

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202292159 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2022.10.04(51) Int. Cl. C07K 14/24 (2006.01)  
C12P 19/04 (2006.01)(22) Дата подачи заявки  
2021.01.22

## (54) ПОЛУЧЕНИЕ ОГМ

(31) PA202000085; PA202000833

(72) Изобретатель:

(32) 2020.01.23; 2020.07.13

Педерсен Маргит, Пападакис Манос,  
Кампманн Катрине Бых (DK)

(33) DK

(86) PCT/EP2021/051473

(74) Представитель:

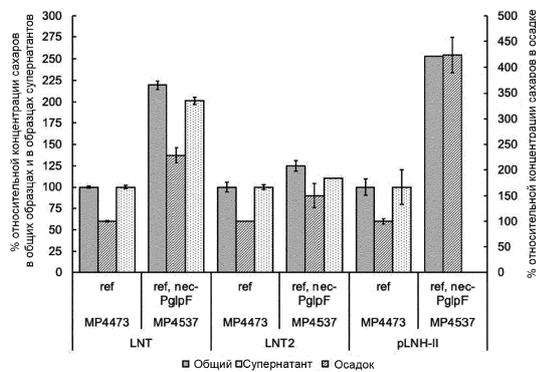
(87) WO 2021/148615 2021.07.29

Фелицына С.Б. (RU)

(71) Заявитель:

ГЛЮКОМ А/С (DK)

(57) Идея настоящего изобретения относится к генетически модифицированной клетке, способной продуцировать олигосахарид, предпочтительно, ОГМ, включающей рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую предполагаемый транспортный белок суперсемейства MFS; и к способам с применением указанной клетки для получения олигосахарида(ов), предпочтительно, ОГМ.



A1

202292159

202292159

A1

## ПОЛУЧЕНИЕ ОГМ

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к области рекомбинантного получения биологических молекул в клетках-хозяевах. Более конкретно, оно относится к способу рекомбинантного получения олигосахаридов грудного молока (ОГМ) с применением генетически модифицированных клеток, экспрессирующих белок суперсемейства основных посредников (MFS).

### **Уровень техники**

Олигосахариды грудного молока (ОГМ) составляют третий по величине твердый компонент грудного молока и обладают высокой устойчивостью к ферментативному гидролизу. Как следствие, значительная часть ОГМ остается в значительной степени непереваренной и неабсорбированной, что делает возможным их проникновение в толстую кишку. В толстой кишке ОГМ могут служить субстратами для формирования кишечной экосистемы путем избирательной стимуляции роста специфических сахаролитических бактерий. Эта избирательность считается полезной как для младенцев, так и для взрослых, поскольку считается, что штаммы видов *Bifidobacterium* положительно влияют на здоровье кишечника (Chichlowski M. *et al*, (2012) *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 5:251-258; Elison E. *et al*, (2016) *Brit J. Nutr.* 116: 1356–1368).

Помимо своих пребиотических свойств, ОГМ связаны с дополнительными положительными эффектами, что расширяет область их применения (Kunz C. *et al*, (2014) *Food Oligosaccharides: Production, Analysis and Bioactivity*, 1st Edition, p 5-20, Eds. Moreno J. and Luz Sanz M., John Wiley & Sons, Ltd).

Очевидная польза ОГМ для здоровья позволила разрешить их применение в пищевых продуктах, таких как детские смеси и пищевые продукты, а также в потребительских товарах для здоровья. Биотехнологическое производство ОГМ представляет собой ценный экономичный и масштабный способ производства ОГМ. Оно основано на генетически модифицированных бактериях, сконструированных таким образом, чтобы экспрессировать гликозилтрансферазы, необходимые для синтеза желаемых олигосахаридов, и в нем применяют врожденный пул нуклеотидных сахаров бактерий в качестве предшественников ОГМ. Недавние разработки в биотехнологическом производстве ОГМ позволили преодолеть некоторые присущие бактериальным экспрессионным системам ограничения. Например, бактериальные клетки, продуцирующие ОГМ, могут быть генетически модифицированы для увеличения

ограниченного внутриклеточного пула нуклеотидных сахаров в бактериях (WO2012112777), для повышения активности ферментов, участвующих в продукции ОГМ (WO2016040531), или для облегчения секреции синтезированных ОГМ во внеклеточную среду (WO2010142305, WO2017042382). Кроме того, экспрессию представляющих интерес генов в рекомбинантных клетках можно регулировать с помощью конкретных промоторов или других регуляторов экспрессии генов, таких как, например, те, что недавно были описаны в WO 2019123324.

Подход, описанный в WO 2010142305 и WO 2017042382, имеет то преимущество, что он позволяет снизить метаболическую нагрузку, воздействующую на продуцирующую клетку, за счет высоких уровней экспрессии рекомбинантных генов, т.е. с применением способов WO2012112777, WO2016040531 или WO2019123324. Этот подход привлекает все большее внимание к конструированию рекомбинантных клеток, продуцирующих ОГМ, например, недавно были описаны несколько новых генов переносчиков сахара, кодирующих белки и процедуры ферментации, которые могут способствовать выведению рекомбинантно продуцируемой 2'-фукозиллактозы (2'-FL), самого распространенного ОГМ грудного молока (WO2018077892, US201900323053, US201900323052). Однако в настоящее время не существует алгоритма, который мог бы точно определить правильный белок-транспортёр, способный обеспечивать отток различных структур ОГМ, полученных рекомбинантно, среди многочисленных бактериальных белков с предсказанной функцией транспортера в нескольких базах данных белков, например, в UniProt, поскольку структуры/факторы, определяющие субстратную специфичность переносчиков сахаров, до сих пор недостаточно изучены и остаются крайне непредсказуемыми.

### **Раскрытие изобретения**

Идентификация новых эффективных белков-транспортёров оттока сахаров, обладающих специфичностью к различным рекомбинантно полученным ОГМ и разработка рекомбинантных клеток, экспрессирующих указанный белок, выгодны для крупномасштабного промышленного производства ОГМ.

Настоящее изобретение относится к рекомбинантным клеткам, способным продуцировать олигосахарид грудного молока (ОГМ), при этом клетки экспрессируют гетерологичный ген, кодирующий предполагаемый транспортный белок MFS (**m**ajor **f**acilitator **s**uperfamily, суперсемейство основных посредников), происходящий из бактерии *Rosenbergiella nectarea*. Более конкретно, изобретение относится к генетически модифицированной клетке, оптимизированной для продукции олигосахаридов, в особенности, ОГМ, содержащей рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую

белок, последовательность которого, по меньшей мере, на 80% сходна с аминокислотной последовательностью SEQ ID NO:1. Аминокислотная последовательность, обозначенная в настоящем документе как SEQ ID NO:1, представляет собой аминокислотную последовательность, которая на 100% идентична аминокислотной последовательности, имеющей номер доступа в GenBank IDWP\_092672081.1([https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/WP\\_092672081.1](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/WP_092672081.1)). Белок-транспортер MFS, имеющий аминокислотную последовательность SEQ ID NO:1, идентифицируют в настоящем документе как «белок Нес», или «транспортер Нес», или «Нес», взаимозаменяемо; последовательность нуклеиновой кислоты, кодирующую белок Нес, идентифицируют в настоящем документе как «кодирующая *nes* нуклеиновая кислота/ДНК», или «ген *nes*», или «*nes*».

