изменения можно найти на различных сайтах, в том числе на сайтах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР, OECD) и Международного центра генетической инженерии и биотехнологии (МЦГИБ, ICGEB).

По оценкам экспертов, в 2010 году общая площадь, засеянная коммерчески культивируемыми трансгенными или ГМ культурами, составляла 91 миллион гектар, принадлежащих 7 миллионам фермеров 18 развитых и развивающихся стран.

В первую очередь употребление ГМ-продуктов грозит ослаблением иммунитета. В результате непосредственного действия трансгенных белков появляется возможность возникновения аллергических реакций. Влияние новых белков, которые продуцируют встроенные гены, неизвестно. Человек их

ранее никогда не употреблял и поэтому неизвестно, являются ли они аллергенами.

Также у человека появляется устойчивость к антибиотикам, что делает процесс лечения многих заболеваний очень сложным. Очень часто в ГМ-растение внедряется ген, отвечающий за устойчивость к антибиотикам в качестве гена-маркера. Многие ГМ-виды содержат гены антибиотической резистентности. Если такой ген резистентности передается болезнетворным бактериям, то они получают иммунитет против действия антибиотиков. Таким образом, лечение обычными антибиотическими средствами становится менее эффективным. Уже, к сожалению, известны случаи гибели людей по этой причине.

Нарушается здоровье в связи с накоплением в организме гербицидов, так как ГМ-продукты имеют свойство их аккумулировать.

Существует возможность отдаленных канцерогенных эффектов (опасность раковых заболеваний).

Самые выращиваемые в мире ГМ-растения – это картофель, соя, кукуруза, рапс, томаты, кабачки, рис. А вот, например, гречка пока не поддается модифицированию. Мы используем ГМ-продукты не обязательно в чистом виде, а часто и в переработанном, в виде добавок – начиная от попкорна, соусов, чипсов и заканчивая пельменями, мукой, маслом.

Сейчас 90% экспорта трансгенных пищевых продуктов составляют кукуруза и соя. А если вы покупаете соевые продукты из Северной Америки или Аргентины, то на 80% это генетически измененная продукция. Вообще, наибольшая вероятность встретить ГМО в продукции крупных транснациональных компаний, преимущественно американских. Есть и еще одна закономерность, на которую можно косвенно ориентироваться – чем больше телевизионной рекламы продукта вы видите, тем больше вероятность, что в нем есть ГМО.

Генетически модифицированные пищевые добавки и ароматизаторы:

E101 и E101A (B2, рибофлавин) – добавляется в каши, безалкогольные напитки, детское питание, продукты для похудения. E150 (карамель); E153 (карбонат); E160a (бета-каротин, провитамин А, ретинол); E160b (аннатто); E160d (ликопин); E234 (низин); E235 (натамицин); E270 (молочная кислота); E300 (витамин С – аскорбиновая кислота); с E301 по E304 (аскорбаты); с E306 по E309 (токоферол / витамин Е); E320 (ВНА); E321 (ВНТ); E322 (лецитин); с E325 по E327 (лактаты); E330 (лимонная кислота); E415 (ксантин); E459 (бета-циклодекстрин); с E460 по E469 (целлюлоза); E470 и E570 (соли и жирные кислоты); эфиры жирных кислот (E471, E472a&b, E473, E475, E476, E479b); E481 (стеароил-2-лактилат натрия); с E620 по E633 (глутаминовая кислота и глутаматы); с E626 по E629 (гуаниловая кислота и гуанилаты); с E630 по E633 (инозиновая кислота та инозинаты); E951 (аспартам); E 953 (изомальтит); E957 (тауматин); E965 (малтинол).

Необходимо также отметить, что селекционные программы, использующие традиционные методы, но под контролем молекулярного анализа генетических маркеров, играют важную роль в современной селекции

растений и животных. Однако последствия применения таких методик для здоровья человека и окружающей среды в не всегда правильно не рассмотрены.

Развитие биотехнологии стало необходимостью для пищевой промышленности, появилась потребность в непрерывном развитии новых биотехнологий способствующих, созданию новых продуктов с заданными свойствами, но при этом нужно не забывать о здоровье населения.

*Список литературы:*

1. *Елинов Н.П. Основы биотехнологии. СПб.: Наука, 2010 г., 600 с.*
2. *Варфоломеев С.Д., Кадюжин С.В. Биотехнология, кинетические основы микробиологических процессов. М.: Высшая школа 200 г.*
3. *Бациллы. Генетика и биотехнология. Под ред. Хервуда К. М.: Мир, 2002 г.*
4. *Растительный белок. Под. ред. Браудо Е.Е. М.: Наука, 2000 г.*
5. *Голубев В.Н., Жиганов И.Н. Пищевая биотехнология. М.: ДеЛи принт, 2009 г.*

# СОДЕРЖАНИЕ ФЕРМЕНТА ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗА В ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТАХ РАЗМОЛА ЗЕРНА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Тарасенко С.С.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Биохимические процессы, протекающие при хранении сырья и при производстве пищевых продуктов, связаны с действием естественных, собственных ферментов пищевого сырья.

