

Влияние тепловой и нетепловой обработки на срок хранения и качество лукового сока

Бирюков Д.А., Фролов Д.И.

Аннотация. Исследовано влияние тепловой и нетепловой обработки на качество и срок хранения лукового сока. Применялись два метода: пастеризация при 74,5 °С в течение 12 минут и облучение ультрафиолетовым излучением диапазона «С» при интенсивности 7,5 мВт/см² в течение 30 минут. В течение 12 недель хранения при комнатной температуре оценивались микробиологические и физико-химические показатели. Установлено, что оба метода увеличивали срок микробиологического хранения сока не менее чем в шесть раз по сравнению с необработанным образцом. Тепловая обработка обеспечивала лучшее сохранение цвета и кислотности, чем ультрафиолетовая, и показала большую эффективность для продления срока хранения.

Ключевые слова: луковый сок, пастеризация, ультрафиолетовое излучение, срок хранения, качество, физико-химические свойства, микробиологическая стабильность.

Для цитирования: Бирюков Д.А., Фролов Д.И. Влияние тепловой и нетепловой обработки на срок хранения и качество лукового сока // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 4. С. 27–31.

The effect of thermal and non-thermal treatment on the shelf life and quality of onion juice

Biryukov D.A., Frolov D.I.

Abstract. The effect of thermal and non-thermal treatment on the quality and shelf life of onion juice has been studied. Two methods were used: pasteurization at 74.5 °C for 12 minutes and irradiation with ultraviolet radiation in the C range at 7.5 MW/cm² for 30 minutes. Microbiological and physico-chemical parameters were evaluated during 12 weeks of storage at room temperature. It was found that both methods increased the duration of microbiological storage of juice by at least six times compared with the untreated sample. Heat treatment provided better preservation of color and acidity than ultraviolet treatment, and showed greater effectiveness in extending shelf life.

Keywords: onion juice, pasteurization, ultraviolet radiation, shelf life, quality, physico-chemical properties, microbiological stability.

For citation: Biryukov D.A., Frolov D.I. The effect of thermal and non-thermal treatment on the shelf life and quality of onion juice. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 4. pp. 27–31. (In Russ.).

Введение

Лук репчатый широко используется в пищевой промышленности как ингредиент соусов, маринадов и овощных смесей [1]. Значительная часть урожая лука, образует отходы, что обуславливает необходимость их переработки и создания продуктов с высокой добавленной стоимостью [2]. Одним из таких продуктов является луковый сок, применяемый в качестве маринада для мяса и рыбы, а также вкусовой добавки в готовых блюдах [3].

Как и другие низкокислотные овощные соки (рН выше 4,6), луковый сок подвержен микробио-

логической порче и требует термической обработки для обеспечения безопасности и увеличения срока хранения [4]. Однако применение высоких температур может вызывать нежелательные изменения цвета, вкуса и потери биологически активных веществ [5, 6, 7]. В связи с этим актуальным направлением является исследование альтернативных, нетепловых методов обработки, которые позволили бы сохранить качество продукта при обеспечении его микробиологической стабильности.

Одним из перспективных методов является обработка ультрафиолетовым излучением диапазона С (УФ-С, 200–280 нм), обладающим выраженным

бактерицидным действием [8, 9]. УФ-С-облучение применяется как альтернатива пастеризации в производстве соков и напитков, поскольку оказывает минимальное влияние на их органолептические и питательные свойства. Однако эффективность УФ-С-обработки зависит от параметров процесса, оптических свойств продукта и условий хранения [10].

Целью настоящего исследования являлась оценка влияния тепловой и нетепловой (УФ-С) обработки на микробиологические и физико-химические показатели лукового сока в процессе хранения. Полученные результаты могут быть использованы при выборе оптимального метода консервирования для увеличения срока хранения и сохранения качества лукового сока.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследования использовались зрелые, неповреждённые луковицы, приобретённые на рынке. После очистки и промывания лук измельчали с помощью бытовой соковыжималки. Полученный сок центрифугировали при температуре $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 3000 об/мин в течение 15 минут. Для предотвращения микробиологической порчи сок подкисляли 10 % раствором лимонной кислоты до значения pH 4,3.

Были применены два способа обработки лукового сока:

1. Тепловая обработка (пастеризация) – проводилась при температуре $74,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 12 минут. Образцы помещались в пробирки с крышками и нагревались в водяной бане. Контроль температуры осуществлялся термпарой, установленной в контрольной пробирке. После нагрева пробы быстро охлаждали в ледяной ванне до комнатной температуры.

