

УДК 664.844.002.237

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КОНЦЕНТРАТОВ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОВОЩНЫХ СОКОВ****М.А. Кожухова¹, Р.А. Дроздов¹, А.А. Кушнерева², Т.В. Бархатова¹, Т.А. Дроздова¹**¹ Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия² Кубанский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Краснодар, Россия

Создание новых видов продуктов, обогащенных пищевыми волокнами (ПВ), является одним из приоритетных направлений научных исследований, так как данные продукты при регулярном потреблении оказывают антиоксидантное действие на организм человека и способствуют профилактике целого ряда алиментарно-зависимых заболеваний: ожирение, заболевания толстого кишечника, сахарный диабет, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца и другие [1, 2].

К ПВ относятся главным образом вещества, образующие клеточные стенки растений и представляющие собой комплекс, сформированный из целлюлозы, гемицеллюлозы, пектина и лигнина. В качестве источников ПВ предложено использовать вторичные сырьевые ресурсы (ВСР) переработки растительного сырья [3]. Значительное количество ВСР (до 40 %) образуется при производстве фруктовых и овощных соков. В большинстве случаев они не находят дальнейшего применения в промышленности, поэтому могут служить недорогим и легкодоступным сырьем для производства ПВ. Установлено, что преимуществами ПВ, полученных из фруктов и овощей, являются высокая водоудерживающая, набухающая способность, устойчивость к действию желчных кислот, ионно-обменные и гелеобразующие свойства, наличие сопутствующих биологически активных веществ: антиоксидантов, витаминов, минеральных элементов [4]. Некоторые ПВ обладают пребиотическими свойствами, то есть способны оказывать позитивный эффект на организм через селективную стимуляцию роста или метаболическую активность нормальной микрофлоры кишечника [5].

Цель нашей работы – определить биотехнологический потенциал концентратов пищевых волокон (КПВ), образующихся при производстве овощных соков, с перспективой их дальнейшего применения в составе пробиотических молочных продуктов.

Объектами исследований служили КПВ, полученные из ВСР, образующихся при производстве соков из тыквы и топинамбура. Для проведения исследований КПВ получали следующим образом: овощи мыли, очищали от несъедобных частей, измельчали, бланшировали острым паром в течение 5 минут для инактивации собственных ферментов, охлаждали и проводили ферментативную обработку препаратом «Рестинекс Ultra SP-L» (температура ферментации для тыквы 55±5 °С, для топинамбура – 50±2 °С продолжительности 60 и 70 минут соответственно), затем отделяли сок на лабораторной центробежной соковыжималке «Bosch MES3500». Полученные ВСР (выжимки) собирали, высушивали в поле инфракрасного излучения в сушильном шкафу «Универсал-СД-4» при температуре в центре и на поверхности слоя высушиваемого продукта 55–58 °С до достижения конечного содержания влаги 7–9 %, затем измельчали до порошкообразного состояния (величина частиц 230±30 мкм) и использовали в качестве функциональных добавок в составе кисломолочных напитков, ферментированных пробиотическими культурами. В высушенных и измельченных КПВ определяли: массовую долю сухих веществ – на приборе «Эвлас – 2М», общие и редуцирующие сахара – колориметрическим методом с 3,5 – динитросалициловой кислотой, полисахариды (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин) и полифенолы – по Ермакову А.И. [6], азот – методом Кьельдаля, витамин С – методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105М», каротин – по ГОСТ 8756.22–80. Образцы ферментированных пробиотических напитков приготавливали следующим образом: высушенные КПВ вносили в молоко в количестве 2,5 %, молочно-растительные смеси пастеризовали в течение 10 минут при температуре 85±2 °С, охлаждали и сквашивали при температуре 37 °С в течение 10 часов с использованием заквасок «Бифилакт-Про» и «Бифилакт-Плюс». В процессе сквашивания контролировали pH и титруемую кислотность (ТК) стандартными методами, ТК выражали в градусах Тернера (Т°). Количество бифидобактерий в сквашенных образцах определяли по ГОСТ 33491–2015. Данные об изменении pH использовали для расчета кинетических показателей: максимальной скорости сквашивания (V_{max} , ед. pH/ч) и времени достижения pH=4,5, по которому судили о продолжительности сквашивания [5]. Контролем служило молоко без добавок.

