

УДК 637.146

Котова Анна Александровна, Рябцева Светлана Андреевна

АНАЛИЗ ПРЕПАРАТОВ ГАЛАКТООЛИГОСАХАРИДОВ

В статье систематизированы данные о составе и свойствах препаратов галактоолигосахаридов наиболее известных в мире производителей. Проведен сравнительный анализ способов производства галактоолигосахаридов.

Ключевые слова: галактоолигосахариды, состав, свойства, получение, β -галактозидаза.

Kotova Anna Aleksandrovna, Ryabtseva Svetlana Andreevna

ANALYSIS OF GALACTOOLIGOSACCHARIDES

The article presents data on the composition and properties of galactooligosaccharides of the well-known manufacturers. The comparative analysis of production methods of these preparations is carried out.

Key words: galactooligosaccharide, composition, properties, production, β -galactosidase.

Производство пребиотиков – быстро расширяющаяся отрасль промышленности. С каждым годом растет количество продуктов, содержащих в своем составе полезные компоненты. Одна из причин этого явления – растущий материальный достаток потребителей; вторая – заинтересованность покупателя в продуктах здорового питания.

Галактоолигосахариды (ГОС) – пребиотики, по своему химическому составу являются углеводами, включающими от 1 до 7 остатков галактозы, соединенных с остатком глюкозы [1]. В качестве пищевых ингредиентов ГОС начали использовать в Европе и Японии около 30 лет назад. Основными производителями в настоящее время являются следующие фирмы: Yakult Honsha (Токио, Япония), Nissin Sugar Manufacturing Company (Токио, Япония), Snow Brand Milk Products (Токио, Япония), Friesland Foods Domo (бывший Borculo Domo ingredients) в Нидерландах и Clasado Ltd в Великобритании.

В данной статье будет проведен сравнительный анализ препаратов ГОС двух ведущих мировых производителей: Yakult Honsha (Токио, Япония) и Friesland Foods Domo (Нидерланды). ГОС этих фирм в разное время получили статус GRAS (Generally Recognized as Safe), подтверждающий безопасное использование данного пребиотика в пищевых продуктах.

Одна из крупнейших фирм в Европе по производству препаратов ГОС и продуктов с их использованием – Friesland Foods Domo. В России известна кисломолочная продукция под маркой Campina и детское питание под маркой Friso, содержащие препараты ГОС этой фирмы. Также у этой компании ГОС закупает фирма Nutricia – крупный производитель детского питания. Марка, под которой выпускается пребиотик, называется Vivinal GOS. Форма выпуска – сироп [2].

Компания Yakult Honsha располагается в Токио и является одной из крупнейших фирм в Японии. Кроме ГОС, выпускаемого под маркой Oligomate GOS в виде сиропа и порошка, компания также выпускает различные препараты для лабораторий (ферменты и целлюлозу), для индустрии (амилазы и протеазы), а также среды для определения бифидобактерий TOS PROPIONATE AGAR [3].

К важным характеристикам препаратов ГОС относится их углеводный состав. В таблице 1 представлен состав двух марок препаратов ГОС: Vivinal и Oligomate [4, 5].

Таблица 1

Состав препаратов ГОС

Длина углеводной цепи	Эмпирическая формула	Vivinal ГОС	Oligomate ГОС
		Массовая доля г/100 г ГОС	
Моносахариды	C ₆ H ₁₂ O ₆	Глюкоза	18,0
		Галактоза	22,4
Дисахариды	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (лактоза)	1,0	8,6
	Другие	15,0	12,7
Трисахариды	C ₁₈ H ₃₆ O ₁₈	15,0	14,8
Тетрасахариды	C ₂₄ H ₄₂ O ₂₁	39,0	34,4
Другие, включая следовые количества высших олигосахаридов		18,0	4,8
		1,0	2,5

Основная доля в препаратах ГОС представлена в виде трисахарида – 0-β-D-галактопиранозил-(1-4)-O-β-D-галактопиранозил-(1-4)-β-D-глюкозы.

Молекулярный вес отдельных олигосахаридов колеблется от 342 (дисахариды) до 1315 (октасахариды) Да [6]. Как видно из таблицы, состав Vivinal и Oligomate различается в содержании галактозы (различие между ними в 4 раза), трисахаридов (в 1,3 раза) и тетрасахарах (примерно в 4 раза). При этом общее содержание галактоолигосахаридов в Vivinal ГОС составляет 59 %, а в Oligomate ГОС – 55 %.

По физико-химическим свойствам данные препараты примерно одинаковы (таблица 2), однако активная кислотность Oligomate может варьировать в более широком диапазоне.

