

ПОЛУЧЕНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ПОЛИФЕНОЛОВ ИЗ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЯБЛОК

Н.А.Душанова

Узбекско-Финский педагогический институт

Аннотация: Статья рассматривает проблему побочных продуктов агропромышленного происхождения и пищевых отходов, которые представляют собой значительную глобальную экологическую и экономическую проблему, особенно в развитых странах. Увеличение потребления пищи вследствие урбанизации, роста населения и экономического развития способствует накоплению отходов. В статье акцентируется внимание на яблочных выжимках — побочном продукте, получаемом при переработке яблок для производства сока, сидра, вина и других продуктов. Эти выжимки содержат большое количество фенольных соединений, включая хлорогеновую кислоту, флоризин и эпикатехин, которые обладают антиоксидантными, противовоспалительными и другими полезными для здоровья свойствами. Также обсуждается возможность реинтеграции этих побочных продуктов в пищевую цепочку с целью повышения ценности продуктов и сокращения экологического ущерба. Статья подчеркивает важность использования таких побочных продуктов для устойчивого развития биоэкономики и улучшения функционального профиля продуктов питания.

Ключевые слова: полифенолы, хлорогеновая кислота, флоридзин, эпикатехин

Побочные продукты агропромышленного происхождения и пищевые отходы являются серьезной глобальной проблемой, особенно во многих развитых странах [1]. Потребление продуктов питания возросло в результате урбанизации, увеличения численности населения и экономического роста, и это остается постоянной проблемой во всем мире в долгосрочной перспективе [3]. Наиболее проблемными секторами являются производство пшеничной муки, производство яблочного сока и переработка томатов, которые генерируют огромное количество отходов в результате обширного ежегодного тоннажа переработки. С другой стороны, низкая стоимость и простая доступность этой остаточной биомассы защищают экономические перспективы ее потенциально ценных компонентов [5].

Яблоко (*Malus domestica* sp.) является одним из самых распространенных фруктов в мировом масштабе. В 2020 году мировой объем производства составил более 86 млн тонн, что выше, чем чуть более 59 млн тонн в 2000 году, что указывает на тенденцию к росту производства яблок, составив 46,19% за последние

два десятилетия [8]. Китай является ведущим производителем в общем объеме производства с 46,85%, за ним следуют США с 5,38% и Турция с 4,97%, а из Европы основной производитель — Польша с 4,11%, как показано на рисунке 1 С. Кроме того, прогнозируется, что мировой объем производства будет неуклонно расти в будущем [2].

Получаемый побочный продукт прессования/обработки яблок, который получается при производстве сока, сидра, вина, дистиллированных спиртов и уксуса, а также при изготовлении желе, известен как яблочные выжимки. Твердые выжимки составляют до 20–35% свежего веса яблока и состоят из смеси мякоти, кожуры, сердцевин, семян и чашечки. Примерно 95,5% твердых отходов производится эпимезокарпием [6]. Пищевые волокна, которые составляют около 65% сухого веса ЯВ, являются основным компонентом с точки зрения питания, и большая часть пищевых волокон во всех выжимках нерастворима. Семена яблок включают в себя значительное количество белков и липидов, до 49,5 и 24% соответственно. Кроме того, гемицеллюлоза является вторым по значимости волокном в АР (19,9–32,2%), а целлюлоза составляет важную часть, составляя 43% выжимок [4]. Побочные продукты семян и кожуры богаты фенольными химикатами, в первую очередь хлорогеновой кислотой и флоридзином [5].

Полифенолы — это вторичные метаболиты, содержащие одну или несколько гидроксильных групп, являющиеся одним из крупнейших классов ценных биоактивных соединений для поддержания здоровья человека []. Фенолы в основном состоят из гидроксильной группы (-ОН), связанной непосредственно с ароматической углеводородной группой, тогда как полифенолы — это более крупные полимеры из 12 фенольных гидроксильных групп, связанных с пятью-семью ароматическими кольцами [2]. Исходя из последних тенденций в отношении более здорового образа жизни и увеличения потребления продуктов питания, полученных из природных ресурсов без каких-либо экологических недостатков, реинтеграция побочных продуктов, производимых пищевой промышленностью, является важной темой [8].

Зеленые альтернативы для уменьшения загрязнения окружающей среды и образования отходов включают возобновляемые биоматериалы, а также побочные продукты переработки пшеницы, яблок и томатов могут быть включены в эту категорию. В последние годы инновационные и изобретательные применения этих побочных продуктов способствовали устойчивому развитию биоэкономики и биотехнологии посредством извлечения и/или ревалоризации природных фенольных соединений [7].

Использование агропромышленных производных может стать дополнительным источником дохода, а также сократить утилизацию побочных продуктов и

одновременно улучшить пищевой профиль функциональных продуктов питания. Использование побочных продуктов промышленного производства зерна, томатов и яблок может обеспечить щедрый запас питательных веществ, а их повторное использование может стать существенным источником дохода. Поэтому целью текущего обзора литературы является выделение основных фенольных компонентов, связанных со здоровьем человека, которые можно найти в побочных продуктах этих трех основных агропродовольственных отраслей, и поощрение их восстановления и, соответственно, реинтеграции в пищевую цепочку с использованием принципов круговой экономики. Тем не менее, на основе результатов этого исследования прогнозируется, что пищевая промышленность могла бы лучше управлять своими побочными продуктами и отходами, тем самым избегая серьезной экологической проблемы.

Фенольные соединения в основном сосредоточены в сердцевине, семенах, кожуре, чашечке и стебле, а также в меньших количествах в мякоти, что подчеркивает, как яблочные выжимки могут быть оценены за счет большого количества антиоксидантных соединений. Как показано на рисунке 2, общее содержание фенолов в семенах имеет более высокое значение по сравнению с мякотью, за которой следует кожура, и оба являются частью яблочных выжимок.

