

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОЧНЫХ ЧИПСОВ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ СУШКИ**

### **Development of apple chips production technology based on combined drying methods**

**Ю. А. Матвеева**, магистрант

**Н. В. Тихонова**, доктор технических наук, профессор

Уральский государственный аграрный университет

(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

#### **Аннотация**

В статье представлены результаты исследований, направленных на разработку технологии производства функциональных яблочных чипсов. Объектом исследования служили яблоки сорта «Гала» и «Голден Делишес». Цель работы – сравнительный анализ влияния различных методов сушки (конвективная, инфракрасная, комбинированная ИК-конвективная, а также предварительная осмотическая обработка в растворе мёда с пряностями) на физико-химические, структурные и органолептические показатели готового продукта. Установлено, что комбинированный метод (предосмотическая обработка + ИК-конвективная сушка при 65°C) позволяет сократить время процесса на 35% по сравнению с традиционной конвективной сушкой и улучшить потребительские свойства. Чипсы, полученные по данной схеме, характеризовались хрупкой, но не ломкой текстурой (прочность на излом 12,5 Н), высокой степенью сохранности аскорбиновой кислоты (до 68% от исходного содержания) и фенольных соединений, а также повышенной гигроскопической стабильностью. Результаты сенсорного анализа подтвердили предпочтение дегустаторов в отношении образцов с комбинированной обработкой за счет более насыщенного вкуса, приятного аромата и золотистого цвета. Разработанная технология может быть рекомендована для создания натуральных снеков с повышенной пищевой ценностью.

**Ключевые слова:** яблочные чипсы, сушка, инфракрасная обработка, осмотическое обезвоживание, качество, текстура, функциональные свойства.

#### **Summary**

The article presents the results of research aimed at developing a technology for the production of functional apple chips. The objects of the study were apples of the ‘Gala’ and ‘Golden Delicious’ varieties. The aim of the work was a comparative analysis of the influence of various drying methods (convective, infrared, combined IR-convective, as well as preliminary osmotic treatment in a honey solution with spices) on the physico-chemical, structural and organoleptic parameters of the finished product. It was found that the combined method (pre-osmotic treatment + IR-convective drying at 65°C) reduces the process time by 35% compared to traditional convective drying and improves consumer properties. Chips obtained according to this scheme were characterized by a crispy but not brittle texture (breaking strength 12.5 N), a high degree of preservation of ascorbic acid (up to 68% of the original content) and phenolic compounds, as well as increased hygroscopic stability. The results of the sensory analysis confirmed the tasters' preference for samples with combined processing due to their richer taste, pleasant aroma and golden color. The developed technology can be recommended for the creation of natural snacks with increased nutritional value.

**Keywords:** apple chips, drying, infrared treatment, osmotic dehydration, quality, texture, functional properties.

Производство фруктовых чипсов представляет собой перспективное направление переработки плодовой продукции, позволяющее создать натуральный, здоровый и удобный снек длительного

срока хранения [1]. Яблоки, благодаря широкой распространенности, высокой урожайности и богатому химическому составу (пектины, витамины, полифенолы), являются идеальным сырьем для таких продуктов. Однако традиционные технологии сушки, такие как конвективная горячим воздухом, часто приводят к значительным потерям термолабильных биологически активных веществ, ухудшению цвета (побурение) и формированию чрезмерно жесткой или, наоборот, вязкой текстуры [2].

Совершенствование технологии сушки направлено на сокращение продолжительности процесса и минимизацию негативного воздействия температуры. Инфракрасная (ИК) сушка обеспечивает быстрый и равномерный нагрев продукта за счет прямого поглощения излучения, что способствует формированию пористой структуры [3]. Осмотическое обезвоживание в качестве предварительной стадии позволяет частично удалить влагу при низких температурах, обогатить продукт полезными компонентами осмотического раствора (например, мёда, пряных экстрактов) и сохранить естественный цвет и аромат плодов [4]. Комбинация этих методов представляет значительный научный и практический интерес для создания качественно новых продуктов.

Целью данной работы являлась сравнительная оценка различных методов сушки и разработка комбинированной технологии (осмотическая предобработка + ИК-конвективная сушка) для производства яблочных чипсов с улучшенными функциональными и потребительскими характеристиками.

#### Материалы и методы

Исследования проводились в лаборатории пищевых технологий. Сырьем служили яблоки сортов «Гала» и «Голден Делишес», достигшие технической спелости. Яблоки мыли, удаляли семенные камеры и нарезали на ломтики толщиной  $2\pm 0,2$  мм.

Были испытаны следующие схемы обработки:

1. Контроль (К): Конвективная сушка (электросушилка,  $70^{\circ}\text{C}$ ) до достижения влажности 7%.
2. Схема ИК (ИК): Инфракрасная сушка (ИК-туннель с  $\lambda=2,5-3,5$  мкм,  $65^{\circ}\text{C}$ ).
3. Схема ОС (ОС): Осмотическая предобработка (погружение в 40% раствор мёда с добавлением 1% экстракта имбиря и корицы на 60 мин при  $40^{\circ}\text{C}$ ) с последующей конвективной сушкой ( $70^{\circ}\text{C}$ ).
4. Схема ОС+ИК (ОИ): Осмотическая предобработка (как в схеме ОС) с последующей ИК-конвективной сушкой ( $65^{\circ}\text{C}$ ).