Таблица 2

Физико-химические свойства препаратов ГОС

Свойства	Vivinal ГОС	Oligomate ГОС
pH	3,2–3,8	3,0–5,5
Внешний вид	Прозрачная желтоватая вязкая жидкость	
Растворимость в воде	Полностью растворим	
Плотность (г/мл при 20 °С)	1,38	
Вкус	Слегка сладкий	
Запах	Характерного запаха нет	

Проведенные эксперименты доказали, что данные препараты ГОС термостабильны и устойчивы в кислых средах [4, 5]. При проверке термостабильности Vivinal ГОС было выявлено, что обработка сиропа при 120 °С в течение 30 минут не привела к изменению в структуре. Препарат Oligomate ГОС оставался стабильным и при температуре 160 °С.

В документах по GRAS препаратов приводятся доказательства того, что пребиотики фирм стабильны в течение длительного времени: от 18 месяцев до 2 лет для Oligomate ГОС и до 20 недель для Vivinal ГОС.

На рис. 1 и 2 представлена стабильность японских препаратов ГОС при нагреве до 160 °С и различных pH в сравнении с сахарозой. Как видно из рисунков, Oligomate ГОС стабилен в большом диапазоне pH (от 2 до 7) и температуре 80–160 °С, в то время как сахароза распадается при pH ниже 4 и температуре выше 80 °С. Таким образом, ГОС могут быть использованы при производстве продуктов с высокотемпературной обработкой в качестве заменителей сахарозы, не оказывающих влияния на их органолептические показатели и безопасность [4].

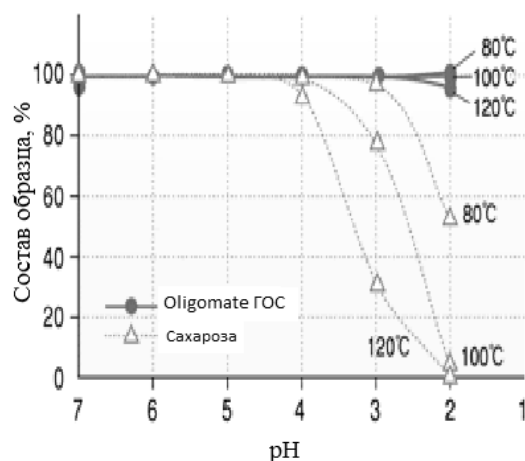


Рис. 1. Стабильность Oligomate ГОС при различных pH и температуре

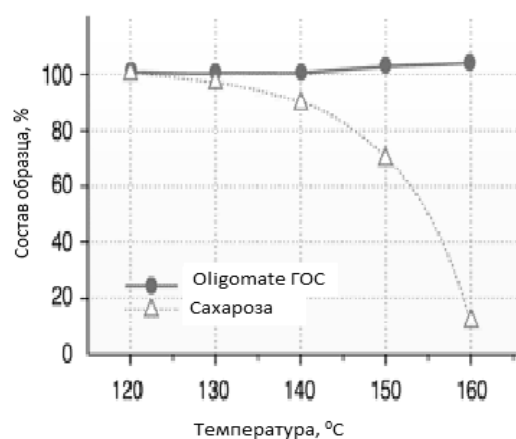


Рис. 2. Стабильность Oligomate ГОС при разной температуре

На рис. 3 и 4 представлена стабильность других препаратов ГОС (Vivinal) при разных pH и температурах. Данные представлены в сравнении с фруктоолигосахаридами (ФОС) и инулином. Из рисунков можно сделать вывод, что препараты Vivinal ГОС стабильны как в кислой среде, так и при высоких температурах, причем более устойчивы, чем ФОС и инулин [5].

