

УДК 547.912; 633.432; 663.813; 664.863

Е. Н. ЗЕЛЕНКОВА, ассистент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (БГТУ)

З. Е. ЕГОРОВА, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции БГТУ, кандидат технических наук, доцент

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАРОТИНА В СТЕРИЛИЗОВАННОМ МОРКОВНОМ СОКЕ ПРЯМОГО ОТЖИМА ПОСЛЕ НАРУШЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ УПАКОВКИ

В статье отражены результаты исследования содержания каротина в стерилизованном морковном соке прямого отжима, упакованном в стеклянную банку типоразмера III-53-190, после нарушения ее герметичности. Были исследованы три образца, отличающиеся способом обработки мезги перед извлечением сока, которые хранились после вскрытия 72 часа при разных температурах. Выявлено, что хранение приводило к уменьшению концентрации каротина. Интенсивность снижения была выше при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и составляла 27,1 % – 36,1 %. При температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ содержание каротина в исследованных образцах уменьшилось на 14,3 % – 23,8 %. Установлено, что максимальный уровень данного микронутриента (94,1 % от исходного значения) сохраняется в течение 24 часов холодильного хранения $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$.

SUMMARY

NE.N. Zelenkova, Z.E. Yegorova

The carotene content in sterilized carrot juice of direct extraction, packed in a glass jar of standard size III-51-190, after breaking its tightness was studied in the article. Three samples were examined, differing in the method of processing the carrot pulp before juice extraction, which were stored after opening for 72 hours at different temperatures. It was found that storage led to a decrease in the concentration of carotene. The intensity of the decrease was higher at a temperature of $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and amounted to 27.1–36.1%. At a temperature of $4 \pm 2^\circ\text{C}$, the carotene content decreased by 14.3–23.8% in the studied samples. It was found that the maximum level of this micronutrient (94.1% of the initial value) is maintained during 24 hours of refrigerated storage $(4 \pm 2^\circ\text{C})$.

Ключевые слова: морковный сок, каротин, нарушение герметичности, потребительская упаковка.

Как известно, морковный сок является богатым источником каротиноидов (каротинов и

ксантофиллов), обуславливающих его антиоксидантные свойства и пищевую ценность. Некоторые из этих биологически активных микронутриентов проявляют провитаминную активность, а именно α - и β -каротин являются провитаминами витами-

на А и способствуют автоматической регуляции чувствительности глаза к свету [1, 2, 3].

Производители соковой продукции стремятся обеспечить высокий уровень каротина в морковном соке и прибегают к различным технологическим приемам при его изготовлении. Так, например, вместе с традиционной термической обработкой применяют подкисление морковной мезги, иногда в комбинации с солью, а также ферментализом. Установлено, что обработка морковной мезги уксусной, аскорбиновой или лимонной кислотами в отдельности или в комбинации с ферментативным гидролизом дает хорошие результаты в обеспечении цвета морковного сока, а, следовательно, и каротина в нем. Согласно результатам различных научных исследований морковный сок, произведенный с использованием дополнительной обработки морковной мезги, содержит от 3,37 [4] до 5,5 мг /100 г [5, 6] β-каротина.

Для удовлетворения суточной потребности организма человека в β-каротине необходимо знать не только его исходное содержание в потребительской упаковочной единице готового сока, но и концентрацию после нарушения герметичности упаковки в течение срока потребления. Беря во внимание тот факт, что каротиноиды весьма чувствительны к свету, температуре и кислороду воздуха, воздействие которых может приводить к их разрушению и потере [7, 8, 9], а также учитывая научные данные о различной степени изменчивости содержания каротина в консервах из моркови, полученных с использованием разнообразных технологических приемов, [10–15], в том числе при хранении в нерегулируемых температурных условиях, была выявлена необходимость исследования динамики данного микронутри-

ента в морковном соке прямого отжима после вскрытия потребительской упаковки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка динамики содержания каротина проводилась в опытных образцах морковного сока, произведенных в промышленных условиях на ОАО «Малоритский консервноовощесушильный комбинат» согласно технологической инструкции ТИ ВУ 100354659.001 [16], и включала следующие технологические операции, представленные на рисунке 1.