2. Нетепловая обработка (УФ-С облучение) – выполнялась с использованием двух пар низкочастотных ламп мощностью 20 Вт (длина волны 254 нм). Образцы с толщиной слоя 0,5 мм помещались под источник излучения и подвергались воздействию в течение 30 минут при интенсивности $7,5\text{ мВт/см}^2$. Для равномерного облучения использовалась орби-

тальная платформа, обеспечивающая перемешивание со скоростью 50 об/мин. Перед экспериментом оборудование дезинфицировалось 70 % раствором этанола, а лампы прогревались в течение 30 минут.

Необработанные, термически и УФ-С обработанные образцы разливали в стерильные бутылки из тёмного стекла объёмом 125 мл и хранили при комнатной температуре ($22 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) в течение 12 недель. Каждые две недели отбирали три случайные бутылки каждого типа для проведения анализов.

Определяли общее количество аэробных мезофильных микроорганизмов (ОАММ) и общее количество дрожжей и плесеней (ОДП) по стандартным микробиологическим методикам. Результаты выражались в логарифмах колониеобразующих единиц на миллилитр (лог КОЕ/мл).

Физико-химические исследования

Определялись следующие показатели: плотность (цифровой денсиметр при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$); мутность (турбидиметр, результаты в единицах NTU); цветовые параметры (L^* , a^* , b^*) с помощью колориметра; общая титруемая кислотность (в % безводной лимонной кислоты); pH; массовая доля сухих веществ (в $^{\circ}\text{Bx}$); индекс неферментативного потемнения (NEBI) – определяли спектрофотометрически при длине волны 420 нм; суммарное содержание фенольных соединений – по методу Фолина-Чокальтеу.

Все эксперименты проводились в трёхкратной повторности. Статистическая достоверность различий оценивалась при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Анализ микробиологической стабильности показал, что необработанный луковый сок имел начальную обсеменённость $1,65 \pm 0,05$ лог КОЕ/мл по аэробным мезофильным микроорганизмам и не содержал дрожжей и плесеней. Уже к концу второй недели хранения численность микроорганизмов достигала 5 лог КОЕ/мл, что свидетельствует о начале порчи продукта. Таким образом, срок хранения необработанного сока составил не более двух недель. В таблице 1 показана динамика микробиологической стабильности лукового сока при хранении.

Таблица 1 – Динамика микробиологической стабильности лукового сока при хранении

Срок хранения, нед	Необработанный сок – ОАММ	УФ-С обработка – ОАММ	Тепловая обработка – ОАММ	Необработанный сок – ДП	УФ-С обработка – ДП	Тепловая обработка – ДП
0	1,7	0	0	0	0	0
2	5,1	0	0	5,3	0	0
4	5,7	0	0	5,6	0	0
6	5,9	0	0	5,8	0	0
8	6	0	0	6	0	0
10	6	0	0	5,8	0	0
12	6	0	0	5,5	0	0

Примечание: ОАММ – общее количество аэробных мезофильных микроорганизмов. ДП – дрожжи и плесени. Значения приведены в логарифмах колониеобразующих единиц на миллилитр (лог КОЕ/мл).

Таблица 2 – Изменение pH лукового сока при хранении

Срок хранения, нед	Необработанный сок	УФ-С обработка	Тепловая обработка
0	4,23	4,21	4,25
2	4,26	4,2	4,31
4	4,25	4,27	4,26
6	4,32	4,29	4,36
8	4,11	4,18	4,22
10	4,27	4,24	4,3
12	4,21	4,22	4,2

Таблица 3 – Изменение титруемой кислотности лукового сока при хранении

Срок хранения, нед	Необработанный сок	УФ-С обработка	Тепловая обработка
0	0,4	0,43	0,39
2	0,36	0,52	0,34
4	0,35	0,5	0,33
6	0,44	0,52	0,33
8	0,43	0,42	0,34
10	0,46	0,49	0,37
12	0,41	0,44	0,32

Примечание: Показатель выражен в процентах безводной лимонной кислоты (% SSA).

Таким образом, УФ-С и тепловая обработка полностью предотвращали рост микроорганизмов (ОАММ и ДП) в течение 12 недель хранения, тогда как в необработанном соке их уровень достигал 6 лог КОЕ/мл уже на 6–8 неделе.

pH всех образцов оставался в диапазоне 4,1–4,4, что обеспечивало их микробиологическую устойчивость. Существенных различий между способами обработки не наблюдалось, однако тепловая обработка характеризовалась несколько более стабильными значениями pH в течение хранения. Изменение pH лукового сока при хранении показано в таблице 2.

