

9. Kim, Min-Jung Antioxidant and antigenotoxic effects of shiitake mushrooms affected by different drying method / Min-Jung Kim, Won-Mi Chu, EunJu Par // J Korean Soc Food Sci Nutr. – 2012. – 41(8). – P. 1041-1048. doi: 10.3746/jkfn.2012.41.8.1041.
10. McDougall, G.J. Anthocyanins from red wine-their stability under simulated gastrointestinal digestion / G.J. McDougall, S. Fyffe, P. Dobson, D. Stewart // Phytochemistry. – 2005. – Vol. 66, Is. 21. – P. 2540-2548. doi: 10.1016/j.phytochem.2005.09.003.
11. Parada, J. Food Microstructure Affects the Bioavailability of Several Nutrients / J. Parada, J. M. Aguilera // Journal of Food Science. – 2007. – 72(2). – P. 21-32.
12. Perez-Burillo, S. Towards an improved Global Antioxidant Response method (GAR+): physiological-resembling in vitro antioxidant capacity methods / S. Perez-Burillo, S. Pastoriza, J.A. Rufian-Henares // Food Chemistry. – 2017.
13. Piljac-Žegarac, J. Electrochemical determination of antioxidant capacity of fruit tea infusions / J. Piljac-Žegarac, L. Valek, T. Stipcevic, S. Martinez // Food Chem. – 2010. – 121(3). – P. 820-825. doi:10.1016/j.foodchem.2009.12.090.
14. Qian, Z.J. Free radical scavenging activity of a novel antioxidative peptide purified from hydrolysate of bullfrog skin / Z.J. Qian, W.K. Jung, S.K. Kim // Rana catesbeiana Shaw. Bioresourc Technol. – 2008. – 99(6). – P. 1690-1698.
15. Radzki, W. Effect of processing on the content and biological activity of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* mushroom / W. Radzki, M. Ziaja-Sołtys, J. Nowak et.al. // LWT - Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 66. – P. 27-33.
16. Rigidhar, K. Oral repletion of iron induces free radical mediated alterations in the gastrointestinal tract of rat / K. Rigidhar, K.M. Nair, R. Subramanian, L. Singotamu // Mol Cell Biochem. – 2001. – 219. – P. 91-98.
17. Vieira, P.A.F. Antioxidant activities, total phenolics and metal contents in *Pleurotus ostreatus* mushrooms enriched with iron, zinc or lithium / P.A.F. Vieira, D.C. Gontijo, B.C. Vieira et.al. // LWT - Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 54, Is. 2. – P. 421-425.

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ  
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПРЕБИОТИКОВ – ГАЛАКТООЛИГОСАХАРИДЫ**

Родная А.Б., Лодыгин А.Д., Храмцов А.Г.

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь  
akhramtcov@ncfu.ru

*На основе информационного файла показана возможность получения и применения нового класса пребиотиков - нанокластеров галактоолигосахаридов (ГОС).*

По существующей в настоящее время феноменологической терминологии галактоолигосахариды (ГОС) – некариогенные низкокалорийные вещества, отнесенные по классификации пищевых БАД к классу непереваримых олигосахаридов-пребиотиков [3]. В логистике системного анализа патентной информации по способам синтеза галактоолигосахаридов определены тенденции развития технологии галактоолигосахаридов, а также уровень творческой активности различных стран. Заметный всплеск активности патентования был отмечен в 90-е гг. XX века. Что касается фирм-заявителей, то подавляющее большинство из них – японские, причем около половины этих патентов принадлежит фирме Yakult Honsha.

В зависимости от фракционного состава коммерческие концентраты олигосахаридов можно разделить на три типа. Первый – трансгалактозилированные олигосахариды (ТОС), получаемые с использованием  $\beta$ -галактозидазы из *Aspergillus oryzae* и состоящие из три-, тетра-, пента- и гексагалактоолигосахаридов. Второй – Oligomate 55, получаемый с использованием  $\beta$ -галактозидазы из *Asp. oryzae* и *Streptococcus thermophilus* и содержащий 36 % три-, тетра-, пента- и гексагалактоолигосахаридов, 16 % дисахаридов (галактозилглюкозы и галактозилгалактозы), 38 % моносахаридов и 10 % лактозы. Третий – трансгалактозилированные дисахариды (ТД), получаемые с использованием препарата  $\beta$ -галактозидазы из *Str. thermophilus*.

