

Научная статья

УДК 630.233:53.092:663.031.2/.4

ОБРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Дарья Евгеньевна Жаринова¹, Екатерина Васильевна Кравцова²,
Николай Александрович Кругликов³

^{1–3} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

³ Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия

¹ dashazh04@gmail.com

² 1.kkatanaa@gmail.com

³ nick@imp.uran.ru

Аннотация. В работе исследовано влияние высокого гидростатического давления (до 550 МПа) на клубни картофеля. Показано, что многократная обработка не устраняет спорообразующие микроорганизмы, изменяет активность полифенолоксидазы и влияет на состав фракций при перегонке спирта.

Ключевые слова: высокое давление, гидростат, растительное сырье

Благодарности: работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы FEUG и в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИФМ УрО РАН. Авторы выражают искреннюю признательность коллективу кафедры «Высшая школа биотехнологий» химико-технологического института УГЛТУ и лично Т. М. Пановой, И. К. Гиндулину и А. В. Свиридову за постоянную помощь и поддержку на всех этапах работы. Кроме того, авторы считают своим долгом поблагодарить состав группы ПБТ-41(2025 год), поскольку, многие результаты были получены в результате совместной деятельности.

Для цитирования: Жаринова Д. Е., Кравцова Е. В., Кругликов Н. А. Обработка растительного сырья высоким давлением // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 1046–1050.

Original article

HIGH-PRESSURE PROCESSING OF PLANT RAW MATERIALS

Daria E. Zharinova¹, Ekaterina V. Kravtsova², Nikolai A. Kruglikov³

^{1–3} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

³ Institute of metal physics, UB of RAS, Russia

¹ dashazh04@gmail.com

² 1.kkatanaa@gmail.com

³ nick@imp.uran.ru

Abstract. This research investigated the effect of high hydrostatic pressure (up to 550 MPa) on potato tubers. It is shown that repeated processing does not eliminate spore-forming microorganisms, changes the activity of polyphenol oxidase, and influences the composition of alcohol distillation fractions.

Keywords: high pressure, hydrostat, plant raw materials

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the implementation of the state budgetary theme FEUG and the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for the IMP UB RAS. The authors express their sincere gratitude to the staff of the Department “Higher School of Biotechnology” of the Chemical Technology Institute of USFEU and personally to T. M. Panova, I. K. Gindulin and A. V. Sviridov for their constant help and support at all stages of the work. In addition, the authors consider it their duty to thank the PBT-41 group (2025), as many results were obtained because of joint activities.

For citation: Zharinova D. E., Kravtsova E. V., Kruglikov N. A. (2026) Obrabotka rastitel'nogo sy'r'ya vy'sokim davleniem [High pressure processing of plant raw materials]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 1046–1050. (In Russ).

Важным направлением пищевой химии является консервирование продуктов питания. Для этого применяются различные консерванты, подавляющие развитие микроорганизмов и замедляющие процессы деградации продуктов питания, либо используются физические воздействия. Одним из перспективных методов консервации является обработка высоким гидростатическим давлением. Такая обработка может как содействовать ингибированию развития микроорганизмов, так и модифицировать некоторые органические вещества. При этом известно, что наиболее устойчивы к гидростатическому воздействию спорообразующие микроорганизмы [1, 2]. Используя данные, полученные ранее в экспериментах со спиртовыми

дрожжами [3], мы решили усложнить обработку с учетом особенностей микробиоты, населяющей растительное сырье. Кроме того, интерес представляли особенности крахмалистого сырья после такой обработки.

В качестве образцов для исследования были использованы мелкие клубни картофеля массой от 10 до 200 г районированных сортов Ред Скарлетт и Удача урожая 2025 г. Эксперименты проводили в сентябре – октябре 2025 г. сразу после уборки урожая.

Обработку образцов клубней картофеля высоким гидростатическим давлением проводили при помощи гидростата HPP600/30L с внутренним объемом 30 л. Гидростат в качестве передающей жидкости использует воду и позволяет достигать уровня давления в камере до 600 МПа. Часть образцов для обработки поместили в герметичные контейнеры, заполненные водой, а остальные – в герметичные латексные чехлы без воды. Кроме того, параллельно с экспериментальными образцами были подготовлены контрольные тем же способом. Контрольные образцы обработке не подвергали.

