

порівняння. У шкірках і насінні утворюється велика кількість сполук, які слугують відновниками в певному субстраті – провареній кавуновій м'якоті. Очевидно, що кавунова м'якоть є субстратом при ферментативному відновленні природного аромату.

У клітинах кавунових шкірок ліпіди присутні у вигляді комплексів з білками (ліпопротеїдів) і можуть бути виділені лише після їхнього руйнування (наприклад, етиловим або метиловим спиртом). Тому після грубого подрібнення шкірки обробляли етиловим спиртом, в тому числі і для збільшення поверхні окислення та розщеплення ліпідоподібних речовин. Ліпази та ліпоксигенази з насіння кавуна вилучали екстрагуванням водою. Після витримки протягом 0,5 діб визначали ідентичність і насиченість аромату в готових виробках. Отримані препарати ароматоутворюючих ферментів використовували для вивчення кінетики утворення ароматичних речовин на різних субстратах. Шкірки, зрізані з зовнішнього покриву кавуна, змішані з сіллю і витримані протягом 24 годин, виділяють свіжі ароматичні компоненти і можуть бути використані разом з водним екстрактом насіння.

Висновок: Натуральні ароматизатори краще діють у природному оточенні, тобто у вигляді натуральних водних та спиртових екстрактів, що містять, крім діючого початку, ще й додаткові компоненти, надають стабілізуючий ефект, антиоксидантну дію або підсилюють аромат основного компонента. Насіння використовують як природне джерело ферментів для ароматичних компонентів кавунової м'якоті. При водному екстрагуванні і наступному внесенні в м'якоть відбувається формування матриці стійкого аромату. Частково аромат утворюють ферменти насіння, частково аромат формується при ферментуванні шкірок і вноситься разом з водним екстрактом насіння. Внесення активного початку, що відновлює аромат з ферментованих кавунових шкірок, і водного розчину подрібненого насіння дозволяє відновити аромат концентрованого кавунового соку, кавунового пюре, що важливо для консервної промисловості.

Література

1. Безусов А.Т., Дубова Г.Е., Мельник О.И. Новая технология получения ароматических веществ [Текст]://Пищевая наука и технология. – 2008. – №4(5). – с.35-38.
2. Дубова Г.Е. Роль ферментов в образовании аромата пищевых продуктов // Пищевая наука и технология. – 2009. – №3(8) – с. 42 – 44.
3. Методы биохимического исследования растений / А.И.Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др. Под ред. А.И. Ермакова.– Л.: Агропромиздат, 1987.– 430 с.
4. Izumi Yajima, Hidemasa Sakakibara, Junichi Ide, Tetsuya Yanai and Kazuo Hayashi. Volatile Flavor Components of Watermelon {Citrullus vulgaris}// Agric. Biol. Chem. – 1985. – 49 (11). – p.3145-3150.

УДК 664.8.03:664.854

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ СУШКИ ЯБЛОЧНЫХ ЧИПСОВ

**Никитенко А.Н., ассистент, Егорова З.Е., канд. техн. наук, доцент
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск
Слижук Д.С., научный сотрудник**

Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

В работе представлены результаты обоснования режимов сушки яблочных чипсов с использованием анализа кривых сушки и данных органолептических и физико-химических исследований. Определен оптимальный режим производства яблочных чипсов: температура теплоносителя 80 °С, скорость 1 м/с, а также диапазон активности воды 0,330-0,365, характеризующий высокое качество готового продукта из яблок сорта Вербное. Установлено, что при переработке на чипсы существенно уменьшалось содержание витамина С (5 и более раз), содержание флавонолов, суммы катехинов и лейкоантоцианов снизилось на (9–28) %.

The regimes of apple chips drying, which use the drying curves as well as organoleptic, physical and chemical analyses, are presented in the article. The obtained optimal mode of apple chips manufacturing runs within the following limits: heat-carrier temperature 80°C, speed of 1 m/s, and also a range of activity of the water for Vербное apples 0,330–0,365. It is established, that the most significant lost is for vitamin C maintenance (5 and more), flavonole and the sums catechines and anthocyanins (9-28) % in the drying process.