На первом этапе были проведены исследования по определению химического состава полученных в соответствии с приведенной методикой КПВ тыквы и топинамбура. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав КПВ

Наименование показателей	Концентрат пищевых волокон	
	Тыквы	Топинамбура
Массовая доля сухих веществ, %	93,46±1,2	93,81±1,2
Растворимые сахара, %		
– общие	21,7±0,2	26,3±0,2
– редуцирующие	10,6±0,1	2,1±0,1
Полисахариды (Пищевые волокна), %	76,70±1,1	75,97±1,1
Азотистые соединения, мг азота/100 г.	234±4	563±5
Витамин С, мг/100г	4,92±0,12	3,33±0,08
Каротин, мг/100г	47,2±0,6	-
Полифенолы, мг/100 г.	392,1±1,5	616,8±1,5

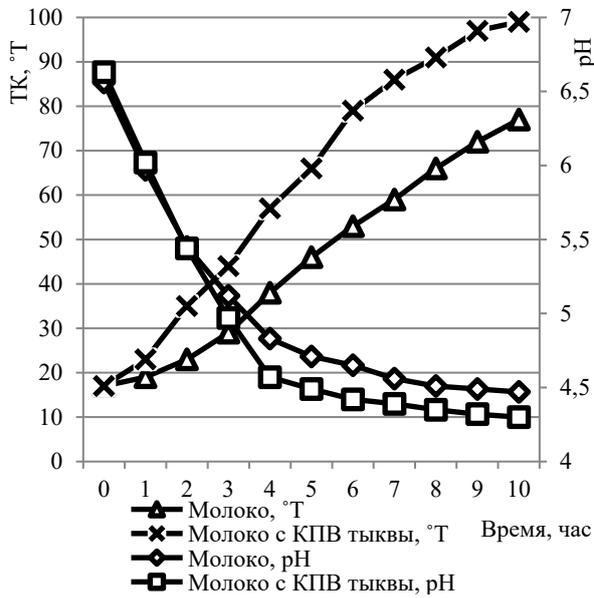
Как видно из полученных данных (таблица 1), в исследуемых КПВ преобладают полисахариды, относящиеся к группе ПВ, которые составляют более 75 % массовой доли сухих веществ. Показано, что данные соединения характеризуются широким спектром позитивного действия на организм человека, они также могут проявлять пребиотические свойства, т. е. стимулировать рост и активность лакто- и бифидобактерий [7, 8].

Установлено также, что в полученных порошках содержатся растворимые сахара, азотистые соединения, присутствуют витамины и полифенолы, обладающие антиоксидантными свойствами. Наличие сопутствующих веществ в составе КПВ повышает эффективность их действия и расширяет сферу функциональной активности. Установлено, что КПВ, полученные из ВСП переработки плодов и овощей, в ряде случаев проявляют более высокую пребиотическую активность по сравнению с очищенными коммерческими препаратами [5].

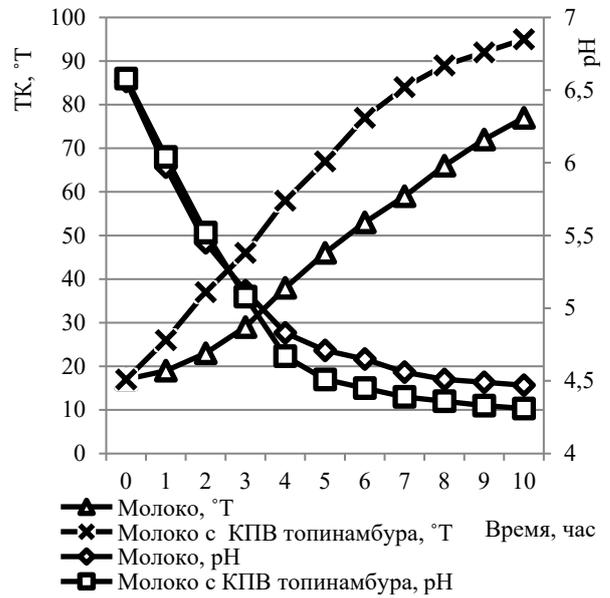
Для оценки биотехнологического потенциала КПВ тыквы и топинамбура их вносили в молочную основу и определяли динамику сквашивания смесей пробиотическими культурами в сравнении с молоком без добавок (контроль).