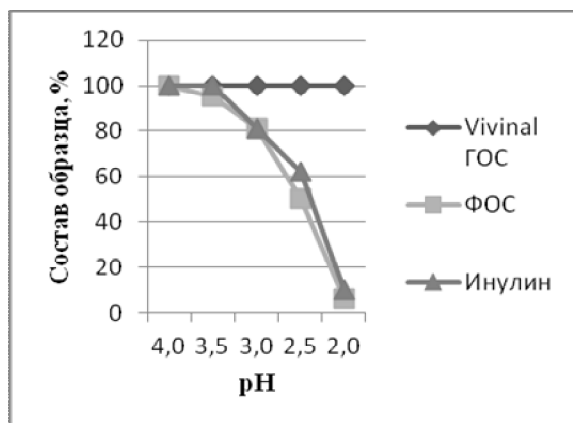


Рис. 3. Стабильность Vivinal ГОС при различных рН

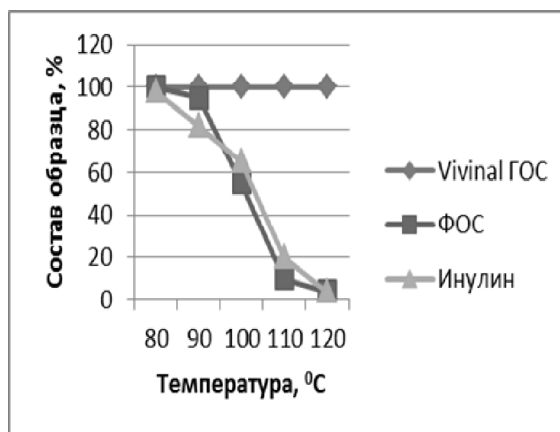


Рис. 4. Стабильность препарата Vivinal ГОС при различных температурах

В основе производства галактоолигосахаридов лежит реакция трансгалактозилирования, которая проходит с помощью фермента β -галактозидазы [7]. Основные отличия способов производства описываемых препаратов связаны с выбором вида фермента и методов очистки.

В производстве Vivinal ГОС используется бактериальная β -галактозидаза, полученная из *Bacillus circulans* ATCC 31382. У данного штамма бактерии отсутствует патогенность и мутагенность, отмечена низкая токсичность. Ферментный препарат называется Biolacta N5, активация фермента происходит при температуре 35 °C и pH 5,5–6,5.

Процесс производства Vivinal ГОС представлен на рис. 5.

На первой стадии подготавливают раствор лактозы для проведения реакции трансликозилирования. Для этого доводят pH с помощью гидроксида натрия. После этого добавляют ферментный препарат Biolacta N5. После окончания реакции раствор нагревают и добавляют лимонную кислоту для инактивации фермента. Последующие операции направлены на очистку препарата от побочных продуктов. Для этого используются процессы фильтрации и адсорбции. В этих процессах задействованы следующие вещества: активированный уголь, целлюлоза, соляная кислота, перлит и ионообменные смолы. Все эти компоненты впоследствии фильтруются. Для приготовления сиропа проводят концентрирование препарата до содержания ГОС 59 %.

Для получения сиропа Oligomate ГОС используется два вида ферментного препарата β -галактозидазы дрожжевого происхождения: продуцентами являются *Sporobolomyces singularis* и *Kluyveromyces lactis*. β -галактозидазу, полученную из *Sporobolomyces singularis* (дрожжевой концентрат – Yakult или YC-Y), используют в производстве как основ-

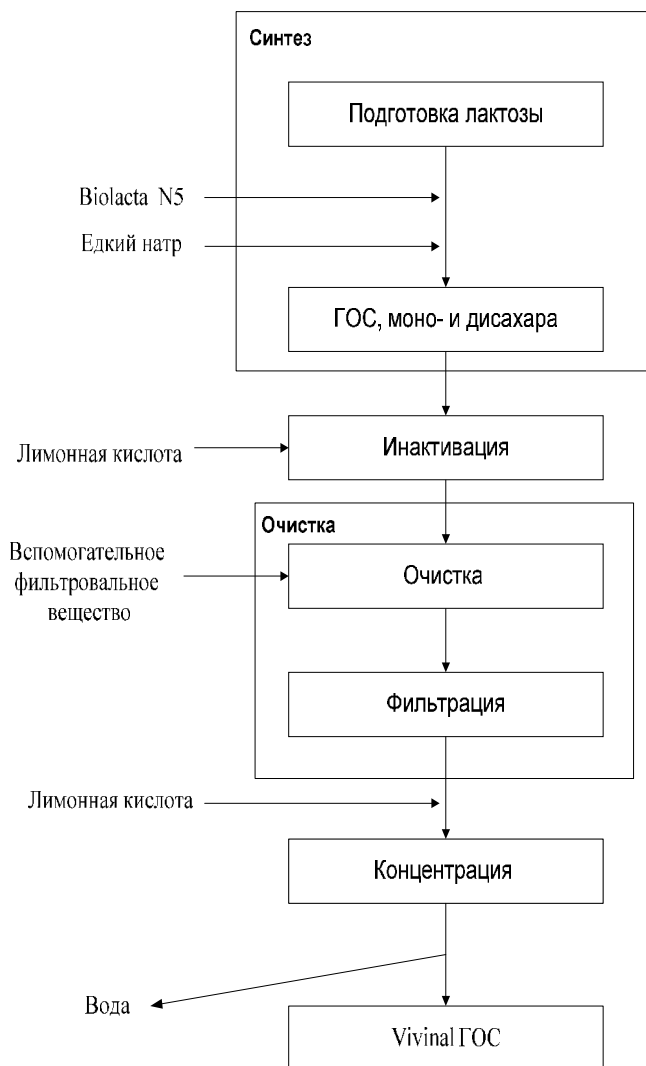


Рис. 5. Блок-схема производства сиропа Vivinal ГОС

ную из-за высокой трангликозилирующей активности. Фермент, полученный из *Kluyveromyces lactis* (*GODO-YNL*), используют для гидролиза непрореагировавшей лактозы.