Ключевые слова: яблочные чипсы, сушка, режимы сушки, фенольные соединения, флавонолы, катехины, лейкоантоцианы, активность воды.

Сушка – заключительный этап технологического процесса изготовления многих пищевых продуктов, в том числе и яблочных чипсов. В отличие от традиционно применяемой в технологии чипсов обжарки, использование сушки предполагает получение продукта, близкого по своим характеристикам к диетическому. Очевидно, что в процессе сушки происходит формирование окончательных органолептических (цвет, вкус, аромат, консистенция), физико-химических (содержание влаги, сахаров, витаминов и др.), биохимических (активность ферментов) и токсикологических (оксиметилфурфурол) показателей. Поэтому определение оптимальных режимов данной технологической операции – важная научная и практическая задача.

Отличительной особенностью яблок является повышенное содержание в них углеводов, концентрация которых в клеточном соке по мере удаления влаги повышается, что замедляет дальнейший процесс сушки. Высокое содержание пектиновых веществ в яблоках также затрудняет сушку, поскольку пектины обладают значительной способностью связывать и удерживать влагу. Наряду с высокой концентрацией сахаров, наличие в сырье аминокислот обуславливает необходимость использования невысоких температурных режимов для сушки из-за протекания процессов меланоидинообразования и карамелизации [1–4].

Учитывая вышеизложенное, целью настоящей работы была разработка оптимальных режимов сушки подготовленных полуфабрикатов яблочного сырья, обеспечивающих высокое качество готового продукта.

Отработку режимов сушки осуществляли на яблоках сорта Вербное белорусской селекции. Выбор данного сорта был обусловлен результатами наших предыдущих исследований [5]. Сушке подвергали яблочные пластинки толщиной (1,5-2,0) мм, бланшированные в сахарокислотном растворе и выложенные в один слой, плотность укладки при этом составила 2 кг/м². Сушку осуществляли на лабораторном экспериментальном стенде ИТМО, представляющем собой сушилку конвективного типа, снабжённую датчиками изменения массы высушиваемого продукта, температуры и скорости сушильного агента и осуществляющую процесс сушки в автоматическом режиме с постоянной регистрацией режимных параметров.

Для определения оптимальных параметров сушки был спланирован эксперимент, условия, проведения которого представлены в табл. 1

Таблица 1 – Условия эксперимента и уровни варьирования факторов

Температура теплоносителя (t), °C	Скорость теплоносителя (v), м/с
70, 80*, 90	0,5
70, 80	1

* – использовался теплоноситель в режиме рециркуляции.

В яблочных чипсах определяли следующие показатели:

1) органолептические – вкус, цвет, аромат и консистенцию по СТ СЭВ 4710 [6] дегустационной оценкой по пятибалльной шкале комиссией из пяти человек.

2) физико-химические:

- содержание витамина С – визуальным титрованием по ГОСТ 24556–89 [7];
- количество фенольных соединений – фотоколориметрическим методом с реактивом Фолина-Чокольеу в пересчёте на галловую кислоту по методике Смородова – Бианки Г. Б. [8];
- содержание флавонолов – фотоколориметрическим методом по цветной реакции с хлоридом алюминия в пересчёте на кверцетин [8];
- суммарное содержание катехинов и лейкоантоцианов – фотоколориметрическим методом с использованием ванилинового реактива [8];
- массовую долю влаги – термogrавиметрическим методом по ГОСТ 28561–90 [9];
- активность воды (a_w) – на анализаторе активности воды Roremeter RM-10, по методике, изложенной в [10].

Результаты проведенных исследований представлены на рис. 1-7 и табл. 2.

Кривые сушки яблочных чипсов на рис. 1-3 показывают, что изменение влажности в процессе сушки готового продукта носило экспоненциальный характер, процесс потери влаги включал периоды прогрева продукта, постоянной и падающей скорости сушки. Наиболее интенсивное удаление влаги происходило впервые (20-25) мин процесса сушки. Следующий этап сушки определял качество готовых чипсов и предполагал доведение конечной влажности чипсов до величины не более 8 % при умеренной температуре теплоносителя.