Были изучены три образца стерилизованного морковного сока, полученные при различных режимах обработки мезги:

- образец № 1 – сок, произведенный из мезги, обработанной лимонной кислотой;
- образец № 2 – сок, произведенный из мезги, обработанной лимонной кислотой и поваренной солью;

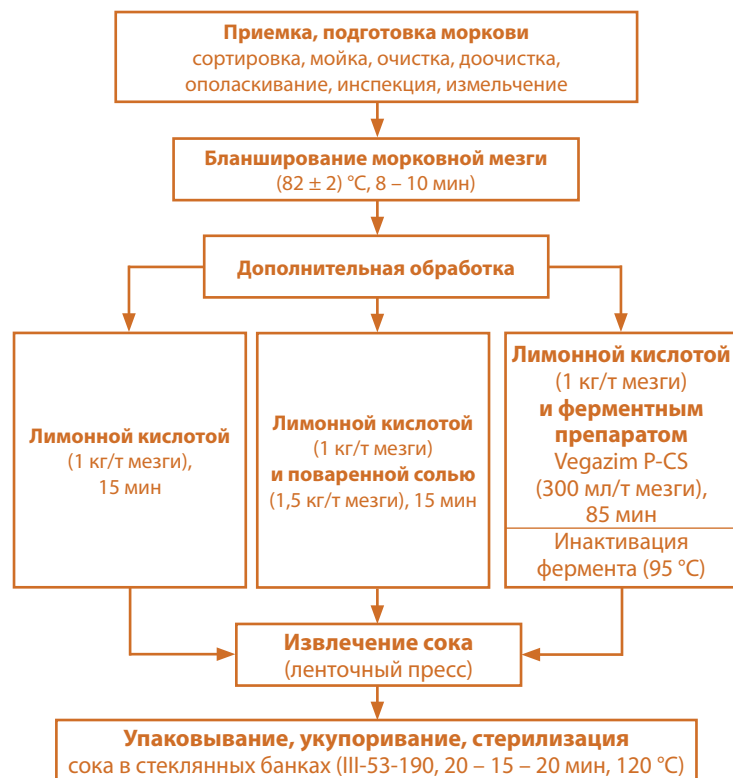


Рисунок 1 – Схема изготовления образцов морковного сока

– образец № 3 – сок, произведенный из мезги, обработанной лимонной кислотой и ферментным препаратом.

Применяемые технологические средства разрешены для использования при производстве соковой продукции согласно техническому регламенту Таможенного союза «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей» (ТР ТС 023/2011).

Определение сохранности β-каротина после нарушения герметичности потребительской упаковки проводили, руководствуясь требованиями к определению срока годности пищевых продуктов, установленными Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами (СанПиН) № 119 [17].

Образцы морковного сока, фасованного в стеклянные банки типоразмера III-53-190, после нарушения герметичности хранились при двух температурных режимах: $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ (в холодильной камере согласно рекомендациям изготовителя) и $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ (при комнатной температуре и попадании прямых солнечных лучей) в течение 72 часов. Оценивалась концентрация каротина непосредственно после вскрытия потребительской упаковки, через 12 часов, 24 часа (срок, рекомендуемый изготовителем), через 36 и 48 часов (с учетом коэффициента резерва, равного двум), а также через 72 часа в образце № 2, в котором признаки порчи отсутствовали. В образцах сока № 1 и № 3 видимые признаки порчи (газообразование, муть) появились на третьей сутки. Периодичность исследований устанавливалась с учетом установленного срока годности после нарушения герметичности упаковки и научных данных об изменении уровня каротина под воздействием факторов окружающей среды.

Для определения массовой доли каротина в соке (в пересчете на β-каротин) использовали фотометрический метод, описанный в ГОСТ 8756.22

«Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина». Первоначально строили градуировочный график в координатах массовая концентрация каротина – оптическая плотность раствора. Стандартный раствор для построения графика готовили, растворяя 36 мг бихромата калия в 100 см^3 дистиллированной воды (1 см^3 раствора соответствовал по окраске 2,08 мкг β-каротина в 1 см^3). Далее разбавлением стандартного раствора готовили серию растворов сравнения концентрацией 0,208; 0,312; 0,416; 0,52; 0,624; 0,728 и 0,832 мкг каротина в 1 см^3 и измеряли их оптическую плотность на фотоэлектроколориметре при длине волны 450 нм.

Экстракцию каротина из морковного сока осуществляли ацетоном с последующей переэкстракцией в гексан. Измеряли оптическую плотность исследуемого раствора на фотоэлектроколориметре при длине волны 450 нм в кюветах с длиной оптического пути 10 мм.

Массовую концентрацию каротина находили по градуировочному графику. Массовую долю каротина X в мг/100 г вычисляли до второго десятичного знака по формуле:

$$X = \frac{C \cdot V}{10 \cdot m},$$

где C – массовая концентрация каротина, найденная по градуировочному графику, мкг/см³;

V – объем элюата каротина, см³;

m – масса навески продукта, г.

За конечный результат принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не превышало 0,4 мг/100 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные по изменению содержания каротина приведены на рисунках 2 и 3.