В течение 12 недель хранения титруемая кислотность оставалась относительно стабильной во всех образцах. Наибольшие колебания отмечались

в УФ-С-обработанном соке, где кислотность была немного выше, чем в других образцах. Тепловая обработка обеспечивала наиболее стабильные значения кислотности в процессе хранения. Изменение титруемой кислотности лукового сока при хранении представлена в таблице 3.

Применение тепловой обработки и УФ-С облучения позволило полностью подавить рост микроорганизмов на протяжении 12 недель. Обе технологии увеличили срок микробиологической стабильности не менее чем в шесть раз по сравнению с контролем.

В таблице 4 приведены основные физико-химические характеристики лукового сока после 12 недель хранения.

Цветовые изменения были наиболее выражены в необработанном и УФ-С обработанном соке, что связано с активностью ферментов и фотохимическими реакциями. Тепловая обработка, напротив, обеспечила инактивацию ферментных систем и лучшую стабильность цвета.

Показатели pH и кислотности оставались относительно стабильными во всех вариантах, однако в необработанном образце отмечено снижение содержания растворимых сухих веществ, связанное с ферментацией сахаров. УФ-С и тепловая обработка предотвратили эти изменения.

Мутность и индекс неферментативного потемнения также демонстрировали преимущества термической обработки, обеспечивающей более стабильное качество продукта.

Содержание фенольных соединений после 6–8 недель увеличивалось, а к концу хранения снижалось, что согласуется с литературными данными о перераспределении и окислении антиоксидантных веществ в овощных соках.

Обе технологии – УФ-С и тепловая обработка – эффективны для продления срока хранения лукового сока. При этом тепловая обработка показала лучшие результаты по сохранению физико-химических характеристик и цвета, тогда как нетепловая обработка не обеспечила дополнительных преимуществ.

Таблица 4 – Изменение показателей качества лукового сока после 12 недель хранения

Показатель	Необработанный сок	УФ-С обработка	Тепловая обработка
Общая численность микроорганизмов, лог КОЕ/мл	5,14 ± 0,60	0	0
Общая численность дрожжей и плесеней, лог КОЕ/мл	5,33 ± 0,38	0	0
Цветовой показатель ΔE	12,5 ± 0,8	10,6 ± 0,7	7,8 ± 0,5
pH	4,12 ± 0,03	4,18 ± 0,02	4,21 ± 0,03
Титруемая кислотность, % (в пересчёте на лимонную кислоту)	0,52 ± 0,05	0,48 ± 0,03	0,46 ± 0,02
Массовая доля сухих веществ, °Bx	2,07 ± 0,12	6,55 ± 0,05	6,60 ± 0,06
Мутность, NTU	3800 ± 200	1200 ± 90	1100 ± 80
Индекс неферментативного потемнения (A420)	0,42 ± 0,03	0,46 ± 0,04	0,38 ± 0,02
Суммарное содержание фенольных соединений, мг/мл (в пересчёте на галловую кислоту)	215 ± 10	220 ± 15	210 ± 12

Выводы

Проведённое исследование позволило оценить влияние тепловой и нетепловой (УФ-С) обработки на микробиологическую стабильность и физико-химические характеристики лукового сока при хранении. Установлено, что обе технологии эффективно подавляют развитие микроорганизмов и увеличивают срок микробиологической сохранности продукта не менее чем в шесть раз по сравнению с необработанным соком.

Тепловая обработка при 74,5 °С в течение 12 минут обеспечивала наилучшее сохранение цвета, кислотности, мутности и содержания растворимых сухих веществ. Обработка ультрафиолетовым излу-

чением диапазона С при интенсивности 7,5 мВт/см² в течение 30 минут также продлевала срок хранения, однако не обеспечивала улучшения физико-химических показателей по сравнению с пастеризацией.

Таким образом, традиционная пастеризация остаётся более эффективным и технологически стабильным методом консервирования лукового сока, позволяющим сохранить его качество и продлить срок хранения при комнатной температуре. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологических регламентов на переработку лукового сырья и производстве функциональных растительных напитков.