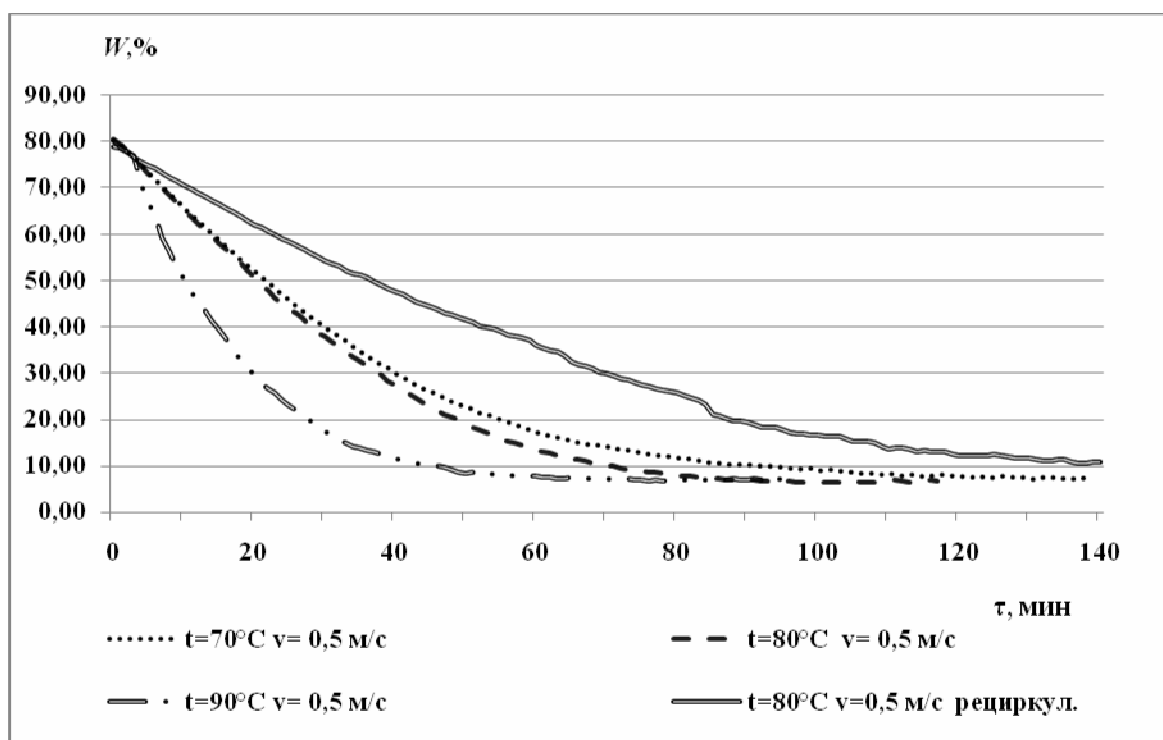


Рис. 1 – Изменение влажности при различных температурах сушильного агента (скорость сушильного агента 0,5 м/с)