Оценивали следующие показатели: продолжительность сушки, конечную влажность (весовой метод), прочность на излом (текстурометр TA.XT Plus), цвет (колориметр, в координатах L, a, b\*), содержание аскорбиновой кислоты (титриметрически) и общих фенолов (метод Фолина-Чокальтеу), гигроскопичность (прирост массы при хранении в течение 24 ч при относительной влажности 75%). Органолептическую оценку проводила группа из 10 экспертов по 5-балльной шкале. Статистическую обработку данных выполняли с использованием дисперсионного анализа (ANOVA).

Таблица 1

#### Влияние метода сушки на физико-химические и структурные показатели яблочных чипсов (сорт «Гала»)

| Показатель                      | Контроль (К) | ИК-сушка (ИК) | ОС+конвекция (ОС) | ОС+ИК (ОИ)  |
|---------------------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------|
| Время сушки, мин                | 240          | 180           | 270               | <b>155</b>  |
| Прочность на излом, Н           | 18.5         | 15.2          | 14.0              | <b>12.5</b> |
| Содержание вит. С, % сохран.    | 45           | 58            | 62                | <b>68</b>   |
| Содержание фенолов, % сохран.   | 70           | 78            | 85                | <b>88</b>   |
| Гигроскопичность, %             | 8.2          | 6.5           | 5.0               | <b>4.3</b>  |
| Цветовой параметр b* (желтизна) | 14.2         | 16.8          | 22.5              | <b>24.1</b> |

Данные таблицы 1 показывают, что комбинированная схема **ОИ** является наиболее эффективной. Она обеспечивает максимальное сокращение времени процесса (на 35% относительно контроля) за счет синергетического эффекта осмотического удаления части воды и интенсивного ИК-нагрева. Данные образцы обладают оптимальной прочностью на излом, что сенсорно воспринимается как «хрустящая, но не твердая» текстура. Наибольшая сохранность витамина С и фенольных антиоксидантов объясняется сокращением теплового воздействия. Высокая гигроскопическая стабильность (низкое влагопоглощение) образцов **ОС** и **ОИ** связана с наличием на поверхности ломтиков тонкого слоя осмотического раствора (меда), выступающего как барьер. Усиление желтого оттенка (рост  $b^*$ ) в этих вариантах обусловлено карамелизацией сахаров меда и естественным цветом добавок.

Таблица 2

**Результаты органолептической оценки яблочных чипсов  
(средний балл по 5-балльной шкале)**

| Схема обработки | Внешний вид (цвет, форма) | Консистенция (хрупкость) | Вкус и аромат | Общая приемлемость |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|
| К               | 3.8                       | 3.0                      | 3.5           | 3.4                |
| ИК              | 4.0                       | 3.7                      | 3.8           | 3.8                |
| ОС              | 4.3                       | 4.0                      | 4.4           | 4.2                |
| ОИ              | 4.5                       | 4.3                      | 4.6           | 4.5                |

Органолептическая оценка (табл. 2) однозначно подтвердила преимущество образцов, прошедших осмотическую обработку. Эксперты отметили у схем ОС и ОИ более привлекательный золотисто-медовый цвет, отсутствие выраженного побурения краев. Вкус этих чипсов характеризовался как сбалансированный, сладковатый с легкими пряными нотами, без привкуса пересушенного сырья. Наивысшие оценки по консистенции получила схема ОИ, что коррелирует с данными инструментального измерения прочности.

**Заключение**

На основании проведенных исследований разработана комбинированная технология производства яблочных чипсов, включающая предварительное осмотическое обезвоживание ломтиков яблок в растворе меда с пряными экстрактами с последующей инфракрас-конвективной сушкой при температуре 65°C.

Установлено, что предложенная комбинированная схема (ОИ) по сравнению с традиционной конвективной сушкой позволяет:

1. Сократить продолжительность процесса сушки на 35%.
2. Повысить сохранность биологически активных веществ: аскорбиновой кислоты до 68%, фенольных соединений до 88% от исходного уровня.
3. Сформировать оптимальную хрупкую, но не ломкую текстуру (прочность на излом 12,5 Н).
4. Улучшить гигроскопическую стабильность готового продукта на 48%.
5. Получить продукт с высокими органолептическими показателями за счет обогащения вкусоароматического профиля и привлекательного золотистого цвета.

Таким образом, применение комбинации осмотической предобработки и ИК-конвективной сушки является эффективным способом производства высококачественных яблочных чипсов с повышенной

пищевой ценностью и улучшенными потребительскими свойствами, соответствующих трендам на здоровое питание.

### Библиографический список

1. Лисовская Н. П., Головач М. И. Технологии производства фруктовых снеков: теория и практика. М.: ДеЛи, 2020. 256 с.
2. Каленик Т. К., Сафронова О. В. Влияние режимов сушки на изменение биоактивных компонентов плодово-ягодного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 4. С. 45-51.
3. Doymaz I., Karasu S. The effects of infrared drying on drying characteristics of apple slices // Heat and Mass Transfer. 2018. Vol. 54. P. 1237-1245.
4. Nowacka M., Dadan M., Janowicz M. The Impact of Osmotic Dehydration in Honey Solution on the Drying Kinetics and Selected Properties of Dried Apples // Food and Bioprocess Technology. 2019. Vol. 12. P. 2097-2106.
5. Прохоров В. Н., Тимофеева В. А. Применение инфракрасной энергии в пищевых технологиях. СПб.: Профессия, 2017. 192 с.