

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЯБЛОЧНЫХ ЧИПСОВ: НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

*Донченко Л.В., д-р техн. наук, Лукьяненко М.В., канд. техн. наук,
Соболь И.В., канд. техн. наук, Чеботарева Е.Н., Белоусова А.И.*

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация, г. Краснодар*

Аннотация. *Переработка яблочных чипсов предполагает использование как традиционных методов, так и инновационных технологий. Это позволяет не только эффективно извлекать ценные компоненты, но и существенно сокращать количество отходов. В процессе изготовления чипсов образуется значительное количество вторичных отходов из яблочного сырья. Их объем составляет от 30 до 35 процентов от общего количества использованного сырья. Эти отходы представляют собой ценный источник как нерастворимых пищевых волокон, так и растворимых. Нами разработана яблочная клетчатка с ярко выраженными пребиотическими свойствами.*

Ключевые слова: *вторичное яблочное сырье, пищевые волокна, пектиновые вещества.*

RELEVANCE AND PROSPECTS OF COMPLEX PROCESSING OF APPLE CHIPS: SCIENTIFIC AND PRACTICAL ANALYSIS

*Donchenko L.V., Doctor of Technical Sciences,
Lukyanenko M.V., PhD in Engineering, Sobol I.V., PhD in Engineering,
Chebotareva E.N., Belousova A.I.*

*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trublin,
Russian Federation, Krasnodar*

Abstract. *Apple chip processing involves the use of both traditional methods and innovative technologies. This allows not only efficient extraction of valuable components, but also significantly reduces the amount of waste. In the process of making chips, a significant amount of secondary waste is generated from apple raw materials. Their volume ranges from 30 to 35 percent of the total amount of raw materials used. These waste products are a valuable source of both insoluble and soluble fiber. We have developed apple fiber with pronounced prebiotic properties.*

Keywords: *secondary apple raw materials, dietary fiber, pectin substances.*

В условиях современной пищевой промышленности, ориентированной на повышение эффективности и рациональное использование сырьевых ресурсов, технологии комплексной переработки продуктов питания приобретают особую значимость. В данном контексте, яблочные чипсы, как один из наиболее востребованных продуктов на рынке, представляют собой важный объект исследования [1].

Следует заметить, что наиболее динамично развивающимся сегментом в сфере инновационных пищевых продуктов является индустрия ready-to-eat (RTE), включающая сухие завтраки и снеки. Эти продукты прочно вошли в со-

временную культуру потребления, несмотря на критику со стороны приверженцев здорового питания и нутрициологов, акцентирующих внимание на потенциальных рисках для здоровья при их чрезмерном потреблении. Тем не менее, статистические данные о продажах свидетельствуют о высокой востребованности данной категории товаров, обусловленной ключевым преимуществом - возможностью мгновенного потребления без необходимости длительной кулинарной обработки [1, 2].

Комплексная переработка яблочных чипсов включает в себя не только традиционные методы обработки, но и инновационные подходы, направленные на максимальное извлечение ценных компонентов и минимизацию отходов. Данная технология позволяет не только повысить качество конечного продукта, но и оптимизировать производственные процессы, снижая затраты на сырье и энергию.

Особое внимание следует уделить аспектам экологической устойчивости и экономической эффективности комплексной переработки. Внедрение технологий переработки вторичного яблочного сырья способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду за счет уменьшения объемов отходов и рационального использования природных ресурсов. С экономической точки зрения, комплексная переработка яблочных чипсов открывает новые возможности для расширения ассортимента продукции и повышения конкурентоспособности предприятий.

В контексте этих тенденций, специалисты в области пищевой инженерии и нутрициологии направляют свои усилия на разработку методов повышения пищевой и биологической ценности продуктов быстрого приготовления.