Обработки проводили при 550 МПа с выдержкой 5 мин без учета времени набора давления и его сброса. Было проведено четыре обработки с однократным, трехкратным, пятикратным и десятикратным приложением давления. Последнюю обработку проводили с перерывами следующим образом: пять раз последовательно, затем два раза каждый после суточного перерыва, далее следовал перерыв на семь дней и три обработки с перерывом в сутки. Далее образцы оставили на 30 дней в камере гидростата, сбросив давление. Действительные значения давления определяли по показанию датчика давления гидростата. В дальнейшем все образцы (как контрольные, так и экспериментальные) находились в одинаковых условиях.

Для оценивания микробиологических и структурных особенностей образцов использовали световой микроскоп, оснащенный видеокамерой, и визуальный осмотр. Тонкие срезы изготавливали при помощи скальпеля. Для окрашивания крахмальных зерен использовали раствор Люголя. Окрашивание мембран производили по Романовскому – Гимзе. Окрашивание микроорганизмов производили по методу Грама.

После обработки картофель перерабатывали в сусло с развариванием под давлением при повышенной температуре и осахариванием при помощи ферментов (амилосубтилина при 70 °С и глюкоавамарина при 55 °С). Далее с использованием промышленных спиртовых дрожжей (*Bragman Industrial*) сбраживали при комнатной температуре (25 °С). После этого перегонкой получали спирт-сырец. Затем с использованием насадочной колонны разделяли спирт на три фракции (головная, тело, хвостовая) [4].

Внешний вид образцов после обработки представлен на рисунке. Во время проведения микроскопических исследований было замечено, что изменилась реакция, наблюдаемая при изготовлении тонких срезов клубня картофеля при взаимодействии с атмосферой. На контрольных образцах

наблюдали слабое потемнение среза до серого оттенка в течение получаса. После однократной обработки скорость и интенсивность потемнения значительно увеличились, оттенок превратился в черный. После десятикратной обработки и месячного хранения скорость потемнения существенно замедлилась, и окраска стала розовой с постепенным переходом к серой в течение 2-х ч. По всей видимости, произошло изменение активности полифенолоксидазы. Подобный эффект был описан в работе [5]. Кроме того, после вскрытия обработанных образцов была обнаружена микробиологическая активность. Микроскопические исследования показали, что в клубнях и воде, заполняющей емкости, наблюдаются микроорганизмы разных видов, в основном бактерии. Скорее всего, выжили анаэробные спорообразующие виды, обладающие большей устойчивостью к стрессам и отсутствию доступа к атмосфере [1]. После месяца хранения клубни картофеля полностью разложились, но при этом в образовавшемся растворе по-прежнему наблюдались крахмальные зерна. Перегонка и ректификация бражки, полученной из свежеработанных клубней, показали, что, по сравнению с контролем, в экспериментальных партиях наблюдалось увеличение количества хвостовой фракции с повышением давления обработки. Мы предполагаем, что это связано с разложением белкового материала в исходных образцах при обработке высоким давлением.



Образцы после обработки в кювете гидростата и клубень после обработки

Таким образом, показано, что десятикратная обработка высоким давлением при 550 МПа с перерывами для активации спор не позволяет полностью избавиться от спорообразующих микроорганизмов, обсеменяющих клубни картофеля. Кроме того, выявлено, что обработка высоким давлением изменяет активность полифенолоксидазы, что подтверждается исследованиями других авторов. Также выявлено, что переработка клубней картофеля, обработанных высоким давлением, на этанол ведет к увеличению доли хвостовой фракции. Предложено объяснение этого эффекта.

Список источников

1. Крисс А. Е. Жизненные процессы и гидростатическое давление. М : Наука, 1973. 272 с.
2. High-pressure treatment in food preservation / E. Palou, A. Lopez-Malo, G. V. Barbosa-Canovas, B. G. Swanson // Handbook of food preservation. Boca Raton : CRC Press, 2007. P. 815–854.
3. Крылова Д. А., Кругликов Н. А., Бажукова И. Н. Влияние комбинированного действия ионизирующего излучения и высокого гидростатического давления на микроорганизмы // Известия РАН. Серия физическая. 2025. № 11. С. 110–116.
4. Технология спирта / В. Л. Яровенко, В. А. Маринченко, В. А. Смирнов [и др.]. М. : «Колос-Пресс», 2002. 464 с.
5. Effects of high hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps / Xiamin Cao, Yan Zhang, Fusheng Zhang [et al.] // Science of Food and Agriculture. 2011. Vol. 30, № 91 (5). P. 877–885.