Основными производителями концентратов галактоолигосахаридов являются Япония и Нидерланды. Галактоолигосахариды выпускаются либо в форме сиропов, либо в форме порошков. В основном ГОС получают путем ферментативного синтеза, при этом реакционный раствор представляет собой водную систему с относительно низкой концентрацией сахаров. Такой раствор подвержен бактериальному загрязнению и не может долго храниться. Кроме того, доля высокомолекулярных углеводов относительно мала, и их кристаллизация затруднена. По этой причине галактоолигосахариды чаще выпускают в виде сиропов. Производство порошкового продукта требует применения ряда добавок, кроме того, порошки ГОС гигроскопичны.

Прямая связь с комплексной олигосахаридной фракцией женского молока, которое также содержит галактозиллактозу, обусловила коммерческое использование ГОС, полученных из лактозы. Оно основано на их использовании в качестве натуральных альтернативных бифидус-факторов для стимуляции роста бифидобактерий в толстом кишечнике человека, что аналогично значению олигосахаридов женского молока для детей с естественным вскармливанием. ГОС применяются в молочной промышленности, хлебопечении, в производстве детского питания, напитков, нутрицевтиков и кормов для животных. Они могут использоваться в безалкогольных напитках в качестве легкого слабительного. Японские

компании добавляют ГОС в кисломолочные напитки (Yakult Honsha) и в детское питание (Snow Brand Milk Products).

В Японии ГОС получили применение в широком ряде пищевых продуктов в качестве подсластителей, наполнителей и заменителей сахара. Они используются в ряде продуктов, включая хлеб, напитки для спортсменов, джемы и мармелад, кисломолочные продукты, кондитерские изделия и десерты. В Европе ГОС добавляются в смеси для детского питания. Компания Nutricia (Нидерланды) производит детское питание «Нутрилон Омнео», «Нутрилон 1» и «Нутрилон 2». Смеси содержат 90 % галактоолигосахаридов и 10 % высокомолекулярных фруктоолигосахаридов. Фирма Humana выпускает гипоаллергенное питание с 4 месяцев и старше Хумана ГА 2 на основе частично гидролизованного сывороточного белка, которое содержит ГОС в оптимальном количестве.

Компания Friesland Foods Domo (Нидерланды), выпускающая пребиотический ингредиент Vivinal GOS, предлагает следующие направления его использования: получение освежающей пребиотической воды, пребиотического молока для подростков, обогащенного волокнами фруктового наполнителя, пребиотического сливочного йогурта. При этом подчеркиваются преимущества использования Vivinal GOS в производстве данных продуктов: пребиотическая активность при низких дозировках, устойчивость к кислой среде и высоким температурам, образование прозрачного раствора, нейтральный, сладковатый вкус.

В патентах по применению ГОС предложены следующие направления использования: в спредах, сырах, мясных продуктах, кондитерских начинках, шоколаде, карамели, кисломолочных напитках, кексах, соусах, супах, сливках для кофе, мороженом, а также кормах для животных. Кроме того, ГОС рассматриваются как возможный компонент функциональных пищевых добавок и детского питания. Предложено использовать ГОС также в кормопроизводстве, в частности, такой корм увеличивает прирост веса у телят.

Анализируя вышеприведенную информацию, можно сделать вывод, что ГОС являются перспективными олигосахаридами-пребиотиками и могут использоваться в широком ряде пищевых, кормовых продуктов, а также продуктов функционального питания [1, 4, 5].

На процесс синтеза галактоолигосахаридов оказывает влияние множество факторов. С целью определения оптимальных параметров процесса трансгалактозилирования в растворах лактозы и пермеате молочной сыворотки изучено влияние температуры, активной кислотности, массовой доли сухих веществ (входные параметры) на эффективность процесса и выход ГОС (выходной параметр).

Полученные результаты послужили основой для целенаправленного изучения совместного влияния технологических факторов на выход продуктов реакции трансгалактозилирования лактозы и разработка

закономерностей математической модели ферментативного синтеза ГОС в пермеате молочной сыворотки.

Проведенные исследования позволили сформировать Технологическую Платформу инновационной биотехнологии (подтверждено патентом) [2] с использованием принципа «вход-выход» в виде операторной модели. При этом превращение сырья – молочной сыворотки в промежуточный продукт – пермеат, а из промежуточного продукта в изделие – концентрат ГОС, достигается в результате нескольких операций, совокупность которых можно рассматривать как подсистему.