Яблочные чипсы представляют собой продукт, обладающий уникальным спектром биологически активных соединений, включая разнообразные микроэлементы и витамины. Эти нутриенты играют ключевую роль в поддержании гомеостаза организма, обеспечении метаболических процессов и стимулировании физиологического развития. Исходное сырье, из которого производятся чипсы, изначально содержит весь спектр этих полезных компонентов, что делает их важным источником нутриентов [3].

Однако, при переработке яблочного сырья в технологических процессах некоторые важные характеристики, такие как вкус, аромат и цвет, изменяются под воздействием ферментов. Наиболее значимыми среди них, по данным научных исследований, являются окислительно-восстановительные и гидролитические ферменты. Их действие приводит к снижению пищевой ценности продукта и ухудшению его качества по сравнению с исходным сырьем. Особенно заметное влияние на биологические процессы в яблоках, вызывающие нежелательное потемнение при сушке, оказывают такие ферменты, как аскорбиноксидаза, пероксидаза и фенолоксидаза.

Американскими учеными при изучении ферментативной активности яблок сортов Golden Delicious, Jonagored, Golden Smoothie и Spur Delicious., выращиваемых в Западной Европе и США, выявлены закономерности изменения активности основных ферментов [4].

В трудах белорусских ученых также отмечается, что в результате влияния ферментов яблок белорусской климатической зоны целесообразно для промышленной переработки использовать зимние и позднезимние сорта с высокой технологической ценностью [4].

Результаты исследования фенольного состава кубанских яблок подтвердили эти выводы. Выяснилось, что ферментативное потемнение у поздних сортов начинается через 40-50 минут после разрезания, а у ранних — через 5 минут. Это подчеркивает разницу в биохимическом поведении сортов и важность учета фенольных характеристик при выборе для переработки.

Одним из современных методов улучшения органолептических и физико-химических свойств яблочных чипсов является обработка нарезанных яблок в специальных растворах. Эти растворы содержат сахарозу, лимонную кислоту и другие добавки, которые выступают в роли консервантов и улучшают вкусовые качества продукта. Все существующие методы обработки включают обязательную предварительную нарезку яблок на тонкие ломтики. Это необходимо для получения конечного продукта в виде кружочков толщиной от 1 до 2,5 мм. Такая форма нарезки значительно снижает энергозатраты на последующей стадии сушки, обеспечивая достижение оптимальной влажности продукта в пределах 8-10%.

В процессе переработки яблок для изготовления снековой продукции важными этапами являются удаление сердцевин и депульпирование. Эти операции являются неотъемлемой частью производственного цикла и выполняются с использованием специализированного оборудования, которое обеспечивает высокую степень автоматизации и эффективности. В результате этих технологических операций образуется значительное количество отходов, биомасса которых составляет примерно 30—35% от первоначального веса фруктов.

В результате переработки яблок образуются отходы, которые включают в себя как фракцию кожуры с прилегающим слоем паренхимы, так и семенное ложе, содержащее семена и окружающий их слой мезокарпия. Комплексная переработка данного сырья не только способствует эффективной утилизации отходов, но и представляет собой важный элемент оптимизации производственного процесса, а также минимизации экологического следа.

Известно, что вторичное яблочное сырье является источником для производства яблочного пектина. Согласно статистическим данным, пектин, извлекаемый из яблочных выжимок, составляет от 30 до 35% мирового производства пектиновых веществ.

В свежих яблоках доминирует протопектин, составляя от 52,3 до 97,0 % от общего количества пектиновых веществ [5]. Содержание пектина в мякоти яблок низкое и колеблется в пределах $0,95 \pm 0,01\%$, из которых нерастворимый пектин составляет $0,80 \pm 0,01\%$, а растворимый — $0,16 \pm 0,01\%$ [5]. Стоит отметить, что основная часть пектиновых компонентов сосредоточена в кожуре и семенных камерах яблока.

Внешняя паренхима является структурной основной зоной плода и составляет более чем 80% к сухой массе (рисунок 1).

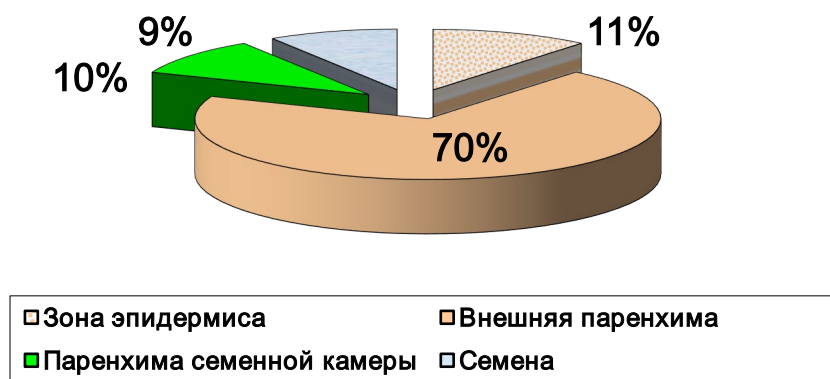


Рисунок 1. Распределение основных структурных зон в плодах яблони

Содержание пектиновых веществ распределяется по зонам следующим образом: в кожуре – 4,7 – 5,2% к массе сухих веществ; внешней паренхиме – 1,8 – 1,9%; паренхиме семенной камеры и семенах – 5,1 – 5,3%. При этом наибольшая доля протопектина содержится в кожуре, а водорастворимого пектина – в мякоти [5].

При хранении яблок соотношение фракций пектиновых веществ изменяется. Общее содержание пектина, как правило, уменьшается. Так, в яблоках сорта Джонатан в начале хранения содержится 0,78%, сорта Голден Делишес – 0,80% пектиновых веществ, а в конце хранения остается 0,54 и 0,59% соответственно

В процессе хранения яблок наблюдается изменение фракционного состава пектиновых веществ, что приводит к снижению их общего содержания. Так, в плодах сорта Джонатан в начальный период хранения содержание пектиновых веществ составляет 0,78%, а у сорта Голден Делишес - 0,80%. К окончанию периода хранения данный показатель снижается до 0,54% и 0,59% соответственно, что свидетельствует о деградации пектиновых структур под воздействием метаболических процессов и факторов внешней среды. Это следует учитывать не только при оценке качества при производстве чипсов, но и технологического потенциала вторичного сырья.

Целью наших исследований являлось выявление закономерности влияния периода переработки на содержание пектиновых веществ во вторичном яблочном сырье.

В рамках данного исследования в качестве объекта изучения было выбрано яблочное вторичное сырье, получаемое в процессе переработки яблок на предприятии ООО «Биодинамика», которое является нашим производственным партнером.

Количественное определение пектиновых веществ осуществляли в растительном материале путем исследования экстрактов гидратопектина и протопектина с использованием кальций-пектатного метода.

Для определения содержания сырой клетчатки в образцах применяли метод Геннесберга и Штомана. Этот общепринятый метод включает обработку пробы продукта кислотами и щелочами. Затем следуют этапы промывки, вы-

сушивания, взвешивания нерастворимых остатков и определения потери массы при прокаливании.

Результаты изучения влияния периода переработки яблок при производстве чипсов на содержание пектиновых веществ приведены в таблице.

Таблица

Содержание пектиновых веществ во вторичном сырье в зависимости от периода переработки яблок для производства чипсов, % к сухой массе

Период переработки яблока для производ- ства чипсов	Кожура с прилегающим слоем паренхимы		Семена и семенная паренхима	
	протопектин	гидратопектин	протопектин	гидратопектин
Январь	5,61	0,19	4,92	0,18
Февраль	5,60	0,20	4,91	0,19
Март	5,59	0,21	4,91	0,19
Апрель	5,55	0,25	4,93	0,17
Август	5,61	0,19	4,94	0,16
Сентябрь	5,63	0,17	4,96	0,14
Октябрь	5,61	0,19	4,93	0,17
Ноябрь	5,62	0,18	4,93	0,17
Декабрь	5,62	0,18	4,93	0,17

Анализ табличных данных показывает, что в процессе переработки происходит изменение соотношения протопектина и гидратопектина. В частности, наблюдается увеличение концентрации гидратопектина при одновременном снижении содержания протопектина. Эти результаты согласуются с теорией биохимических изменений, происходящих в яблоках во время их хранения.