Преобладающими семействами фенольных соединений в яблочных выжимках являются дигидрохалконы, процианидины, мономеры флаван-3-ола, флавонолы, антоцианидины и гидроксикоричные кислоты. Наиболее представительными соединениями являются флоризин из семейства дигидрохалконов, хлорогеновая кислота из семейства гидроксикоричных кислот и эпикатехин из семейства мономеров флаван-3-ола [10].

Одним из типичных фенольных соединений в яблоках и, что примечательно, в яблочных выжимках является флоризин. Как основное соединение из семейства дигидрохалконов, количество флоризина в яблочных выжимках составляет приблизительно 1,6 мг/г сухого веса, что подчеркивается в исследовании Лавелли и др. о стабильности фенольных соединений в яблочных выжимках [6]. Флоризин используется в качестве маркера сортов яблок и в основном концентрируется в семенах яблок. Этот полифенол также используется в качестве надежного маркера для определения наличия яблок, менее дорогой альтернативы по сравнению с описанными фруктами [9].

Тем не менее, он также действует как сильный антиоксидант, противовоспалительное и противомикробное соединение [4]. Что касается его преимуществ, флоризин оказывает несколько полезных для здоровья свойств, в основном при диабете, благодаря своей способности изменять всасывание и выделение глюкозы. Недавнее исследование показало, что кишечные и почечные

котранспортеры натрия/глюкозы специфически и конкурентно ингибируются флоризином. Кроме того, эта характеристика может быть полезна для терапии постпрандиальной гипергликемии при диабете и других сопутствующих заболеваниях, таких как ожирение [2]. Исследование, проведенное на мышах с диабетом, вызванным стрептозотоцином, показало, что диета, содержащая 0,5% флоризина, значительно улучшает обостренные повышения уровня глюкозы в крови. Еще одно полезное для здоровья свойство можно наблюдать при колите, где он действует как защитное соединение для щеточной каемки кишечника [4].

Хлорогеновая кислота представлена в кожуре и мякоти яблок по сравнению с их семенами. Хлорогеновая кислота является мощным антиоксидантом, известным своей способностью противодействовать патологиям, вызванным окислительными процессами. Исследование, проведенное по улучшению настроения и когнитивных функций у пожилых людей, показало улучшенные результаты после приема обогащенного декофеинизированного кофе с хлорогеновой кислотой, показывая, что потребление продуктов, содержащих хлорогеновую кислоту, может помочь в лечении нейрокогнитивных заболеваний [3]. Помимо преимуществ, упомянутых ранее, хлорогеновая кислота также может оказывать положительное влияние, снижая артериальное давление, что подтверждено в рандомизированном исследовании с участием здоровых добровольцев после приема 400 мг хлорогеновой кислоты в 400 мл воды с низким содержанием нитратов. Этот эффект можно объяснить способностью фенольных соединений увеличивать оксид азота, что улучшает здоровье сердечно-сосудистой системы [5].

Третье фенольное соединение, обнаруженное в яблочных выжимках в меньших количествах, — это эпикатехин. Помимо всех своих функций, эпикатехин может играть свою роль при диабете, раке и сердечно-сосудистых заболеваниях, действуя как нейропротекторное соединение, и он улучшает мышечную производительность [7].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Gu B., Zhang X., Bai X., Fu B., Chen D. Four steps to food security for swelling cities. *Nature* **2019**, 566, 31–33. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Szabo, K., Teleky, E.B.; Ranga F., Simon E., Pop L.O., Babalau-Fuss V., Kapsalis N., Cristian D. Bioaccessibility of microencapsulated carotenoids, recovered from tomato processing industrial by-products, using in vitro digestion model. *LWT* **2021**, 152, 112285. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

3. Martău G.A., Teleky B.E., Ranga F., Pop I.D., Vodnar D.C. Apple Pomace as a Sustainable Substrate in Sourdough Fermentation. *Front. Microbiol.* **2021**, *12*, 3850.

[[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

4. Iriondo-Dehond M., Miguel E., Del Castillo M.D. Food byproducts as sustainable ingredients for innovative and healthy dairy foods. *Nutrients* **2018**, *10*, 1358. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]

5. Food and Agriculture Organization. Available online: <https://www.fao.org/home/en> (accessed on 10 October 2022).

6. Sandström V., Chrysafi A., Lamminen M., Troell M., Jalava M., Piipponen J., Siebert S., Van Hal O., Virkki V., Kumm M. Food system by-products upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply. *Nat. Food* **2022**, *3*, 729–740. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

7. Călinoiu L.F., Vodnar D.C. Whole Grains and Phenolic Acids: A Review on Bioactivity, Functionality, Health Benefits and Bioavailability. *Nutrients* **2018**, *10*, 1615.

[[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]

8. Purić M., Rabrenović B., Rac V., Pezo L., Tomašević I., Demin M. Application of defatted apple seed cakes as a by-product for the enrichment of wheat bread. *LWT* **2020**, *130*, 109391. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

9. Spengler R.N. Origins of the apple: The role of megafaunal mutualism in the domestication of *Malus* and rosaceous trees. *Front. Plant Sci.* **2019**, *10*, 617. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)] [[Green Version](#)]

10. Giovanetti Canteri M.H., Nogueira A., de Oliveira Petkowicz C.L., Wosiacki G. Characterization of Apple Pectin—A Chromatographic Approach. *Chromatogr. Most Versatile Method Chem. Anal.* **2012**. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]