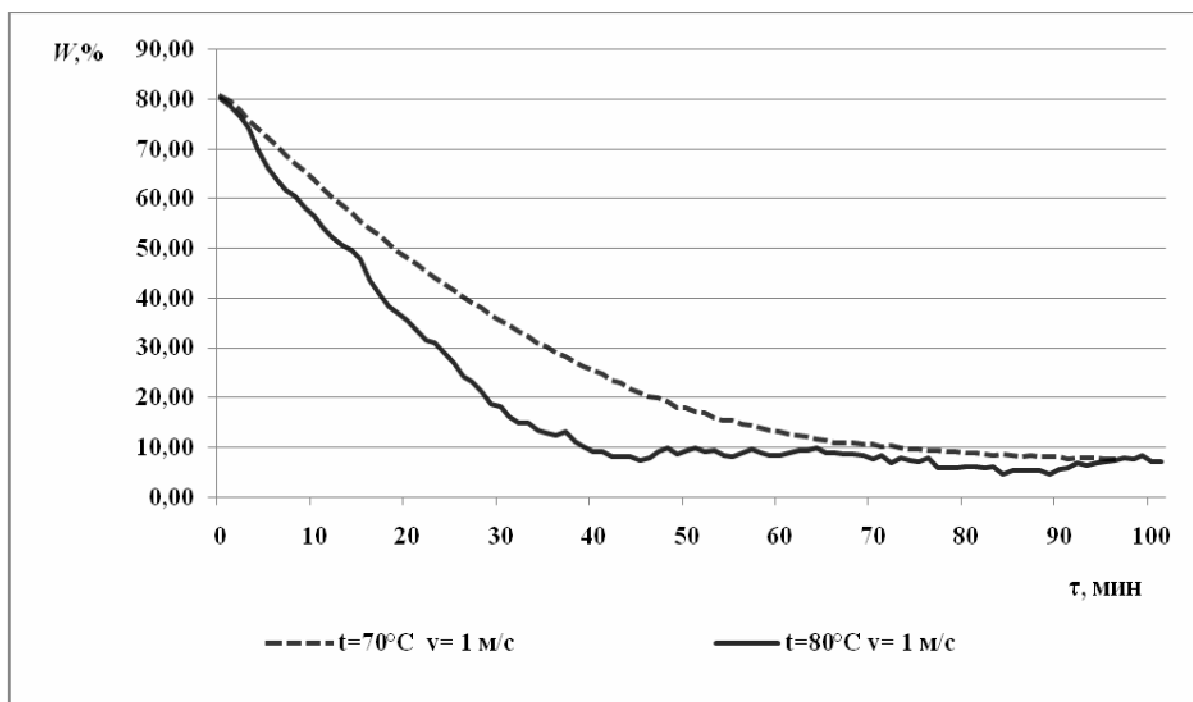


Рис. 2 – Изменение влажности при различных температурах сушильного агента (скорость сушильного агента 1,0 м/с)

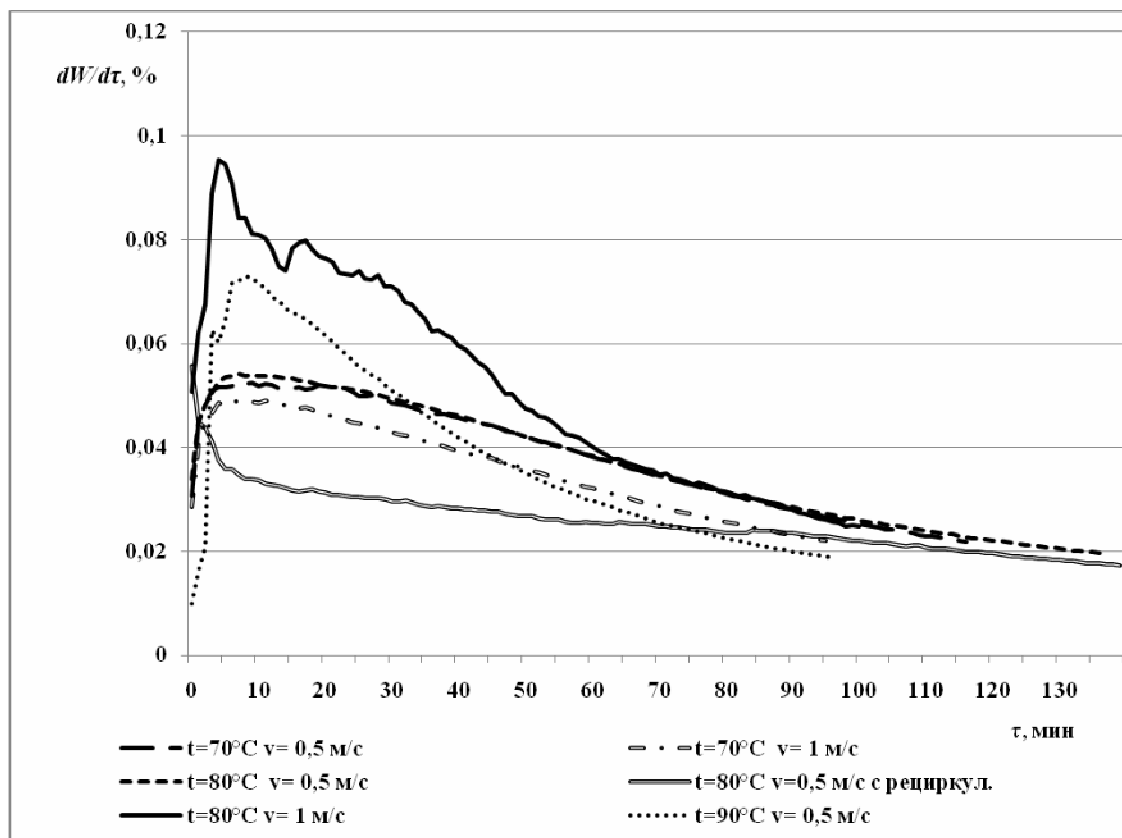


Рис. 3 – Изменение скорости сушки при различных режимах сушки яблочных чипсов

На рис. 1-2 представлены кривые, характеризующие влияние температуры и скорости теплоносителя на продолжительность сушки образцов яблок. Как видно из приведенных зависимостей, изменение температуры теплоносителя от 70 до 90 °С приводит к интенсификации процесса сушки: при скорости теплоносителя 0,5 м/с повышение температуры приводит к уменьшению продолжительности сушки с 120 до 70 мин (рис. 1), а изменение температуры теплоносителя от 70 до 80 °С при скорости 1 м/с сокращает продолжительность сушки в 1,3 раза. Дальнейшее повышение температуры теплоносителя (свыше 90 °С) нецелесообразно из-за ухудшения качества готового продукта (потемнение, появление неприятного запаха). Использование режима рециркуляции сушильного агента увеличивает продолжительность сушки в 1,8 раза за счет повышения его относительной влажности и уменьшения скорости сушки.

Увеличение скорости теплоносителя с 0,5 до 1 м/с сокращает время сушки: при 70 °С в 1,5 раза, а при 80 °С на 12 %. Однако, с ростом скорости сушильного агента увеличиваются энергозатраты, поэтому его дальнейшее повышение является экономически необоснованным.

Скорость сушки (рис. 3) резко возрастает впервые 7 мин, затем в течение 20 мин является практически постоянной, после чего, начинает медленно падать и к окончанию процесса приближается к постоянному значению. Наибольшая скорость удаления влаги была при использовании режимов $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 1\text{ м/с}$ и $t = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 0,5\text{ м/с}$.

Для окончательного выбора параметров сушки нами были проведены исследования органолептических и физико-химических показателей изготовленных образцов яблочных чипсов (рис. 4-7, табл. 2).

Из данных, приведенных на рис. 4 и 5 видно, что по сравнению с исходным содержанием в яблоках, содержание витамина С, фенольных соединений, флавонолов, суммы катехинов и лейкоантоцианов в готовых чипсах уменьшилось.

Увеличение температуры и скорости сушильного агента привело к более интенсивной потере витамина С: при температуре сушильного агента 70 °С и скорости 0,5 м/с содержание витамина С уменьшилось на 77 %, а при температуре сушильного агента 90 °С и скорости 0,5 м/с на 90 %. При скорости теплоносителя 1 м/с разрушение витамина С составило при 70 °С – 81 %, а при 80 °С – 87%.