Однако, следует отметить, что существенных изменений в сырье перерабатываемом на ООО «Биодинамика» не наблюдается.

С учетом полученных результатов нами разработан способ получения клетчатки, состав которого показан на рисунке 2.

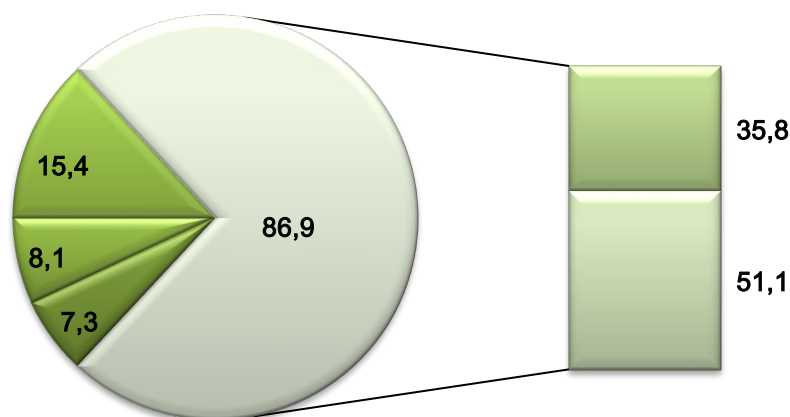


Рисунок 2. Содержание растворимых и нерастворимых пищевых волокон, % к сухой массе

На основании анализа предоставленных данных можно сделать вывод о том, что порошок, полученный из яблочных вторичных отходов производственного партнера, характеризуется высоким содержанием пищевых волокон (51,1 %), в том числе растворимых (15,4 %). При этом содержание гидратопектина составляет 7,3 %, протопектина – 8,1 %, сырой клетчатки – 35,8 %.

Эти результаты позволяют классифицировать данный продукт как яблочную клетчатку, что подтверждается его физико-химическими свойствами и составом.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой перспективности комплексной переработки яблочного сырья с целью получения чипсов и клетчатки в рамках многоступенчатого технологического процесса. Данная инновационная стратегия переработки позволяет оптимизировать использование природных ресурсов и расширить ассортимент продуктов с высокой добавленной стоимостью, что представляет значительный интерес для пищевой промышленности и агропромышленного комплекса.

Работа выполнена с использованием оборудования НИИ Биотехнологии и сертификации пищевой продукции ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ. Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда, ООО «БИОДИНАМИКА» в рамках проекта № НТИП-24.1/4 «Разработка технологии продуктов здорового питания из вторичных сырьевых ресурсов переработки яблок».

Литература

1. Голубева О.В., Белоусова К.В., Большакова Ю.С. Маркетинговое исследование спроса на снековую продукцию потребителями // Инновационная экономика: Перспективы развития и совершенствования. 2019. №2 (36). С. 195-201.
2. Фицурина М.С., Кузнецова О.А., Кузнецов А.В. Тенденции развития рынка FMGG (снековая продукция) в условиях распространения Covid-19 // Экономика и предпринимательство. 2020. №3 (116). С. 590-595.
3. Акимов М. Ю. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами // Достижения науки и техники. 2019. № 2. Т. 33. С. 56–60.
4. Кенжеханова М.Б., Мамаева Л.А., Ветохин С.С., Тулекбаева А.К. Разработка технологии изготовления яблочных чипсов на основе результатов оценки технологических и потребительских свойств исходного яблочного сырья // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. 2024. №2. С. 43–53
5. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. М.: ДеЛи принт, 2007. 276 с