Результаты, характеризующие изменение кислотности в процессе сквашивания опытных и контрольных образцов, представлены на рисунках 1 и 2. Анализ графических зависимостей показывает, что внесение растительных добавок увеличивает скорость кислотообразования и интенсифицирует весь процесс сквашивания. Так, в опытных образцах конечная кислотность (рН=4,5) была достигнута в течение 5–7 часов, в контрольных – в течение 8–9 часов. Наибольший эффект отмечен при использовании закваски «Бифилакт-Про»: максимальная скорость сквашивания в образцах с добавлением высушенного КПВ тыквы составила $V_{1max}=0,515$, с добавлением высушенного КПВ топинамбура – $V_{2max}=0,478$, в то время как в контроле – $V_{kmax}=0,433$. При использовании закваски «Бифилакт-Плюс» аналогичные показатели имели следующие значения: $V'_{1max}=0,488$; $V'_{2max}=0,475$; $V'_{kmax}=0,44$. Микробиологический анализ показал, что сразу после окончания сквашивания закваской «Бифилакт-Про» в опытных образцах количество бифидобактерий было на 2–3 порядка больше, чем в контрольных, а после 8 суток хранения при температуре $4\pm 2^\circ\text{C}$ составило: при внесении высушенного КПВ тыквы – 6×10^{11} КОЕ/г, высушенного КПВ топинамбура – 8×10^{11} КОЕ/г. Это дает основание отнести полученные ферментированные продукты к категории пробиотических.

Таким образом, добавление исследуемых высушенных КПВ к молочной основе интенсифицирует процесс кислотообразования, активизирует рост и повышает стабильность пробиотических культур. Это можно объяснить наличием в составе растительных добавок стимулирующих факторов: сбраживаемых сахаров, биодоступных азотистых веществ, витаминов, минеральных веществ. Важными компонентами, способствующими жизнедеятельности бифидобактерий, являются антиоксиданты, которые снижают негативное воздействие растворенного кислорода на клетки анаэробов. В полученных КПВ тыквы антиоксидантную активность проявляет главным образом каротин и витамин С, в КПВ топинамбура – полифенольные вещества и инулин. В работе [9] показано, что инулин способен проявлять биоантиоксидантные свойства, ингибируя как процессы образования активных форм кислорода, так и реакции цепного перекисного свободнорадикального окисления липопротеидов. Стабилизирует пробиотики и способствует их выживаемости в молочно-растительных средах адгезия микробных клеток на поверхности растительных волокон, что служит защитным барьером для действия различных негативных факторов [10].

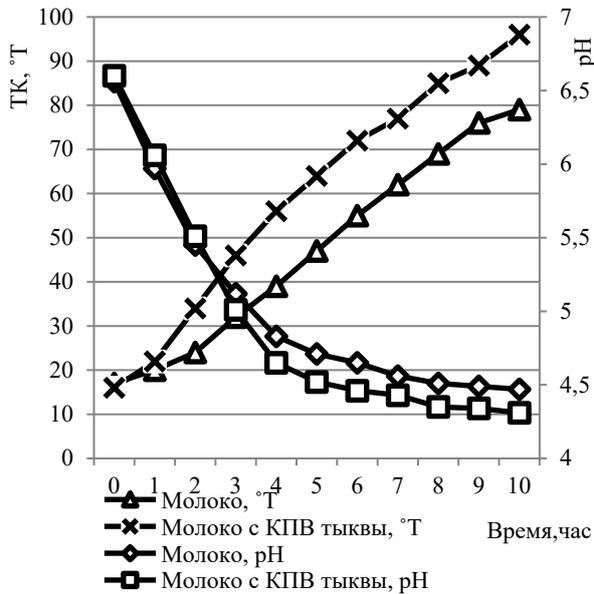


(А)

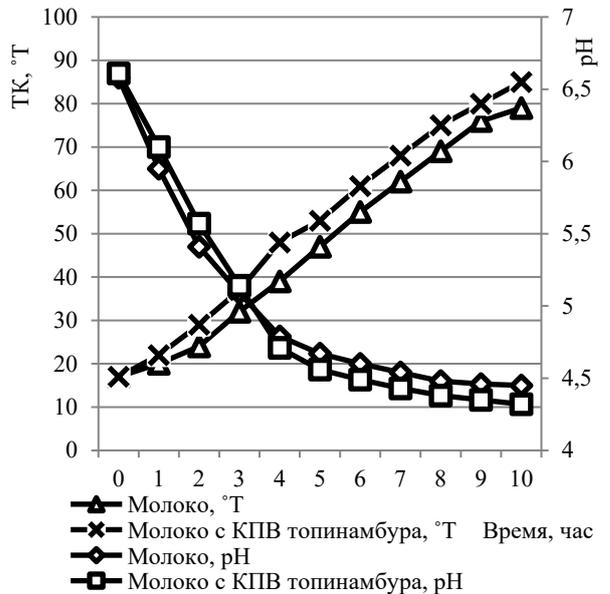


(Б)