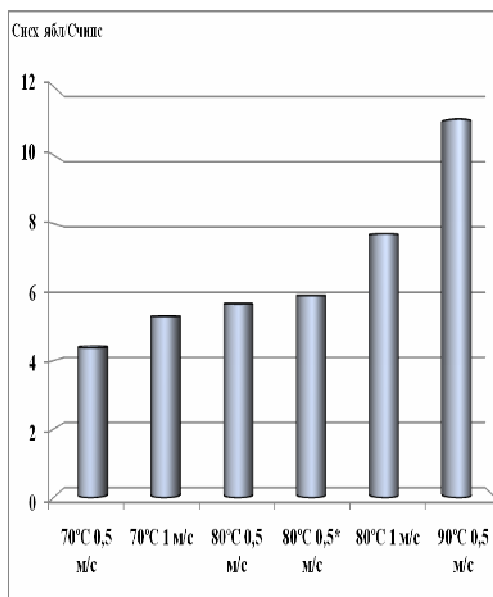


Рис. 4 – Динамика разрушения витамина С при производстве яблочных чипсов

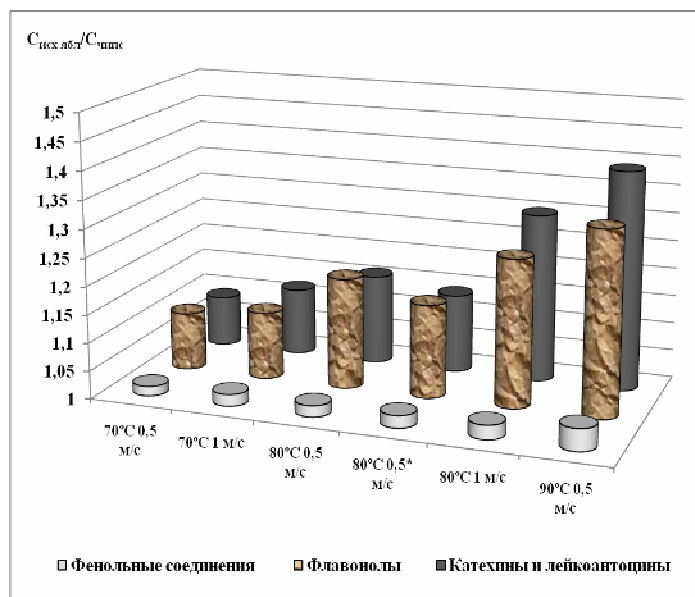


Рис. 5 – Динамика снижения общего содержания фенольных соединений, флавонолов, катехинов и лейкоантоцианов при производстве чипсов из яблок

* – использовался теплоноситель в режиме рециркуляции

Снижение содержания фенольных соединений во всех образцах яблочных чипсов находилось в диапазоне (2-4) %, а содержания флавонолов и суммы катехинов и лейкоантоцианов – (9-28) %. Необходимо отметить, что для всех рассматриваемых режимов, при увеличении температуры и скорости теплоносителя происходило более интенсивное снижение данных показателей (для $t = 90^\circ\text{C}$, $v = 0,5$ м/с наиболее существенно).

Поскольку активность воды отражает степень участия воды в различных процессах, включающих ферментативные, неферментативные и микробиологические превращения, следовательно, величина a_w должна учитываться при оценке качества изготовленных образцов. Анализ данных, приведенных в таблице 2, показал, что активность воды яблочных чипсов не зависит от содержания влаги и увеличение температуры и скорости сушильного агента в процессе производства приводит снижению a_w . Самые низкая активность воды была отмечена для более напряженных режимов – $t = 80^\circ\text{C}$, $v = 1$ м/с; $t = 90^\circ\text{C}$, $v = 0,5$ м/с.

Таблица 2 – Активность воды яблочных чипсов, изготовленных с использованием различных режимов сушки

Номер образца	Температура сушильного агента, $^\circ\text{C}$	Скорость сушильного агента, м/с	Активность воды, a_w	Массовая доля влаги, %
1	70	0,5	0,408	7,77
2	70	1	0,430	7,29
3	80	0,5	0,387	7,55
4	80	0,5*	0,397	9,39
5	80	1	0,362	7,00
6	90	0,5	0,333	7,30

* – использовался теплоноситель в режиме рециркуляции

Результаты органолептического анализа показали, что все образцы яблочных чипсов по оцениваемым показателям соответствовали четырём и выше баллам. Наиболее высокая оценка была выставлена образцам № 5 ($t = 80^\circ\text{C}$ и $v = 1,0$ м/с) и № 6 ($t = 90^\circ\text{C}$ и $v = 0,5$ м/с) (рис. 6-7).

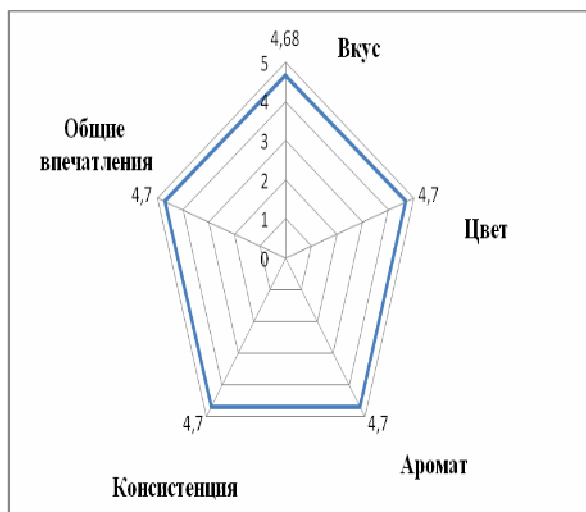


Рис. 6 – Органолептическая оценка образца № 5

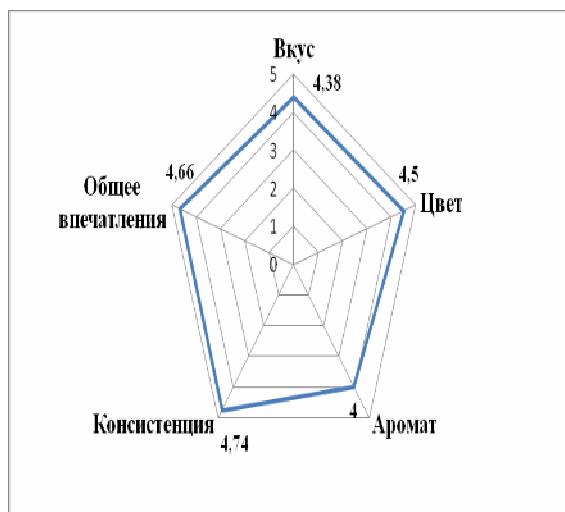


Рис. 7 – Органолептическая оценка образца № 6

Выводы

Учитывая представленные выше данные, установлено, что при переработке на чипсы наиболее существенными были потери в содержании витамина С (5 и более раз). Общее содержание фенольных соединений в яблочных чипсах уменьшилось незначительно – на (2-4) %, а содержание флавонолов и суммы катехинов и лейкоантоцианов на (9-28) %.

Диапазон активности воды изготовленных яблочных чипсов 0,330–0,365, характеризует высокие вкусо-ароматические свойства продукта из яблок сорта Вербное и стабильное сохранение качества при хранении.

С точки зрения сохранности витамина С, флавонолов и суммы катехинов и лейкоантоцианов в яблочных чипсах предпочтительными является низкотемпературные режимы с невысокой скоростью теплоносителя. Однако, анализ кривых сушки, результаты органолептической оценки и величины активности воды указывает на преимущество более жестких режимов при сушке яблочных чипсов. Поэтому в качестве оптимального режима производства чипсов из яблок был выбран следующий: температура теплоносителя 80 °С, скорость 1 м/с.

Литература

1. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
2. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 527 с.
3. Гинзбург, А.С. Технология сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 683 с.
4. Тутова, Э.Г. Разработка технологии и оборудования для сушки растительного сырья / Э.Г. Тутова [и др.] // Сб. науч. трудов «Тепло- и массоперенос» – Минск, 1994. – С. 66–72
5. Никитенко, А.Н. Исследование аминокислотного состава яблок белорусской зоны произрастания / А.Н. Никитенко, З.Е. Егорова // Научные труды УПТ. Сер. Химия и микробиология пищевых продуктов. – Пловдив, 2010. – Т. LVII. – Сб. 2. – С. 91–97.
6. Пищевые и вкусовые продукты. Общие условия проведения органолептической оценки: СТ СЭВ 4710 – 84. – Введ. 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
7. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С: ГОСТ 24556–89. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 20 с.
8. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
9. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ и влаги: ГОСТ 28561–90. – Введ. 01.01.1990. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 14 с.
10. Никитенко, А.Н. Исследование активности воды в продуктах растительного происхождения / А.Н. Никитенко, З.Е. Егорова // Труды БГТУ. Сер. IV. – Минск, 2010. – Вып. XVIII. – С. 257–262.