Полученные результаты демонстрируют снижение уровня каротина во всех исследован-

ных образцах морковного сока в течение 48–72 часов после нарушения герметичности упаковки. Уменьшение концентрации данного микронутриента после 48 часов при холодильном хранении составило от 14,3 % до 23,8 %, при комнатной температуре – 27,1 % – 32,9 %. В среднем уровень снизился на 20,5 % при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ и на 33,3 % при $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Было отмечено несколько более интенсивное снижение в 1-е сутки хранения (24 часа) при комнатной температуре, которое составило в среднем 22,7 %, чем при холодильном хранении – 5,9 %. После 48 часов хранения наблюдалась другая тенденция: более сильное уменьшение содержания каротина зафиксировано при температуре хранения $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ и составило 15,3 %, а при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ – 9,6 %.

В образце сока № 2, изготовленного с использованием лимонной кислоты и поваренной соли, через 72 часа концентрация каротина снизилась на 36,1 % при температуре хранения $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и на 24,1 % при температуре хранения $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Таким образом, при комнатной температуре через 24 часа концентрация каротина уменьшилась в 1,2–1,4 раза, через 48 часов – в 1,4–1,5 раза, а при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ – в 1,1 раза в первые сутки и в 1,2–1,3 раза во вторые. Это может быть связано с более высокой степенью окисления и изомеризации каротиноидов при повышенных температурах.

Полученные результаты согласуются, например, с работами Н. Liao с соавт. [14], которые получили более интенсивное снижение каротиноидов при температуре хранения 25°C (на 13,6 %), чем при температуре 4°C (на 11,2 %), а также Zhang Y. с соавт. [13], отметившими уменьшение содержания β -каротина в морковном соке на 11,5 %

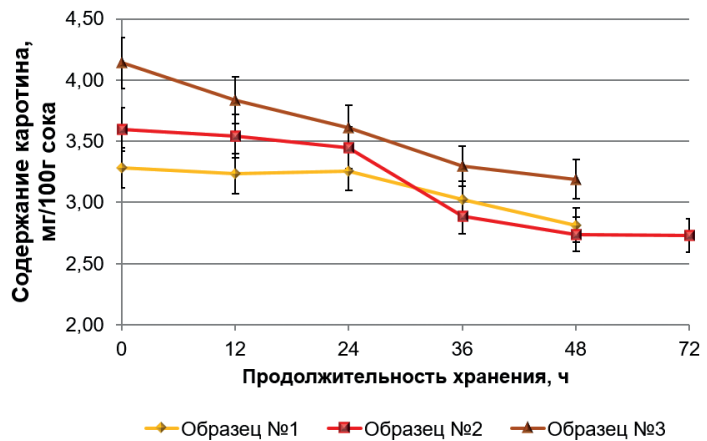


Рисунок 2 – Изменение содержания каротина в образцах морковного сока, хранящегося при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$

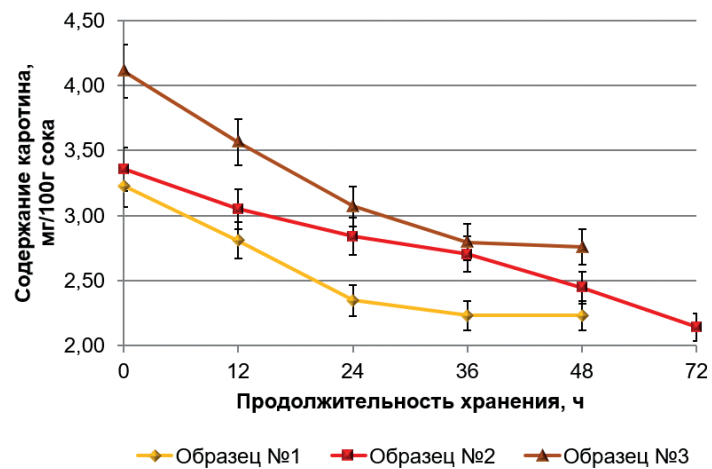


Рисунок 3 – Изменение содержания каротина в образцах морковного сока, хранящегося при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$

и 16,3 % (для разных способов консервирования) после 20 суток хранения при температуре 4°C .

Также было выявлено, что использованные способы обработки мякоти оказывают незначительное влияние на степень снижения концентрации оранжевых пигментов в соке. Коэффициент вариации для значений содержания каротина в исследованных образцах после двух суток холодильного хранения составил 25,7 %, а при комнатной температуре – 9,8 %.