Ферменты — биологические катализаторы белковой природы. Они значительно повышают скорость химических реакций, которые в отсутствие ферментов протекают очень медленно.

В настоящее время многие отрасли промышленности — хлебопечение, макаронное и кондитерское производство, пивоварение, производство спирта, сыроделие — основаны на использовании различных ферментативных процессов. Однако необходимо обратить особое внимание на то, что работа с ферментами, их использование требуют элементарной грамотности в вопросах ферментативной кинетики и способах регуляции ферментативной активности.

Кроме того, необходимо всегда учитывать наличие в сырье собственных эндогенных ферментов, которые в процессе приготовления пищевых продуктов могут оказывать различное действие (как положительное, так и отрицательное).

**Полифенолоксидаза** (Н.Ф.1.14.18.1). Этот фермент больше известен под названием **тирозиназа**.

С действием этого фермента связано образование темноокрашенных соединений — меланинов при окислении кислородом воздуха аминокислоты — **тирозина**. Потемнение срезов картофеля, фруктов, грибов, и других растительных тканей в большей степени или полностью зависит от действия полифенолоксидазы. В пищевой промышленности основной интерес к этому ферменту сосредоточен на предотвращении ферментативного потемнения продуктов, которое имеет место при производстве макаронных изделий из муки с повышенной активностью полифенолоксидазы.

На кафедре технологии пищевых производств были проведены исследования содержания данного фермента в зерне твердой пшеницы и промежуточных продуктах его размола.

Исследовались продукты, направляемые в муку высшего сорта, а именно: обогащенные крупки, потоки дунстов и муки.

Содержание данного фермента в продуктах размола зерна определяли методом титрования аскорбиновой кислоты, восстанавливающей хиноны, входящие в состав меланинов, 0,01 н. раствором йода.

Концентрация фермента оказывает существенное влияние на скорость ферментативной реакции. При насыщающей концентрации субстрата, обеспечивающей максимальную скорость, начальная скорость ферментативной реакции зависит от концентрации фермента. Эта зависимость прямопро-

порциональная, т.е. активность фермента находится в прямой зависимости от его содержания.

В результате проведенных исследований отмечена стойкая зависимость содержания фермента от крупности продукта. Если содержание полифенолоксидазы в зерне составляет 0,261 г/мл, то в продуктах размола ее содержание находится в пределах от 0,195 до 0,289 г/мл, в зависимости от крупности продуктов.

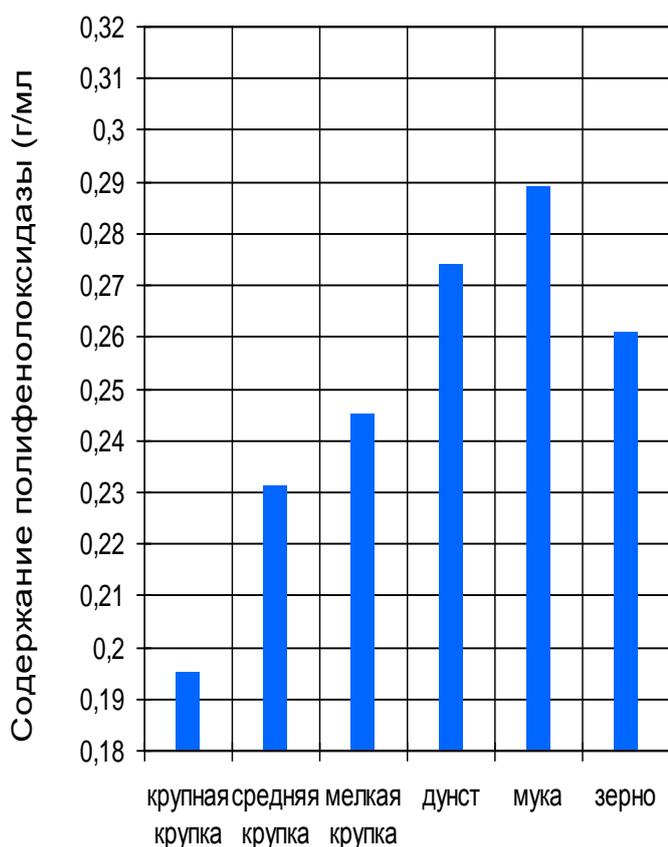


Рисунок 1. Содержание полифенолоксидазы в продуктах размола зерна твердой пшеницы

При формировании потоков макаронной муки высшего сорта, особенно при направлении мелкодисперсных продуктов – дунстов и муки, очень важно учитывать этот показатель качества промежуточных продуктов размола, чтобы обеспечить товарный вид макаронных изделий и исключить их потемнение при варке.