Рисунок 1 – Изменение pH и титруемой кислотности (ТК) в процессе сквашивания молочно-растительных смесей с добавлением высушенных КПВ тыквы (А) и высушенных КПВ топинамбура (Б) закваской «Бифилакт-Про»



(А)



(Б)

Рисунок 2 – Изменение pH и титруемой кислотности (ТК) в процессе сквашивания молочно-растительных смесей с добавлением высушенных КПВ тыквы (А) и высушенных КПВ топинамбура (Б) закваской «Бифилакт-Плюс»

В результате проведенных исследований изучены химический состав и биотехнологический потенциал КПВ тыквы и топинамбура, полученных из ВСП сокового производства. Установлено, что внесение данных функциональных ингредиентов в молочную основу позволяет интенсифицировать процесс сквашивания пробиотическими культурами и обеспечить стабильность функциональных свойств продукта в процессе холодильного хранения. Наибольший эффект получен при сквашивании молочно-растительных смесей закваской «Бифилакт – Про». Это дает основание рекомендовать применение КПВ, полученных из ВСП переработки овощей, в биотехнологии пробиотических молочных продуктов в качестве источников пищевых волокон и бифидогенных факторов.

Литература

1. Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., Patil, R. (2011). Dietary fibre in foods: a review. Association of Food Scientists and Technologists. pp. 255–266. DOI: 10.1007/s13197-011-0365-5
2. Rodríguez, R., Jiménez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillen, R., Heredia, A. (2006). Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. Trends in Food Science & Technology. vol. 17. Issue 1. pp. 3–15. DOI: 10.1016 / j. tifs.2005.10.002
3. Schieber, A., Stintzing, F., Carle, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. Trends in Food Science & Technology. vol. 12. pp. 401–413. DOI:10.1016/S0924-2244(02)00012-2
4. Ana Paula do Espírito Santo, Nathalie S Cartolano, Thaianie F Silva, Fabiana ASM Soares, Luiz A Gioielli, Patrizia Perego, Attilio Converti, Maricê N Oliveira (2012). Fibers from fruit by-products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLA content in yoghurts. International Journal of Food Microbiology. vol. 154. Issue 3. pp. 135–144. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.12.025
5. Amirtha Puvanenthiran, Chloe Stevovitch-Rykner, Thu H. McCann, Li Day. (2014). Synergistic effect of milk solids and carrot cell wall particles on the rheology and texture of yoghurt gels. Food Research International. vol. 62. pp. 701–708. DOI: 10.1016 / J. FOODRES.2014.04.023
6. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений // Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ленинград: Колос. Ленингр. отд-ние, 1972. – 456 с.
7. Padayachee A. Complexity and health functionality of plant cell wall fibers from fruits and vegetables / A. Padayachee, L. Day, K. Howell, M.J. Gidley // Critical reviews in food science and nutrition. – 2017. – № 57. – P. 59–81
8. Mohammadi R. The starter culture characteristics of probiotic microorganisms in fermented milks / R. Mohammadi, S. Sohrabvandi, A. Mohammad Mortazavian // Engineering in Life Sciences. – 2015. – № 12. – P. 399–409
9. Даниленко А.Л. Изучение антиокислительной активности инулина в модельных тест-системах / А.Л. Даниленко, А.Н. Мамцев, Р.Р. Максютюв и др. // Технологии 21 века в пищевой, перерабатывающей и легкой промышленности. – 2013. – № 7. – С. 142–149. 26
10. Kristo, E., Biliaderis, C.G., Tzanetakis, N. (2003) Modelling of rheological, microbiological and acidification properties of a fermented milk product containing a probiotic strain of *Lactobacillus paracasei*. International Dairy Journal. vol. 13. pp. 517–528. DOI:10.1016/S0958-6946(03)00074-8