Настоящее изобретение показывает, что применение рекомбинантных клеток, продуцирующих ОГМ, которые экспрессируют белок Нес, приводит к весьма отчетливым улучшениям процесса производства ОГМ как с точки зрения ферментации, так и очистки ОГМ. Описанные в настоящем документе рекомбинантные клетки и способы получения ОГМ обеспечивают как более высокие выходы всех произведенных ОГМ, более низкое образование побочных продуктов или отношение побочного продукта к продукту, более низкое образование биомассы за ферментацию, так и облегченное извлечение ОГМ во время последующей обработки ферментационный бульон.

Неожиданно было обнаружено, что экспрессия последовательности ДНК, кодирующей Нес, в различных ОГМ-продуцирующих клетках связана с накоплением некоторых ОГМ во внеклеточной среде и других ОГМ внутри продуцирующих клеток, а также с увеличением общей продукции ОГМ. Неожиданно оказалось, что увеличение выхода образующихся ОГМ характерно для ОГМ, состоящих либо из трех, либо из четырех звеньев моносахаридов, т.е. для ОГМ, которые представляют собой трисахариды и тетрасахариды, например, 2'-фукозиллактозы (2'-FL), 3-фукозиллактозы (3-FL), 3-сиалиллактозы (3'-SL), 6'-сиалиллактозы (6'-SL), лакто-N-триозы 2, (LNT-2), лакто-N-неотетраозы (LNnT) и лакто-N-тетраозы (LNT), но не для более крупных олигосахаридных структур, таких как пентасахариды и гексасахариды, которые накапливаются внутри продуцирующих клеток. Неожиданно также обнаружено, что общая продукция основных ОГМ, например, 2'-фукозиллактозы (2'-FL), 3-фукозиллактозы (3-FL), лакто-N-триозы (LNT II) и лакто-N-тетраозы (LNT) соответствующими ОГМ-продуцирующими клетками, экспрессирующими Нес, также увеличивается, в то время как образование побочных продуктов, например, дифукозиллактозы (DFL), лакто-N-фукопентаозы V (LNFP V) или паралактонеогексаозы-I

(pLNH-I), в этих клетках, соответственно, часто снижены, и указанные побочные олигосахариды обычно накапливаются внутри ОГМ-продуцирующих клеток. Далее, весьма неожиданно, оказалось, что экспрессия белка Нес в клетках, продуцирующих ОГМ, приводит к снижению образования биомассы во время ферментации и к более здоровым клеточным культурам, отражаясь в уменьшении количества мертвых клеток в конце ферментации, что делает производственный процесс более эффективным, поскольку на единицу биомассы производится больше продукта.

Соответственно, первый аспект изобретения относится к генетически модифицированной клетке, способной продуцировать один или несколько ОГМ, где указанная клетка включает рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую белок SEQ ID NO:1 (фигура 6), или его функциональный гомолог, аминокислотная последовательность которого идентична, по меньшей мере, на 80%, предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 85%, более предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 90% последовательности SEQ ID NO: 1.

Второй аспект изобретения относится к конструкции нуклеиновой кислоты, включающей последовательность(последовательности) нуклеиновой кислоты, кодирующую(кодирующие) белок-транспортер MFS, где последовательность нуклеиновой кислоты, кодирующая белок, имеет, по меньшей мере, 70% идентичности с последовательностью SEQ ID NO: 2, например, по меньшей мере, 80%, например, по меньшей мере, 85%, например, по меньшей мере, 95%, например, по меньшей мере, 99%, а также к генетически модифицированной клетке, включающей конструкцию нуклеиновой кислоты, которая представляет собой *Escherichia coli*.

В одном аспекте конструкция нуклеиновой кислоты включает последовательность(последовательности) нуклеиновой кислоты, кодирующую(кодирующие) белок-транспортер MFS, в которой последовательность нуклеиновой кислоты идентична, по меньшей мере, на 70% последовательности SEQ ID NO: 2.

Третий аспект изобретения относится к способу получения одного или нескольких олигосахаридов, включающему следующие стадии:

(i) получение генетически модифицированной клетки, способной продуцировать ОГМ, в котором указанная клетка включает рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую белок SEQ ID NO:1, или его функциональный гомолог, аминокислотная последовательность которого идентична, по меньшей мере, на 80%, предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 85%, более предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 90% последовательности SEQ ID NO: 1;

(ii) культивирование клеток в соответствии с (i) в подходящей среде культивирования клеток для экспрессии указанной рекомбинантной нуклеиновой кислоты;

(iii) сбор одного или нескольких ОГМ, полученных на стадии (ii).

Изобретение также относится к применению генетически модифицированной клетки или конструкции нуклеиновой кислоты, содержащей гетерологичную последовательность нуклеиновой кислоты, кодирующую белок суперсемейства основных посредников (MFS), причем указанная последовательность нуклеиновой кислоты имеет, по меньшей мере, 70% идентичности последовательности с SEQ ID NO: 2, для производства одного или нескольких олигосахаридов грудного молока (ОГМ).

Как упоминалось выше, при культивировании генетически модифицированных клеток, способных продуцировать один или несколько ОГМ, клеток включающих нуклеиновую кислоту, кодирующую белок-транспортер Нес, неожиданно было обнаружено, что соответствующие один или несколько ОГМ продуцируются с высокими выходами, тогда как образование побочных продуктов и биомассы снижается. Это облегчает извлечение ОГМ в последующих процессах, например, общая процедура извлечения и очистки может включать меньше стадий и общее время очистки может быть сокращено.

Эти эффекты повышенного выхода продукта и облегчения извлечения продукта делают настоящее изобретение превосходящим раскрытия предшествующего уровня техники.

Другие аспекты и полезные признаки настоящего изобретения подробно описаны и проиллюстрированы приведенными ниже неограничивающими рабочими примерами.

### **Краткое описание чертежей**

На фигуре 1 показаны относительная продукция 2'-FL (фиг. 1A), относительное распределение 2'-FL внутри и снаружи клеток (фиг. 1B), относительное соотношение DFL к 2'-FL (фиг. 1B), и относительная оптическая плотность (фиг. 1D) модифицированной *E. coli* со сверхэкспрессией белка-транспортера MFS с последовательностью SEQ ID NO: 1 и без сверхэкспрессии.

На фигуре 2 показано относительное распределение 3-FL внутри и снаружи клеток в модифицированной *E. coli* со сверхэкспрессией белка-транспортера MFS с последовательностью SEQ ID NO: 1 и без сверхэкспрессии.

На фигуре 3 показаны относительные концентрации LNT2 в процентах (%) для штаммов MP4002 и MP4039 в общих образцах и в образцах супернатанта и осадка. Хотя оба штамма демонстрируют оптимальную экспрессию гена гликозилтрансферазы *lgtA*,

только MP4039 экспрессирует ген гетерологичного переносчика *nes*.

На фигуре 4 показано процентное содержание (%) относительных концентраций LNT и побочных продуктов для штаммов MP4473 и MP4537 в общих образцах и в образцах супернатанта и осадка. Хотя оба штамма демонстрируют оптимальную экспрессию генов гликозилтрансфераз *lgtA* и *galTK*, только MP4537 экспрессирует ген гетерологичного переносчика *nes*.

На фигуре 5 показано процентное соотношение (%) относительной суммарной концентраций LNFP-I, 2'-FL, LNT и ОГМ для штаммов MP2789 и MP4597 во всех образцах. Хотя оба штамма демонстрируют оптимальную экспрессию генов гликозилтрансфераз *lgtA*, *galTK* и *futC*, только MP4597 экспрессирует ген гетерологичного переносчика *nes*.

На фигуре 6 представлена аминокислотная последовательность белка Nec (SEQ ID NO: 1)

#### **Осуществление изобретения**

Далее воплощения изобретения будут описаны более подробно. Каждая конкретная вариация признаков может быть применена к другим воплощениям изобретения, если специально не указано иное.

Как правило, все применяемые в настоящем документе термины следует интерпретировать в соответствии с их обычным значением в технической области и как применимые ко всем аспектам и воплощениям изобретения, если явно не определено или не указано иное. Все ссылки на «a/an/the [клетка, последовательность, ген, транспортер, стадия и т.д.]» нужно интерпретировать открыто как относящиеся, по меньшей мере, к одному экземпляру указанной клетки, последовательности, гена, транспортера, стадии и т.д. если прямо не указано иное. Этапы любого раскрытого в настоящем документе способа не обязательно выполнять в точном раскрытом порядке, если это не указано явно.

Настоящее изобретение в целом относится к генетически модифицированной клетке для эффективного производства олигосахаридов и к применению указанной генетически модифицированной клетки в способе получения олигосахаридов. В особенности, настоящее изобретение относится к генетически модифицированной клетке, способной к синтезу олигосахарида, предпочтительно, гетерологичный олигосахарид, в особенности, олигосахарид грудного молока (ОГМ). Соответственно, клетка по изобретению модифицируют для экспрессии набора рекомбинантных нуклеиновых кислот, которые необходимы для синтеза клетками одного или нескольких ОГМ (которые позволяют клетке синтезировать один или несколько ОГМ), таких как гены, кодирующие один или несколько ферментов с гликозилтрансферазной активностью, описанных ниже.

Продуцирующую олигосахарид рекомбинантную клетку по изобретению дополнительно модифицируют для включения гетерологичной последовательности рекомбинантной нуклеиновой кислоты, предпочтительно, последовательности ДНК, кодирующей предполагаемый транспортный белок MFS (**m**ajor **f**acilitator **s**uperfamily, суперсемейство основных посредников), происходящий из бактерии *Rosenbergiella nectarea*. Более конкретно, изобретение относится к генетически модифицированной клетке, оптимизированной для продукции одного или нескольких конкретных олигосахаридов, в особенности, одного или нескольких конкретных ОГМ, содержащей рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую белок, имеющий, по меньшей мере, 80% сходства последовательности, предпочтительно, по меньшей мере, 85%, более предпочтительно, по меньшей мере, 90% и еще более предпочтительно, по меньшей мере, 95% сходства последовательности с аминокислотной последовательностью SEQ ID NO:1 (фигура 6). Аминокислотная последовательность, обозначенная в настоящем документе как SEQ ID NO:1, представляет собой аминокислотную последовательность, которая на 100% идентична аминокислотной последовательности, имеющей номер доступа в GenBank: WP\_092672081.1.

Соответственно, первый аспект изобретения относится к генетически модифицированной клетке, способной продуцировать один или несколько ОГМ, при этом указанная клетка включает рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую белок SEQ ID NO:1, или его функциональный гомолог, аминокислотная последовательность которого идентична, по меньшей мере, на 80%, предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 85%, более предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 90% последовательности SEQ ID NO: 1. Под термином «функциональный гомолог» в настоящем контексте подразумевают белок, аминокислотная последовательность которого на 80–99,9 % идентична SEQ ID NO: 1, и который обладает функцией, полезной для достижения по меньшей мере одного преимущественного эффекта изобретения, т.е. увеличение общего производства ОГМ клеткой-хозяином, облегчение восстановления произведенного(произведенных) ОГМ, эффективность продукции ОГМ и/или жизнеспособность клетки, продуцирующей ОГМ.

Белок-транспортёр MFS, имеющий аминокислотную последовательность SEQ ID NO:1, идентифицируют в настоящем документе как «белок Nec», или «транспортёр Nec», или «Nec», взаимозаменяемо; последовательность нуклеиновой кислоты, кодирующую белок Nec, идентифицируют в настоящем документе как «кодирующую *nec* нуклеиновую кислоту/ДНК», или «ген *nec*», или «*nec*».

Под термином «суперсемейства основных посредников (MFS)» подразумевают

большое и исключительно разнообразное семейство класса вторичных активных транспортеров, которые отвечают за транспорт ряда различных субстратов, включая сахара, лекарства, гидрофобные молекулы, пептиды, органические ионы и т.д. Специфичность белков-переносчиков сахара крайне непредсказуема, и идентификация нового белка-переносчика со специфичностью, например, в отношении олигосахаридов требует необременительных лабораторных экспериментов (более подробную информацию смотри в обзоре Reddy V.S. *et al*, (2012), FEBS J. 279(11): 2022–2035). Термин «переносчик MFS» в данном контексте означает белок, который облегчает транспорт олигосахаарида, предпочтительно ОГМ, через клеточную мембрану, предпочтительно транспорт ОГМ/олигосахаарида, синтезированного клеткой-хозяином, из цитозоля клетки в клеточную среду, предпочтительно, ОГМ/олигосахаарида, содержащего три или четыре звена сахара, например, 2'-FL, 3-FL, LNT-2, LNT, LNnT, 3'-SL или 6'-SL. Дополнительно или альтернативно переносчик MFS может также способствовать оттоку молекул, которые не считаются ОГМ или олигосахааридами согласно настоящему изобретению, таких как лактоза, глюкоза, клеточные метаболиты или токсины.

Термин «идентичность последовательности [определенного] %» в контексте двух или более последовательностей нуклеиновых кислот или аминокислот означает, что две или более последовательностей имеют общие нуклеотиды или аминокислотные остатки в данном проценте при сравнении и выравнивании для максимального соответствия в окне сравнения или обозначенных последовательностях нуклеиновых кислот или аминокислот (т.е. последовательности имеют, по меньшей мере, 90-процентную (%) идентичность). Процентную идентичность последовательностей нуклеиновых кислот или аминокислот можно определить с помощью алгоритма сравнения последовательностей BLAST 2.0 с параметрами по умолчанию или путем ручного выравнивания и визуального контроля (см., например, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>). Это определение также применимо к комплементу тестируемой последовательности и к последовательностям, которые имеют делеции и/или добавления, а также к тем, которые имеют замены. Примером алгоритма, подходящего для определения процента идентичности, сходства последовательностей и выравнивания, служит алгоритм BLAST 2.2.20+, описанный в Altschul *et al. Nucl. Acids Res.* **25**, 3389 (1997). BLAST 2.2.20+ применяют для определения процента идентичности последовательностей нуклеиновых кислот и белков по изобретению. Программное обеспечение для проведения анализов BLAST общедоступно через Национальный центр биотехнологической информации. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). CLUSTAL Omega (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/>), EMBOSS Needle ([http://www.ebi.ac.uk/Tools/psa/emboss\\_needle/](http://www.ebi.ac.uk/Tools/psa/emboss_needle/)), MAFFT

(<http://mafft.cbrc.jp/alignment/server/>) или MUSCLE (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/muscle/>) представляют собой примеры алгоритмов выравнивания последовательностей.

В контексте изобретения термин «олигосахарид» означает сахаридный полимер, содержащий ряд моносахаридных звеньев. В некоторых воплощениях предпочтительными олигосахаридами являются полимеры сахаридов, состоящие из трех или четырех моносахаридных звеньев, т.е. трисахаридами или тетрасахаридами. Предпочтительные олигосахаридами изобретения являются олигосахаридами грудного молока (ОГМ).

Термин «олигосахарид грудного молока» или «ОГМ» в данном контексте означает сложный углевод, обнаруженный в грудном молоке человека (для отсылки см. *Urashima et al.: Milk Oligosaccharides*. Nova Science Publisher (2011); или *Chen, Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 72, 113 (2015)). ОГМ имеют структуру ядра, включающую единицу лактозы на восстанавливаемом конце, которая может быть удлинена одной или несколькими единицами бета-N-ацетил-лактозаминила и/или одной или несколькими единицами бета-лакто-N-биозила, и эта структура ядра может быть замещенная альфа-L-фукопиранозильной и/или альфа-N-ацетилнейраминильной (сиалильной) частью. В связи с этим неокислотные (или нейтральные) ОГМ лишены остатка сиалила, а кислые ОГМ имеют в своей структуре хотя бы один остаток сиалила. Неокислотный (или нейтральный) ОГМ может быть фукозилированным или нефукозилированным. Примеры таких нейтральных нефукозилированных ОГМ включают лакто-N-триозу 2 (LNT-2), лакто-N-тетраозу (LNT), лакто-N-неотетраозу (LNnT), лакто-N-неогексаозу (LNnH), пара-лакто-N-неогексаозу (pLNnH), пара-лакто-N-гексаозу (pLNH) и лакто-N-гексаозу (LNH). Примеры нейтральных фукозилированных ОГМ включают 2'-фукозиллактозу (2'-FL), лакто-N-фукопентаозу I (LNFP-I), лакто-N-дифукогексаозу I (LNDFH-I), 3-фукозиллактозу (3-FL), дифукозиллактозу (DFL), лакто-N-фукопентаозу II (LNFP-II), лакто-N-фукопентаозу III (LNFP-III), лакто-N-дифукогексаозу III (LNDFH-III), фукозил-лакто-N-гексаозу II (FLNH-II), лакто-N-фукопентаозу V (LNFP-V), лакто-N-дифукогексаозу II (LNDFH-II), фукозил-лакто-N-гексаозу I (FLNH-I), фукозил-пара-лакто-N-гексаозу I (FpLNH-I), фукозил-пара-лакто-N-неогексаозу II (F-pLNnH II) и фукозил-лакто-N-неогексаозу (FLNnH). Примеры кислотных ОГМ включают 3'-сиалиллактозу (3'-SL), 6'-сиалиллактозу (6'-SL), 3-фукозил-3'-сиалиллактозу (FSL), 3'-О-сиалиллакто-N-тетраозу а (LST a), фукозил-LST a (FLST a), 6'-О-сиалиллакто-N-тетраозу b (LST b), фукозил-LST b (FLST b), 6'-О-сиалиллакто-N-неотетраозу (LST c), фукозил-LST c (FLST c), 3'-О-сиалиллакто-N-неотетраозу (LST d), фукозил-LST d (FLST d), сиалил-лакто-N-гексаозу (SLNH), сиалил-лакто-N-неогексаозу I (SLNH-I), сиалил-лакто-N-неогексаозу II (SLNH-II) и дисиалил-лакто-N-тетраозу

(DSLNT). В контексте настоящего изобретения лактозу не рассматривают как разновидность ОГМ.

В некоторых воплощениях изобретения предпочтительными могут быть три-ОГМ и тетра-ОГМ, например, трисахариды 2'-FL, 3-FL, LNT-2, 3'-SL, 6'-SL и тетрасахариды DFL, LNT, LNnT, FSL.

Чтобы иметь возможность синтезировать один или несколько ОГМ, рекомбинантная клетка по изобретению включает, по меньшей мере, одну рекомбинантную нуклеиновую кислоту, которая кодирует функциональный фермент с гликозилтрансферазной активностью. Ген галактозилтрансферазы может быть интегрирован в геном (посредством хромосомной интеграции) клетки-хозяина, или, альтернативно, он может быть включен в плазмидную ДНК и экспрессироваться как переносимый плазмидой. Если для производства ОГМ необходимы две или более гликозилтрансфераз, например, LNT или LNnT, то две или более рекомбинантных нуклеиновых кислоты, кодирующих разные ферменты с гликозилтрансферазной активностью, могут быть интегрированы в геном и/или экспрессированы из плазмиды, например бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазу (первая рекомбинантная нуклеиновая кислота, кодирующая первую гликозилтрансферазу) в сочетании с бета-1,4-галактозилтрансферазой (вторая рекомбинантная нуклеиновая кислота, кодирующая вторую гликозилтрансферазу) для продукции LNT, где первая и вторая рекомбинантные нуклеиновые кислоты могут быть независимо друг от друга интегрированы хромосомно на плазмиде. В одном предпочтительном воплощении как первая, так и вторая рекомбинантные нуклеиновые кислоты стабильно интегрированы в хромосому клетки-производителя; в другом воплощении, по меньшей мере, одна из первой и второй гликозилтрансфераз представляет собой переносимую плазмидой. Белок/фермент с гликозилтрансферазной активностью (гликозилтрансфераза) может быть выбран в различных воплощениях из ферментов, обладающих активностью альфа-1,2-фукозилтрансферазы, альфа-1,3-фукозилтрансферазы, альфа-1,3/4-фукозилтрансферазы, альфа-1,4-фукозилтрансферазы, альфа-2,3-сиалилтрансферазы, альфа-2,6-сиалилтрансферазы, бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы, бета-1,6-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы, бета-1,3-галактозилтрансферазы и бета-1,4-галактозилтрансферазы. Например, для продукции 2'-FL требуется, чтобы модифицированная клетка экспрессировала активный фермент альфа-1,2-фукозилтрансферазу; для продукции 3-FL модифицированная клетка нуждается в экспрессии активного фермента альфа-1,3-фукозилтрансферазы; для продукции LNT модифицированная клетка должна экспрессировать, по крайней мере, две

гликозилтрансферазы, бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазу и бета-1,3-галактозилтрансферазу; для продукции 6'-SL модифицированная клетка должна экспрессировать активный фермент альфа-2,6-сиалилтрансферазу и путь для синтеза CMP-сиаловой кислоты; для производства 3'-SL модифицированная клетка должна экспрессировать активный фермент альфа-2,3-сиалилтрансферазу и путь для синтеза CMP-сиаловой кислоты. Некоторые неограничивающие воплощения белков, обладающих гликозилтрансферазной активностью, которые могут кодироваться рекомбинантными генами, содержащимися в клетке-продуценте, могут быть выбраны из неограничивающих примеров таблицы 1.