Следовательно, установлено, что после нарушения герметичности потребительской упаковки максимальный уровень каротина в морков-

ном соке прямого отжима (94,1 % от исходного значения) сохраняется в течение 24 часов холодильного хранения (4 ± 2) °С. Для исследованных образцов он составил 3,26–3,61 мг/100 г. Употребление 80–180 мл такого сока обеспечивает удовлетворение, установленной в СанПиН № 180 от 20.11.2012 [18], суточной потребности в β -каротине для детей и взрослых.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты показывают, что установленный с позиции безопасности производителем срок годности морковного сока прямого отжима после нарушения герметичности потребительской упаковки также является оптимальным для сохранения такого важного микронутриента, как каротин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Нечаев, А.П. Пищевая химия, Издание 4-е, испр. и доп. ред., П.А. Нечаева, Ред., СПб: ГИОРД, 2007. – 640 с.
- [2] Ferrari, C.K.B. Functional foods, herbs and nutraceuticals: Towards biochemical mechanisms of healthy aging / C.K.B. Ferrari // *Biogerontology*. – 2004. – № 5. – с. 275–289.
- [3] Шобингер, У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии / пер. с нем. под общ. науч. ред. А.Ю. Колесникова, Н.Ф. Берестяня и А.В. Орещенко. – СПб: Профессия, 2004. – 640 с.
- [4] Li Juan Yu, H. V. R. Improvement of cloud stability, yield and β -carotene content of carrot juice by process modification / H. V. R. Li Juan Yu // *Food Science and Technology International*. – 2013. – № 5.
- [5] Method of producing carrot juice: Патент USA 5403613, 04 04 1995. / H. Furui, M. Yasumoto, H. Tatsuzawa, T. Inakuma, Y. Ishiguro.
- [6] Sun, Y. Optimising enzymatic maceration in pretreatment of carrot juice concentrate by response surface methodology / Sun Y, Wang Z, Wu J, Chen F, Liao X and Hu X // *International Journal of Food Science and Technology*, 2006. – № 41, p. 1082–1089.
- [7] Muntean, E. Quantification of carotenoids from pumpkin juice by HPLC-DAD Scientific Researches / E. Muntean // *Agroalimentary Processes and Technologies*, 2005. – Volume XI. – № 1. – p. 123–128.
- [8] Gama, J. Effects of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian valencia orange juice / J. Gama, C. de Syslos // *Food Chemistry*, 2007. – V. 100. – p. 1686–1390.
- [9] Lee, H. Effect of thermal pasteurization on valencia orange juice color and pigments / H. Lee, G. Coates // *Lebensm Wiss Technol*, 2003. – V. 36. – p. 153–156.
- [10] Rodrigo, D. Physicochemical characteristics and quality of refrigerated spanish orange-carrot juices and influence of storage conditions / D. Rodrigo, J. I. Arranz, S. Koch, A. Frhgoła, M. C. Rodrigo, M. J. Esteve, C. Calvo, M. Rodrigo // *Journal of food science*, 2003. – V. 68, № 6, p. 2011–2016.
- [11] Rayman, A. Yield and quality effects of electroplasmolysis and microwave applications on carrot juice production and storage / A. Rayman, T. Baysal // *Journal of Food Science*, 2011. – V. 76, № 4, p. 598–605.
- [12] Demir, N. Effects of storage on quality of carrot juices produced with lactofermentation and acidification / N. Demir, J. Acar, K. Bahceci // *European Food Research and Technology*, 2004. – V. 218, p. 465–468.
- [13] Zhang, Y. Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing / Y. Zhang, X. Liu, Y. Wang, F. Zhao, Z. Sun, X. Liao // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2016. – V. 33, February. – p. 135–144.
- [14] Liao, H. The effect of enzymatic mash treatment, pressing, centrifugation, homogenization, deaeration, sterilization and storage on carrot juice / H. Liao, Y. Sun, Y. Ni, X. Liao, X. Hu, J. Wu and F. Chen // *Journal of Food Process Engineering*, 2007. – vol. 30, no. 4. – p. 421–435.
- [15] Sharma, H. K. Effect of pretreatment conditions on physicochemical parameters of carrot juice / H. K. Sharma, J. Kaur, B. C. Sarkar, C. Singh, B. Singh // *International Journal of Food Science & Technology*, 2009. – V. 44, № 1. – p. 1–9.
- [16] Зеленкова Е. Н., Егорова З. Е., Технологическая инструкция по производству сока морковного прямого отжима: ТИ ВУ 100354659.001-2021: утв. ОАО «Малоритский консервноовощесушильный комбинат» 11.06.2021. – Введ. 15.06.2021., Минск, 2021, 21 с.
- [17] Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Государственная санитарно-гигиеническая экспертиза сроков годности (хранения) и условий хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов, отличающихся от установленных в действующих технических нормативных правовых актах в области технического нормирования и стандартизации» СанПиН № 119 от 01.09.2010. – Введ. 23.09.2010, Минск: Утв. пост. Минздрава РБ, 2012. – 42 с.
- [18] Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» СанПиН № 180 от 20.11.2012 – Введ. 01.07.2013, Минск: Утв. пост. Минздрава РБ, 2012. – 24 с.

Поступила в редакцию 07.07.2021.