Схема процесса производства Oligomate ГОС представлена на рис. 6.

На первом этапе готовят раствор лактозы для проведения реакции ферментации. Оптимальными условиями проведения реакции является pH 3,7 и температура 45 °С. После создания условий в раствор добавляют ферментный препарат *YC-Y*. После завершения первой реакции раствор охлаждают, а затем доводят до оптимальных условий для второй реакции и добавляют ферментный препарат *GODO-YNL*, чтобы гидролизовать непрореагировавшую лактозу. После получения необходимого углеводного состава, фермент инактивируют нагреванием смеси.

Следующим этапом технологии является очистка, которая включает в себя следующие операции:

- обесцвечивание путем внесения активированного угля;
- фильтрация через керамическую мембрану для удаления активированного угля и остатков денатурированного белка;
- деминерализацию на ионообменной смоле;
- концентрирование в вакуум-выпарных установках для получения сиропа с содержанием воды менее 25 %, а затем стерилизация его ультрафиолетом.

Вышеописанные препараты ГОС прошли проверку безопасности на лабораторных животных и на добровольцах в клинических условиях и рекомендованы для использования в кисломолочных продуктах, мороженом, детских смесях, хлебобулочных изделиях, энергетических напитках [4, 5].

Проведенный анализ показал, что существующие на современном мировом рынке препараты ГОС отличаются вариабельностью углеводного состава и существенным разбросом pH, что может влиять на свойства кисломолочных продуктов с их использованием. Кроме того, вышеописанные способы производства являются многоступенчатыми и довольно сложными, особенно в плане очистки, что обуславливает высокую стоимость препаратов. Это свидетельствует об актуальности дальнейшего совершенствования технологии и состава препаратов ГОС, а также о необходимости повышения экономической эффективности их производства за счет использования вторичного молочного сырья и менее дорогостоящих методов очистки.

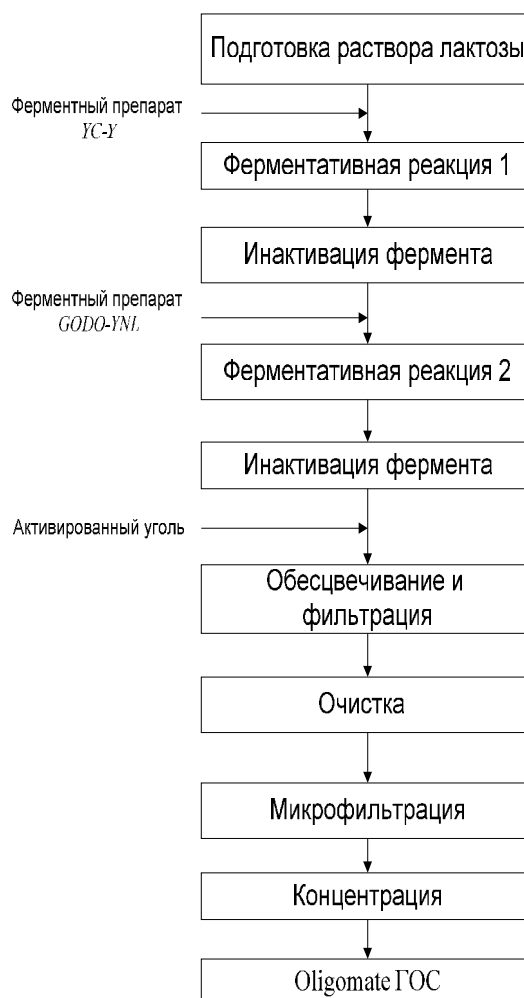


Рис. 6. Блок-схема производства Oligomate ГОС

Литература

1. Gibson G. R., Rastall R. A. Prebiotics: development and application, 2006.
2. Официальный сайт Vivinal ГОС. URL: <http://www.vivinalgos.com> (дата обращения: 15.04.2013).
3. Официальный сайт Yakult Honsha. URL: <http://www.yakult.co.jp/yapi/en/index.html> (дата обращения: 15.04.2013).
4. Generally Recognized as Safe (GRAS) Determination for the Use of Galacto-Oligosaccharides (GOS) in Foods and Infant Formulas / Prepared for: Yakult Pharmaceutical Industry Co., Ltd., 2010. 160 p.
5. Generally Recognized as Safe (GRAS) Determination for the Use of Galacto-Oligosaccharides (GOS) in Foods and Infant Formulas / Prepared for: Friesland Foods Domo Zwolle, 2007. 120 p.
6. Степаненко Б. Н. Химия и биохимия углеводов (полисахариды): учеб. пособие для вузов. Ч. 1. М.: Высш. школа, 1978. 256 с.
7. Грачева И. М., Кривова А. Ю. Технология ферментных препаратов. М.: Элевар, 2000. 512 с.