Таблица 1

Ген	ID белковой последовательности (GenBank)	Описание	Пример ОГМ
<i>lgtA_Nm</i>	<i>WP_002248149.1</i>	$\beta\beta$ -1,3-N-ацетилглюкозаминил-трансфераза	LNT, LNnT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I, pLNnH
<i>lgtA_Nm_MC58</i>	<i>AAF42258.1</i>	$\beta$ -1,3-N-ацетилглюкозаминил-трансфераза	LNT, LNnT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I, pLNnH
<i>lgtA_Hd</i>	<i>AAN05638.1</i>	$\beta$ -1,3-N-ацетилглюкозаминил-трансфераза	LNT, LNnT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I, pLNnH
<i>lgtA_Ng_PID2</i>	<i>AAK70338.1</i>	$\beta$ -1,3-N-ацетилглюкозаминил-трансфераза	LNT, LNnT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I, pLNnH
<i>lgtA_Ng_NCCP1 1945</i>	<i>ACF31229.1</i>	$\beta$ -1,3-N-ацетилглюкозаминил-трансфераза	LNT, LNnT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I, pLNnH
<i>lgtA_Past</i>	<i>AAK02595.1</i>	$\beta$ -1,3-N-ацетилглюкозаминил-трансфераза	LNT, LNnT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I, pLNnH
<i>lgtA_Nc</i>	<i>EEZ72046.1</i>	$\beta$ -1,3-N-ацетилглюкозаминил-трансфераза	LNT, LNnT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I, pLNnH
<i>lgtA_Nm_87255</i>	<i>ELK60643.1</i>	$\beta$ -1,3-N-ацетилглюкозаминил-трансфераза	LNT, LNnT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I, pLNnH
<i>galT_Hp/HP0826</i>	<i>NP_207619.1</i>	$\beta\beta$ -1,4-галактозил-трансфераза	LNnT, LNFP-III, LNFP-VI, pLNH I, F-pLNH I, pLNnH

Ген	ID белковой последовательности (GenBank)	Описание	Пример ОГМ
<i>galT_Nm/igtB</i>	<i>AAF42257.1</i>	$\beta$ -1,4-галактозил-трансфераза	LNnT, LNFP-III, LNFP-VI, pLNH I, F-pLNH I, pLNnH
<i>wbgO</i>	<i>WP_000582563.1</i>	$\beta$ -1,3-галактозил-трансфераза	LNT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-V, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I
<i>cpsIBJ</i>	<i>AB050723.1</i>	$\beta\beta$ -1,3-галактозил-трансфераза	LNT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-V, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I
<i>jhp0563</i>	<i>AEZ55696.1</i>	$\beta$ -1,3-галактозил-трансфераза	LNT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-V, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I
<i>galTK</i>	<i>homologous to BD182026</i>	$\beta$ -1,3-галактозил-трансфераза	LNT, LNFP-I, LNFP-II, LNFP-V, LNDFH-I, LNDFH-II, pLNH, F-pLNH I
<i>futC</i>	<i>WP_080473865.1</i>	$\alpha$ -1,2-фукозил-трансфераза	2'-FL, DFL, LNFP-I, LNDFH-I
<i>FucT2_HpUA802</i>	<i>AAC99764.1</i>	$\alpha$ -1,2-фукозил-трансфераза	2'-FL, DFL, LNFP-I, LNDFH-I
<i>FucT2_EcO126t</i>	<i>ABE98421.1</i>	$\alpha$ -1,2-фукозил-трансфераза	2'-FL, DFL, LNFP-I, LNDFH-I
<i>FucT2_Hm12198</i>	<i>CBG40460.1</i>	$\alpha$ -1,2-фукозил-трансфераза	2'-FL, DFL, LNFP-I, LNDFH-I
<i>FucT2_Pm9515</i>	<i>ABM71599.1</i>	$\alpha$ -1,2-фукозил-трансфераза	2'-FL, DFL, LNFP-I, LNDFH-I
<i>FucT2_HpF57</i>	<i>BAJ59215.1</i>	$\alpha$ -1,2-фукозил-трансфераза	2'-FL, DFL, LNFP-I, LNDFH-I
<i>FucT6_3_Bf</i>	<i>CAH09151.1</i>	$\alpha$ -1,3-фукозил-трансфераза	2'-FL, 3-FL, DFL, LNFP-I, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-II, F-pLNH I
<i>FucT7_3_Bf</i>	<i>CAH09495.1</i>	$\alpha$ -1,3-фукозил-трансфераза	2'-FL, 3-FL, DFL, LNFP-I, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-II, F-pLNH I
<i>FucT_3_Am</i>	<i>ACD04596.1</i>	$\alpha$ -1,3-фукозил-трансфераза	2'-FL, 3-FL, DFL, LNFP-I, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-II, F-pLNH I
<i>MAMA_R764</i>	<i>AGC02224.1</i>	$\alpha$ -1,3-фукозил-трансфераза	2'-FL, 3-FL, DFL, LNFP-I, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-II, F-pLNH I
<i>Mg791</i>	<i>AEQ33441.1</i>	$\alpha$ -1,3-фукозил-трансфераза	2'-FL, 3-FL, DFL, LNFP-I, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-II, F-pLNH I
<i>Moutou_00703</i>	<i>YP_007354660</i>	$\alpha$ -1,3-фукозил-трансфераза	2'-FL, 3-FL, DFL, LNFP-I, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-II, F-pLNH I
<i>futA</i>	<i>NP_207177.1</i>	$\alpha$ -1,3-фукозил-трансфераза	2'-FL, 3-FL, DFL, LNFP-I, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-II, F-pLNH I