Литература

- [1] Симеониди Д. Д., Ибрагимова О. Т., Тедеева Ф. Л. Исследование влияния нетрадиционного сырья на качество майонезного соуса //Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2017. – №. 4. – С. 71-74.
- [2] Болкунов А. И., Щербакова Н. А. Агротехника возделывания лука репчатого //Современные тенденции развития аграрного комплекса. – 2016. – С. 575-586.
- [3] Елисеева Т. Лук репчатый–полезные свойства, состав и противопоказания //Калий. – 2020. – Т. 146. – С. 159.
- [4] Шевцова Т. В., Каменская Е. П. Анализ качества ферментированных напитков с внесением соков из плодово-ягодного сырья //Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. – 2021. – С. 385-388.
- [5] Бурак Л. Ч. Традиционные и инновационные технологии переработки фруктов и овощей. Обзор предметного поля //THE SCIENTIFIC HERITAGE. – 2025. – №. 153. – С. 64-77.
- [6] Бурак Л. Ч. Существующие способы обработки пищевых продуктов и их влияние на пищевую ценность и химический состав //Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. – 2021. – №. 3. – С. 59-73.
- [7] Бурак Л. Ч. Современные методы обработки пищевых продуктов. Критический обзор //The Scientific Heritage. – 2024. – №. 130. – С. 45-59.
- [8] Вендин С. В., Заболотный В. Н., Ульянов Ю. Н. Установка для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. – Т. 12. – С. 70-74.
- [9] Илюхина Н. В. и др. Исследование динамики ингибирования микрофлоры растительного

References

- [1] Simeonidi, D. D., Ibragimova, O. T., & Tedeeva, F. L. (2017). Issledovaniye vliyaniya netraditsionnogo syr'ya na kachestvo mayoneznogo sousa [Study of the effect of non-traditional raw materials on mayonnaise sauce quality]. Tekhnologiya i tovarovedeniye innovatsionnykh pishchevykh produktov [Technology and Commodity Science of Innovative Food Products], (4), 71–74.
- [2] Bolkunov, A. I., & Shcherbakova, N. A. (2016). Agrotehnika vozdel'yvaniya luka repchatogo [Agronomic practices for onion cultivation]. In Sovremennyye tendentsii razvitiya agrarnogo kompleksa [Modern Trends in the Development of the Agro-Industrial Complex] (pp. 575–586).
- [3] Eliseeva, T. (2020). Luk repchatyy – poleznyye svoystva, sostav i protivopokazaniya [Onion – health benefits, composition, and contraindications]. Kaliy [Potassium], 146, 159.
- [4] Shevtsova, T. V., & Kamenskaya, E. P. (2021). Analiz kachestva fermentirovannykh napitkov s vneseniyem sokov iz plodovo-yagodnogo syr'ya [Quality analysis of fermented beverages with fruit and berry juice addition]. In Tekhnologii i oborudovaniye khimicheskoy, biotekhnologicheskoy i pishchevoy promyshlennosti [Technologies and Equipment for Chemical, Biotechnological and Food Industry] (pp. 385–388).
- [5] Burak, L. Ch. (2025). Traditsionnyye i innovatsionnyye tekhnologii pererabotki fruktov i ovoshchey. Obzor predmetnogo polya [Traditional and innovative fruit and vegetable processing technologies: A subject field review]. The Scientific Heritage, (153), 64–77.
- [6] Burak, L. Ch. (2021). Sushchestvuyushchiye sposoby obrabotki pishchevykh produktov i ikh vliyaniye na pishchevuyu tsennost' i khimicheskiy sostav [Existing food processing methods and their impact on nutritional value and chemical composition]. Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya

- сырья в результате обработки ультрафиолетовым излучением //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – №. 1. – С. 117-126.
- [10] Тришканева М. В. и др. Влияние УФ-излучения на изменение свойств растительного сырья и его хранимоспособность. Обзор //Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – №. 12 (321). – С. 36-41.
- [7] Burak, L. Ch. (2024). Sovremennyye metody obrabotki pishchevykh produktov. Kriticheskiy obzor [Modern food processing methods: A critical review]. The Scientific Heritage, (130), 45–59.
- [8] Vendin, S. V., Zabolotnyy, V. N., & Ul'yantsev, Yu. N. (2022). Ustanovka dlya obezzarazhivaniya vody ultrafioletovym izlucheniym [Installation for water disinfection using ultraviolet radiation]. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research], 12, 70–74.
- [9] Ilyukhina, N. V., et al. (2021). Issledovaniye dinamiki inhibirovaniya mikroflory rastitel'nogo syr'ya v rezul'tate obrabotki ultrafioletovym izlucheniym [Study of the dynamics of microbial inhibition in plant raw materials following UV treatment]. Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], (1), 117–126.
- [10] Trishkaneva, M. V., et al. (2019). Vliyaniye UF-izlucheniya na izmeneniye svoystv rastitel'nogo syr'ya i yego khranimosposobnost'. Obzor [Effect of UV radiation on the properties and storability of plant raw materials: A review]. Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya [Public Health and Environment], (12)(321), 36–41.

Сведения об авторах

Information about the authors

Бирюков Дмитрий Алексеевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11	Biryukov Dmitry Alekseevich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University
Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru	Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru