

УДК 637.5.03:53.043

**СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ
БИОТРАНСФОРМАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТЧАТКИ****Т.Н. Данильчук, И.Г. Кончаков***Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия*

Важным направлением в мясной промышленности является разработка новых видов продуктов, обладающих функциональной направленностью, имеющих улучшенные функционально-технологические характеристики и потребительские свойства. Одним из подходов для создания таких продуктов может служить внесение в рецептуру дополнительных компонентов и наполнителей, придающих готовому продукту улучшенные свойства, нехарактерные для традиционных аналогов. В последнее время в практике отечественных мясных производств все шире в качестве наполнителей применяют пищевые растительные волокна (клетчатки). Это связано их распространенностью и относительно невысокой ценой. Кроме того, согласно концепции здорового питания, пищевые волокна относятся к группе физиологически функциональных ингредиентов [1, 2]. Использование клетчатки в качестве наполнителей оказывает стабилизирующее воздействие на свойства мясных эмульсий, повышает жиро- и водоудерживающую способность, выход готового продукта, улучшает его вкусовые свойства и структуру [3–5].

В тоже время, несмотря на все полезные свойства пищевых волокон, их использование в качестве добавок в рецептуру ограничено тем фактом, что внесение чрезмерного количества клетчатки ухудшает структуру и консистенцию, негативно сказывается на вкусо-ароматических свойствах готового продукта, может вызвать расстройство желудочно-кишечного тракта при употреблении. Хотя разные авторы и производители указывают различные данные по эффективным нормам внесения пищевых волокон в мясопродукты, они сходятся на том, что оптимальное их количество должно составлять 1–2 % от массы сырья [4–7].

Значительно улучшить свойства пищевых волокон по сравнению с их нативной формой и более эффективно использовать наполнитель, не превышая при этом рекомендуемые нормы внесения, позволяет ферментативная модификация в сочетании с физическими методами воздействия [8]. В данном случае важным фактором является доза воздействия. Исследования, проведенные нами ранее, показали эффективность использования низкоинтенсивных физических воздействий в условиях, когда тепловые эффекты практически отсутствуют [8, 9].

Интересным с научной и практической точки зрения является изучение крайне низких доз теплового воздействия для модификации процессов биотрансформации пищевого сырья, в частности воздействия электромагнитного поля сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона.

Нагрев пищевой среды посредством воздействия на него электромагнитным полем (диэлектрический нагрев) СВЧ диапазона является одним из наиболее перспективных для мясной промышленности способов электрофизической обработки. Диэлектрический нагрев СВЧ электромагнитным полем ключевым образом отличается от нагрева объекта конвекцией или при помощи теплопроводности: элементы среды, не участвуют в переносе теплоты, а тепловой поток не является непрерывным, энергия переносится в виде электромагнитных колебаний. Теплота возникает в самих объектах нагрева при их взаимодействии с электромагнитным полем.

Цель настоящей работы: изучить возможность модификации свойств растительной клетчатки совместным действием гидролитического фермента и низких доз СВЧ излучения.

Исследовали свойства трех препаратов растительных волокон: пшеничные волокна «Витацель WF-200», соевая клетчатка «Могучель» и бамбуковые волокна «Уницель BF 500». Данные препараты представляют собой порошок микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) и состоят из частиц, являющихся агрегатами микрокристаллитов целлюлозы и, в меньшей степени, гемицеллюлоз, разрушенных до «предельной» степени полимеризации. Степень очистки препаратов составляла 85–97 %. Эти препараты имеют нейтральный вкус, цвет и аромат, уникальные функционально-технологические свойства, что позволяет использовать их в технологии широкого ассортимента мясных продуктов [10].

Ферментативный гидролиз проводили в растворах препарата «Целлюлаза Ультра». Навеску волокон гидратировали в соотношении 1:7 и выдерживали в течение 30 минут. В ранее проведенных экспериментах было установлено, что использование фермента концентрацией 0,05 % является оптимальным, т. к. дает максимальное увеличение показателей влагосвязывающей (ВВС) и влагоудерживающей (ВУС) способностей, а также степени гидратации [11].

Активность целлюлазы оценивали рефрактометрически путем определения остаточных редуцирующих веществ.

Массовую долю влаги в растительной клетчатке определяли высушиванием навески при 150 °С до постоянного веса с использованием анализатора влажности MF -50.

Водосвязывающую способность (ВСС) определяли по методу Грау (в модификации ВНИИМП), основанному на определении количества свободной и слабосвязанной влаги, выделяющейся из образца при легком его прессовании.

Влагоудерживающую способность (ВУС) растительной клетчатки устанавливали по количеству выделившейся после центрифугирования влаги при факторе разделения 1000. ВУС оценивали по количеству миллиметров сыворотки, полученной из 10 см³ сгустка.

Анализ содержания жира проводили путем многократной экстракции жира на аппарате Сокслета растворителем из подсушенной навески образца с последующим удалением растворителя и высушиванием жира до постоянной массы.

Степень набухания клетчатки определяли по относительному количеству воды поглощенной за фиксированное время навеской образца.

Для проведения ферментативного гидролиза растительную клетчатку выдерживали в растворе ферментного препарата в течение 1 ч. После выдержки проводили инактивацию фермента путем нагрева колбы с клетчаткой на водяной бане при температуре 60 °С в течение 10 минут. Результаты экспериментов по биотрансформации клетчаток различного происхождения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Функционально-технологические свойства растительных волокон до и после ферментативного гидролиза

Образец	Массовая доля влаги, %	Массовая доля минеральных веществ, %	ВУС, г/г	ЖУС, г/г	рН	Степень набухания, %
«Витацель WF-200» (контроль)	89,90	0,003	7,6	4,6	5,4	572
ферментированная «Витацель WF-200» (с = 0,05 %)	86,02	0,002	8,8	4,9	5,1	633
«Могуцель» (контроль)	90,70	0,002	6,2	2,8	5,7	587
ферментированная «Могуцель» (с = 0,05 %)	90,07	0,003	7,9	3,0	6,2	640
«Уницель BF 500» (контроль)	95,61	0,003	7,9	5,0	6,2	665
ферментированная «Уницель BF 500» (с = 0,05 %)	94,02	0,003	9,4	5,3	6,6	815

Таблица 2 – Функционально-технологические свойства растительных волокон до и после комплексной обработки (совместное действие фермента при с = 0,05 % и СВЧ излучения)

Образец	Массовая доля влаги, %	Массовая доля минеральных веществ, %	ВУС, г/г	ЖУС, г/г	рН	Степень набухания, %
«Витацель WF-200» (контроль)	89,90	0,003	7,6	4,6	5,4	572
«Витацель WF-200» после комплексной обработки	71,02	0,004	10,9	5,5	5,0	742
«Могуцель» (контроль)	90,70	0,002	6,2	2,8	5,7	587
«Могуцель» после комплексной обработки	89,22	0,002	8,6	3,4	5,8	737
«Уницель BF 500» (контроль)	95,61	0,003	7,9	5,0	6,2	665
«Уницель BF 500» после комплексной обработки	90,02	0,005	11,2	6,2	6,5	885

Из таблицы 1 видно, что в нативном виде наилучшими функционально-технологическими свойствами обладают бамбуковые волокна «Уницель BF 500». Биотрансформация с использованием препарата «Целлюлаза Ультра» приводит к улучшению всех технологических показателей клетчаток: ВУС повышается в среднем на 21 %, ЖУС – на 7 %, степень набухания – на 14 %.

Для интенсификации процесса биотрансформации использовали микроволновую обработку при частоте $f = 2375$ МГц, мощности СВЧ воздействия 100 Вт и продолжительности 20 секунд, когда фермент имел наиболее высокую активность [11]. После этого образцы помещали в стеклянную колбу и выдерживали 1 час для гидролиза клетчатки. Далее проводили инактивацию фермента путем нагрева колбы с клетчаткой на водяной бане при температуре 60°C в течение 10 минут. Результаты исследования комплексной обработки приведены в таблице 2.

Анализ данных таблиц 1 и 2 показывает, что модификация процесса биотрансформации воздействием низких доз СВЧ излучения оказывает серьезное воздействие на функционально-технологические свойства клетчаток и приводит к повышению ВУС в среднем на 41 %, ЖУС – на 22 %, степени набухания – на 30 % относительно контроля. Относительно ферментативного гидролиза увеличение этих показателей составляет для клетчатки Витацель WF-200 27 %, 12 %, 22 %; для клетчатки Могуцель – 14 %, 14 %, 18 %; для клетчатки Уницель BF 500 – 19 %, 15 %, 10 % соответственно.

Установить закономерность влияния модификации на водородный показатель препаратов пищевых волокон не удалось, ввиду незначительных изменений показателя в образцах до и после обработки – показатель колеблется в пределах 0,1–0,5.

Модифицированные комплексным воздействием растительные клетчатки использовали в технологии изготовления мясных полуфабрикатов. За основу была взята рецептура «Бифштекса рубленного» [12]. Замена мясного сырья на наполнитель из пищевых волокон в рубленых полуфабрикатах составляла 1,5 % при степени гидратации 1:3. Результаты физико-химических исследований «Бифштекса рубленного» с внесенным в рецептуру наполнителей из модифицированных комплексной обработкой растительных волокон свидетельствовали об увеличении ВСС фарша в среднем на 10–11 %. Результаты дегустации продукта «Бифштекс рубленный» показали, что включение в рецептуру модифицированных комплексной обработкой наполнителей оказывает минимальное влияние на такие показатели как вкус, аромат и внешний вид продукта, что можно рассматривать как преимущество этой группы добавок. В то же время, происходит заметное улучшение консистенции продукта, более равномерное распределение влаги и жира внутри продукта, что способствует уплотнению структуры фарша, повышению сочности и нежности продукта. Наилучшие результаты показывают образцы с наполнителями из модифицированных волокон «Витацель WF-200» и «Уницель BF 500».

Тема использования пищевых волокон в качестве наполнителя для мясных продуктов уже неоднократно рассматривалась в профессиональном сообществе, однако данная работа предлагает взглянуть на эту тему под другим углом: акцент делается не на сам факт внесения волокон в рецептуру продукта, а на модификацию добавки из растительных волокон новым методом, включающим в себя комбинирование гидролитического действия фермента в совокупности с низкоинтенсивным тепловым воздействием. Мясопродукты, обогащенные пищевыми волокнами, не только выполняют энергетическую и пластическую функции, но и содействуют улучшению состояния здоровья благодаря позитивному физиологическому влиянию на функционирование желудочно-кишечного тракта [2].

ЛИТЕРАТУРА

- Уголев, А.М. Теория адекватного питания и трофология: учебник / А.М. Уголев. – М.: Наука, 1991. – 271 с.
- Дудкин, М.С. Пищевые волокна / М.С. Дудкин, Н.К. Черно, И.С. Казанская. – К.: Урожай, 1988. – 152 с.
- Бобренева, И.В. Подходы к созданию функциональных продуктов питания: Монография / И.В. Бобренева. – СПб.: ИЦ Интермедия, 2012. – 465 с.
- Донова, А.К. Исследование свойств и применение препаратов клетчаток в технологии мясных продуктов: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / А.К. Донова. – Воронеж, 2003. – 20 с.

Прянишников, В.В. Пищевые волокна и белки в мясных технологиях / В.В. Прянишников, А.В. Ильтяков, Г.И. Касьянов. – Краснодар: Экоинвест, 2012. – 200 с.

Прянишников, В.В. Пищевые волокна «Витацель» в технологии полуфабрикатов / В.В. Прянишников, В.Д. Колыхалова, Т.М. Гиро и др. // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 11. – С. 29–30.

Зимняков, В.М. Экономико-технологические аспекты производства и переработки продукции животноводства: монография / В.М. Зимняков, И.В. Гаврюшина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 178 с.

Данильчук, Т.Н. Модификация свойств пшеничной клетчатки совместным действием ферментации и электрического тока / Т.Н. Данильчук, Г.Г. Абдрашитова, И.А. Рогов // Пищевая промышленность. – 2015. – № 8. – С. 8–11.

Данильчук, Т.Н. Инновационные технологии переработки мясного сырья с использованием низкоинтенсивного акустического воздействия / Т.Н. Данильчук, И.А. Рогов, Г.Г. Абдрашитова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 7. – С. 15–17.

Аутлов, С.А. Микрокристаллическая целлюлоза: структура, свойства и области применения (обзор) / С.А. Аутов, Ю.Г. Базарнова, Е.Ю. Кушнир // Химия растительного сырья. – 2013. – № 3 – С. 33–41.

Данильчук, Т.Н. Влияние наполнителя из растительных волокон, модифицированных совместным действием целлюлазы и электромагнитного поля СВЧ диапазона, на свойства фарша в производстве мясных продуктов / Т.Н. Данильчук, Г.Г. Абдрашитова, И.Г. Кончаков // Сборник материалов участников XIII международного биотехнологического форума-выставки «Росбиотех-2019». – М.: МГУПП, 2019 – с. 57–66.

Юхневич, К.П. Сборник рецептур мясных изделий и колбас / К.П. Юхневич, А.В. Галянский. – СПб.: Наука, 1998. – 323 с.