Ген	ID белковой последовательности (GenBank)	Описание	Пример ОГМ
<i>ficT</i>	<i>AAB81031.1</i>	$\alpha$ -1,3-фукозил-трансфераза	2'-FL, 3-FL, DFL, LNFP-I, LNFP-III, LNFP-V, LNFP-VI, LNDFH-II, F-pLNH I
<i>ficTIII</i>	<i>AY450598.1</i>	$\alpha$ -1,4-фукозил-трансфераза	LNDFH-I, LNDFH-II
<i>ficTa</i>	<i>AF194963.1</i>	$\alpha$ -1,3/4-фукозил-трансфераза	LNFP-II, LNDFH-I, LNDFH-II
<i>Pd2,6ST</i>	<i>BAA25316.1</i>	$\alpha$ -2,6-сиалилтрансфераза	6'-SL
<i>PspST6</i>	<i>BAF92026.1</i>	$\alpha$ -2,6-сиалилтрансфераза	6'-SL
<i>PiST6_145</i>	<i>BAF91416.1</i>	$\alpha$ -2,6-сиалилтрансфераза	6'-SL
<i>PiST6_119</i>	<i>BAI49484.1</i>	$\alpha$ -2,6-сиалилтрансфераза	6'-SL
<i>NST</i>	<i>AAC44541.1</i>	$\alpha$ -2,3-сиалилтрансфераза	3'-SL

Один из аспектов настоящего изобретения представляет собой обеспечение конструкции нуклеиновой кислоты, включающей гетерологичную(гетерологичные) последовательность(последовательности) нуклеиновой кислоты, кодирующую(кодирующие) белок, способный к транспортировке сахара, который представляет собой белок суперсемейства основных посредников (MFS), как показано в SEQ ID NO: 1, или его функциональный гомолог, аминокислотная последовательность которого, по меньшей мере, на 80% идентична SEQ ID NO: 1, при этом последовательность нуклеиновой кислоты, кодирующая белок MFS, имеет, по меньшей мере, 70% идентичности последовательности с SEQ ID NO: 2.

Под термином «гетерологичная последовательность нуклеиновой кислоты», «кодирующая рекомбинантный ген/нуклеиновая кислота/ДНК» или «кодирующая последовательность нуклеиновой кислоты» подразумевают искусственную последовательность нуклеиновой кислоты (т.е. полученную *in vitro* с применением стандартных лабораторных способов получения последовательностей нуклеиновых кислот), которая включает набор последовательных, неперекрывающихся триплетов (кодонов), которые транскрибируются в мРНК и транслируются в полипептид, когда их помещают под контроль соответствующих контрольных последовательностей, т.е.

промотора. Границы кодирующей последовательности обычно определяются сайтом связывания рибосомы, расположенным прямо перед открытой рамкой считывания на 5'-конце мРНК, стартовым кодоном транскрипции (AUG, GUG или UUG) и стоп-кодоном трансляции (UAA, UGA или UAG). Кодирующая последовательность может включать, но не ограничиваться ими, геномную ДНК, кДНК, синтетические и рекомбинантные последовательности нуклеиновых кислот. Термин «нуклеиновая кислота» включает молекулы РНК, ДНК и кДНК. Понятно, что в результате вырождения генетического кода может быть получено множество нуклеотидных последовательностей, кодирующих данный белок. Термин «нуклеиновая кислота» применяют взаимозаменяемо с термином «полинуклеотид». «Олигонуклеотид» представляет собой молекулу нуклеиновой кислоты с короткой цепью. «Праймер» представляет собой олигонуклеотид, встречающийся в природе в виде очищенного фрагмента рестрикции или полученный синтетическим путем, который способен действовать как точка инициации синтеза при помещении в условия, в которых индуцируется синтез продукта удлинения праймера, комплементарного цепи нуклеиновой кислоты (т.е. в присутствии нуклеотидов и индуцирующего агента, такого как ДНК-полимераза, и при подходящей температуре и рН). Праймер предпочтительно применяют одноцепочечный для максимальной эффективности амплификации, но альтернативно он может быть двухцепочечным. Если праймер двухцепочечный, то его сначала обрабатывают, чтобы разделить его нити, прежде чем применять для приготовления продуктов для удлинения. Предпочтительно праймер представляет собой дезоксирибонуклеотид. Праймер должен быть достаточно длинным, чтобы инициировать синтез продуктов удлинения в присутствии индуцирующего агента. Точная длина праймеров будет зависеть от многих факторов, включая температуру, источник праймера и применение способа.

Рекомбинантная нуклеиновая последовательность по изобретению может представлять собой кодирующую последовательность ДНК, например, ген или некодирующая последовательность ДНК, например, регуляторную ДНК, такую как промоторная последовательность. Один аспект изобретения относится к получению рекомбинантной клетки, включающей последовательности рекомбинантной ДНК, кодирующие ферменты, необходимые для продукции одного или нескольких ОГМ, и последовательность ДНК, кодирующую переносчик *Nes*. Соответственно, в одном воплощении изобретение относится к конструкции нуклеиновой кислоты, включающей кодирующую последовательность нуклеиновой кислоты, т.е. последовательность рекомбинантной ДНК представляющего интерес гена, например, гена гликозилтрансферазы или гена *nes*, и некодирующую последовательность ДНК, например,

последовательность промоторной ДНК, например, рекомбинантную промоторную последовательность, полученную из промотора оперона *lac* или оперона *gfp*, или промоторную последовательность, полученную из другой последовательности ДНК геномного промотора, или синтетическая промоторная последовательность, где кодирующая и промоторная последовательности функционально связаны. Термин «функционально связанный» относится к функциональной взаимосвязи между двумя или более сегментами нуклеиновой кислоты (например, ДНК). Как правило, это относится к функциональной связи регуляторной последовательности транскрипции с транскрибируемой последовательностью. Например, промоторная последовательность функционально связана с кодирующей последовательностью, если она стимулирует или модулирует транскрипцию кодирующей последовательности в подходящей клетке-хозяине или другой системе экспрессии. Как правило, промоторные регуляторные последовательности транскрипции, которые функционально связаны с транскрибируемой последовательностью, физически примыкают к транскрибируемой последовательности, т.е. они представляют собой *cis*-действующие последовательности.

В одном воплощении конструкция нуклеиновой кислоты по изобретению может представлять собой частью векторной ДНК, в другом воплощении конструкция представляет собой экспрессионную кассету/картридж, интегрированную в геном клетки-хозяина. Соответственно, термин «конструкция нуклеиновой кислоты» означает искусственно сконструированный сегмент нуклеиновой кислоты, в особенности, сегмент ДНК, который предназначен для «трансплантации» в клетку-мишень, например, в клетку-мишень, например, в бактериальную клетку, для модификации экспрессии гена генома или экспрессии последовательности гена/кодирующей ДНК, которая может быть включена в конструкцию. В контексте изобретения конструкция нуклеиновой кислоты включает последовательность рекомбинантной ДНК, включающую две или более последовательностей рекомбинантной ДНК: по существу, некодирующую последовательность ДНК, включающую последовательность промоторной ДНК, и кодирующую последовательность ДНК, кодирующую представляющий интерес ген, например, белка *Nes*, гликозилтрансферазы или другого гена, пригодного для продукции ОГМ в клетке-хозяине. Предпочтительно конструкция включает дополнительные некодирующие последовательности ДНК, которые либо регулируют транскрипцию, либо трансляцию кодирующей ДНК конструкции, например, последовательность ДНК, облегчающую связывание рибосомы с транскриптом, лидирующую последовательность ДНК, которая стабилизирует транскрипт.