При производстве концентрата галактоолигосахаридов из молочной сыворотки на первом этапе проводится очистка от казеиновой пыли и молочного жира. Азотсодержащие соединения сыворотки, являясь несахарами, отрицательно сказываются на выходе целевых продуктов при получении производных лактозы. Вступая в реакцию с лактозой, они образуют устойчивые комплексы, которые трудно гидролизуются  $\beta$ -галактозидазой и, как следствие, замедляются реакции гидролиза и трансгликозилирования. Кроме того, эти вещества затрудняют ведение технологического процесса, так как влияют на интенсивность сгущения сыворотки, способствуя образованию пены.

Наиболее полно выделить белки из молочной сыворотки позволяет метод ультрафильтрации. Полученный при ультрафильтрации пермеат далее направляют на производство концентрата ГОС, а белковый ультраконцентрат (ретентат) после соответствующей обработки можно использовать в производстве продуктов питания в пастообразном или сухом виде.

В производстве концентрата ГОС деминерализация сыворотки не предусмотрена, т. к. минеральные вещества, способствуя увеличению растворимости лактозы, снижают степень ее выкристаллизации. В противном случае образовавшиеся кристаллы лактозы не будут подвергаться реакциям гидролиза и трансгликозилирования  $\beta$ -галактозидазой. Это заметно упрощает и значительно удешевляет производство.

Пермеат сгущают при температуре 55 – 60 °С до массовой доли сухих веществ 20 % (так как 4-кратное сгущение пермеата обеспечивает наибольшее содержание олигосахаридов в продукте). Возможно концентрирование обратным осмосом. Далее пермеат направляют на электроактиватор, где его рН регулируют до значения 6,0.

Затем проводят ферментацию сыворотки  $\beta$ -галактозидазой *Penicillium canescens* (препарат Лактоканесцин Г20х) при следующих условиях: рН 6,0; температура 55 °С; продолжительность – 3±1 час; доза фермента – 0,8 % от массы пермеата (процесс «ноу-хау»). После ферментации раствор, содержащий ГОС, досгущают на вакуум-выпарной установке (ВВУ) до массовой доли сухих веществ 60 %. Для инактивации фермента в конце сгущения температуру в ВВУ (процесс «ноу-хау») поднимают до 70 °С. Далее концентрат необходимо охладить до 6 – 8 °С, что проводится в

кристаллизаторе-охладителе. Продукт расфасовывают в пищевую тару. Готовый продукт – концентрат ГОС отвечает всем требованиям разработанной нормативно-технической документации. ВЭЖХ опытно-промышленных образцов идентичен препарату Vivinal GOS®.

Результаты экспериментальных исследований и технико-экономических расчетов подтверждают высокий инновационный потенциал технологии концентратов галактоолигосахаридов. Теперь дело за инвестором и организацией промышленного производства. Альтернатива – полная импортозависимость!

### Список литературы

1. Гаврилов, Г.Б. Справочник по переработке молочной сыворотки. Технологии, процессы и аппараты, мембранное оборудование/ Г.Б. Гаврилов, А.Ю. Просеков, Э.Ф. Кравченко, Б.Г. Гаврилов. – СПб: ИД Профессия, 2015. – 176 с.
2. Пат. 2379903 Российская Федерация, МПК А 23 С 21/00, А 23 L 1/30. Способ получения концентрата галактоолигосахаридов (варианты) / А.Г. Храмцов, А.Б. Родная, И.А. Евдокимов, С.А. Рябцева, А.Д. Лодыгин, Ю.В. Дикунова. – Опубл. 27.01.2010, Бюл. № 3. – 4 с.
3. Родная, А.Б. Разработка биотехнологии концентратов галактоолигосахаридов из лактосодержащего сырья / Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ // А.Б. Родная. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2011. – 145 с.
4. Храмцов, А.Г. Тенденции развития способов получения галактоолигосахаридов / А. Г. Храмцов, А. Б. Родная, А. Д. Лодыгин, С. А. Рябцева // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2011. – № 2 – 3. – С. 5 – 8.
5. Храмцов, А. Г. Феномен молочной сыворотки / А.Г. Храмцов. – СПб. : Профессия, 2011. – 804 с.

### НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА БЕТА-ГАЛАКТОЗИДАЗ ДРОЖЖЕЙ И МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

Рябцева С. А., Скрипнюк А. А., Котова А. А., Храмцов А. Г.,  
Родная А. Б., Лодыгин А. Д., Мартак А. А.

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь,  
ryabtseva07@mail.ru

*Описаны процессы получения комбинированного ферментного препарата β-галактозидаз дрожжевого и бактериального происхождения, имеющего расширенный рН и температурный диапазон действия. Полученный по предлагаемой технологии фермент имеет низкую стоимость за счет применения для культивирования микроорганизмов вторичного*