Интеграция представляющей интерес рекомбинантной нуклеиновой кислоты,

включенной в конструкции (т.е. в экспрессионную кассету), в бактериальный геном может быть достигнута обычными способами, например, с помощью линейных картриджей, содержащих фланкирующие последовательности, гомологичные определенному участку на хромосоме, как описано для attTn7-сайта (Waddell C.S. and Craig N.L., *Genes Dev.* (1988) Feb;2(2):137-49.); способами геномной интеграции последовательностей нуклеиновых кислот, в которых рекомбинация опосредована рекомбиназной функцией Red фага  $\lambda$  или рекомбиназной функцией RecE/RecT профага Rac (Murphy, *J Bacteriol.* (1998);180(8):2063-7; Zhang *et al.*, *Nature Genetics* (1998)20: 123-128 Muylers *et al.*, *EMBO Rep.* (2000) 1(3): 239–243); способами, основанными на рекомбинации Red/ET (Wenzel *et al.*, *Chem Biol.* (2005), 12(3):349-56.; Vetcher *et al.*, *Appl Environ Microbiol.* (2005);71(4):1829-35); или с помощью положительных клонов, т.е. клонов, которые несут кассету экспрессии, могут быть отобраны, например, с помощью маркерного гена, или потери или усиления функции гена.

Одной копии кассеты экспрессии, включающей интересующий ген, может быть достаточно для обеспечения продукции желаемого ОГМ и достижения желаемых эффектов согласно изобретению. Соответственно, в некоторых предпочтительных воплощениях изобретение относится к рекомбинантной ОГМ-продуцирующей клетке, которая включает одну, две или три копии представляющего интерес гена, интегрированного в геномную ДНК клетки. В некоторых воплощениях предпочтительна единственная копия гена.

В одном предпочтительном воплощении рекомбинантная кодирующая последовательность нуклеиновой кислоты конструкции нуклеиновой кислоты по изобретению представляет собой гетерологичную последовательность по отношению к промотору, что означает, что эквивалентная нативная кодирующая последовательность в геноме вида происхождения транскрибируется под контролем другой промоторной последовательности (т.е. не промоторной последовательности конструкции). Тем не менее, что касается клетки-хозяина, кодирующая ДНК может быть либо гетерологичной (т.е. полученной из другого биологического вида или рода), такой как, например, последовательность ДНК, кодирующая белок Nec, экспрессированная в клетках-хозяевах *Escherichia coli*, или гомологичной (т.е. полученной из клетки-хозяина), такой как, например, гены оперона толстой кишки, гены *wca*.

Термин «регуляторный элемент», или «промотор», или «промоторная область», или «промоторный элемент» представляет собой последовательность нуклеиновой кислоты, которая распознается и связывается ДНК-зависимой РНК-полимеразой во время инициации транскрипции. Промотор вместе с другими последовательностями

нуклеиновых кислот, регулируемыми транскрипцию и трансляцию (также называемыми «контрольными последовательностями»), необходим для экспрессии данного гена или группы генов (оперона). Как правило, транскрипционные и трансляционные регуляторные последовательности включают, но не ограничиваются ими, промоторные последовательности, сайты связывания рибосом, последовательности начала и остановки транскрипции, последовательности начала и остановки трансляции и последовательности энхансера или активатора. «Сайт старта транскрипции» означает первый транскрибируемый нуклеотид и обозначен как +1. Нуклеотиды ниже стартового сайта пронумерованы +2, +3, +4 и т.д., а нуклеотиды в 5' противоположном (выше) направлении пронумерованы -1, -2, -3 и т.д. Последовательность промоторной ДНК конструкции может происходить из промоторной области любого гена генома выбранного вида, предпочтительно, из промоторной области геномной ДНК *E.coli*. Соответственно, любая промоторная последовательность ДНК, которая способна связываться с РНК-полимеразой и инициировать транскрипцию, подходит для осуществления изобретения. В принципе, любая промоторная последовательность ДНК может быть применена для контроля транскрипции интересующего рекомбинантного гена конструкции, разные или одинаковые промоторные последовательности могут быть применены для управления транскрипцией различных представляющих интерес генов, интегрированных в геном клетки-хозяина или в ДНК вектора экспрессии. Для обеспечения оптимальной экспрессии рекомбинантного гена(рекомбинантных генов), включенного(включенных) в конструкцию, конструкция может содержать дополнительные регуляторные последовательности, например, лидирующую последовательность ДНК, такую как последовательность ДНК, полученную из 5'-нетранслируемой области (5'UTR) гена *glp E. coli*, последовательность для рибосомного связывания. Примеры последних последовательностей описаны в WO 2019123324 (включена в настоящий документ в качестве отсылки) и проиллюстрированы в настоящем документе в неограничивающих рабочих примерах.

В некоторых предпочтительных воплощениях регуляторный элемент для регуляции экспрессии рекомбинантного гена, включенного в конструкцию по изобретению, представляет собой промотор оперона *glpFKX*, *PglpF*, в других предпочтительных воплощениях промотор представляет собой промотор оперона *lac*, *Plac*.

В еще одном аспекте регуляторный элемент для регуляции экспрессии рекомбинантного гена, включенного в конструкцию по изобретению, представляет собой *mgIBAC*; промотор транспортера галактозы/метилгалактозидазы *PmgIB* или их варианты,

такие как, но не ограничиваясь ими, *PmglB\_70UTR* последовательности SEQ ID NO: 15 или *PmglB\_70UTR\_SD4* последовательности SEQ ID NO: 16.

В еще одном аспекте регуляторный элемент для регуляции экспрессии рекомбинантного гена, включенного в конструкцию по изобретению, представляет собой *gatYZABCD*; промотор тагатозо-1,6-бисР-альдолазы *PgatY* или его варианты, такие как, но, не ограничиваясь ими *PgatY\_U70UTR* последовательности SEQ ID NO: 17.

Предпочтительный регуляторный элемент, присутствующий в генетически модифицированной клетке или в конструкции нуклеиновой кислоты по настоящему изобретению, выбирают из группы, состоящей из *PgatY\_70UTR*, *PglpF*, *PglpF\_SD1*, *PglpF\_SD10*, *PglpF\_SD2*, *PglpF\_SD3*, *PglpF\_SD4*, *PglpF\_SD5*, *PglpF\_SD6*, *PglpF\_SD7*, *PglpF\_SD8*, *PglpF\_SD9*, *Plac\_16UTR*, *Plac*, *PmglB\_70UTR* и *PmglB\_70UTR\_SD4*.

Особенно предпочтительные регуляторные элементы, присутствующие в генетически модифицированной клетке или в конструкции нуклеиновой кислоты по настоящему изобретению, выбирают из группы, состоящей из *PglpF* и *Plac*.

Однако любой промотор, обеспечивающий транскрипцию и/или регуляцию уровня транскрипции одной или нескольких рекомбинантных нуклеиновых кислот, кодирующих один или несколько белков (или одну или несколько регуляторных нуклеиновых кислот), которые либо необходимы, либо полезны для достижения оптимального уровня биосинтетического производства одного или нескольких ОГМ в клетке-хозяине, например, белков, участвующих в трансмембранном транспорте ОГМ или предшественника, результат разложения побочных продуктов продукции ОГМ, белков, регулирующих экспрессию генов, и т.д., и позволяющих достичь желаемых эффектов по изобретению, подходят для практического применения изобретения.

Предпочтительно конструкция по настоящему изобретению, включающая ген, связанный с биосинтетическим продуцированием ОГМ, промоторную последовательность ДНК и другие регуляторные последовательности, такие как последовательность сайта связывания рибосомы (например, последовательность Шайна-Дальгарно), экспрессируемая в клетке-хозяине, обеспечивает ОГМ на уровне не менее 0,03 г /OD (оптическая плотность) на 1 л ферментационной среды, содержащей суспензию клеток-хозяев, например, на уровне от около 0,05 г/л/OD до около 0,1 г/л/OD. Для целей изобретения последний уровень продукции ОГМ считается «достаточным», а клетка-хозяин, способная продуцировать желаемый уровень ОГМ, считается «подходящей клеткой-хозяином», т.е. клетка может быть дополнительно модифицирована для экспрессии белка-переносчика ОГМ, например, Нес, для достижения хотя бы одного из описанных в настоящем документе эффектов, выгодных для производства ОГМ.

Генетически модифицированная клетка или конструкция нуклеиновой кислоты по настоящему изобретению включает последовательность нуклеиновой кислоты, такую как гетерологичный ген, кодирующий предполагаемый белок-переносчик MFS (суперсемейство основных посредников).

Белок *Nec* – это транспортный белок MFS, представляющий особый интерес в настоящем изобретении. Таким образом, конструкция нуклеиновой кислоты по настоящему изобретению включает последовательность нуклеиновой кислоты, имеющую, по меньшей мере, 70% идентичности последовательности с геном, *nec*, SEQ ID NO: 2.

Последовательность нуклеиновой кислоты, содержащаяся в генетически модифицированной клетке или в конструкции нуклеиновой кислоты, кодирует белок последовательности SEQ ID NO: 1 или его функциональный гомолог, аминокислотная последовательность которого, по меньшей мере, на 80% идентична SEQ ID NO: 1.

Функциональный гомолог белка последовательности SEQ ID NO: 1 может быть получен путем мутагенеза. Функциональный гомолог должен иметь оставшуюся функциональность не менее 50%, такую как 60%, 70%, 80%, 90% или 100% по сравнению с функциональностью аминокислотной последовательности SEQ ID NO: 1. Функциональный гомолог может иметь более высокую функциональность по сравнению с функциональностью аминокислотной последовательности SEQ ID NO: 1. Функциональный гомолог последовательности SEQ ID NO: 1 должен быть способен усиливать продукцию ОГМ генетически модифицированной клетки по изобретению.

Генетически модифицированная клетка (клетка-хозяин или рекомбинантная клетка) может представлять собой, например, бактериальную или дрожжевую клетку. В одном предпочтительном воплощении генетически модифицированная клетка представляет собой бактериальную клетку. Что касается бактериальных клеток-хозяев, то, в принципе ограничений нет; они могут представлять собой эубактерии (грамположительные или грамотрицательные) или архебактерии, если они допускают генетические манипуляции для вставки интересующего гена и их можно культивировать в производственных масштабах. Предпочтительно клетка-хозяин обладает свойством культивирования до высокой плотности клеток. Неограничивающими примерами бактериальных клеток-хозяев, подходящих для рекомбинантного промышленного производства ОГМ согласно изобретению, могут представлять собой *Erwinia herbicola* (*Pantoea agglomerans*), *Citrobacter freundii*, *Pantoea citrea*, *Pectobacterium carotovorum* или *Xanthomonas campestris*. Также могут быть применены бактерии рода *Bacillus*, в том числе *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus thermophilus*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus lentus*,

*Bacillus cereus* и *Bacillus circulans*. Аналогично, бактерии родов *Lactobacillus* and *Lactococcus* могут быть модифицированы с применением способов по данному изобретению, включая, но не ограничиваясь ими, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus crispatus*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus jensenii* и *Lactococcus lactis*. *Streptococcus thermophiles* и *Propionibacterium freudenreichii* также представляют собой подходящие виды бактерий для описанного в настоящем документе изобретения. Также часть этого изобретения представляют собой штаммы, модифицированные, как описано в настоящем документе, из родов *Enterococcus* (например, *Enterococcus faecium* и *Enterococcus thermophiles*), *Bifidobacterium* (например, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium infantis* и *Bifidobacterium bifidum*), *Sporolactobacillus* spp., *Micromonospora* spp., *Micrococcus* spp., *Rhodococcus* spp. и *Pseudomonas* (например, *Pseudomonas fluorescens* и *Pseudomonas aeruginosa*). Бактерии, обладающие характеристиками, описанными в настоящем документе, культивируют в присутствии лактозы, и олигосахарид, такой как ОГМ, продуцируемый клеткой, выделяют либо из самой бактерии, либо из культурального супернатанта бактерии. В одном предпочтительном воплощении генетически модифицированная клетка по изобретению представляет собой клетку *Escherichia coli*.

В другом предпочтительном воплощении клетка-хозяин представляет собой дрожжевую клетку, например, *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Pichia pastoris*, *Kluveromyces lactis*, *Kluveromyces marxianus* и т.п.

ОГМ, продуцируемый рекомбинантными клетками по изобретению, могут быть очищены с применением подходящей процедуры, доступной в данной области техники (например, такой, как описан в WO2015188834, WO2017182965 или WO2017152918).

Генетически модифицированные клетки по изобретению могут быть получены с применением стандартных способов в данной области техники, например, описанных в руководствах *Sambrook et al.*, *Wilson & Walker*, *Maniatis et al.* и *Ausubel et al.*

Хозяин, подходящий для продукции ОГМ, например *E. coli*, может включать эндогенный ген  $\beta$ -галактозидазы или экзогенный ген  $\beta$ -галактозидазы, например, *E. coli* включает эндогенный ген *lacZ* (например, номер доступа в GenBank V00296 (GI:41901)). Для целей изобретения клетка-хозяин, продуцирующая ОГМ, подвергается генетическим манипуляциям либо для включения любого гена  $\beta$ -галактозидазы, либо для включения гена, который инактивирован. Ген может быть инактивирован путем полной или частичной делеции соответствующей последовательности нуклеиновой кислоты из

бактериального генома, или последовательность гена может быть мутирована так, как она транскрибируется, или, если транскрибируется, транскрипт не транслируется, или если транслируется в белок (т.е.  $\beta$ -галактозидазу), то белок не обладает соответствующей ферментативной активностью. Таким образом, бактерия, продуцирующая ОГМ, накапливает повышенный внутриклеточный пул лактозы, что полезно для продукции ОГМ.

В некоторых воплощениях сконструированная клетка, например, бактерия, включает дефицитный катаболический путь сиаловой кислоты. Под «катаболическим путем сиаловой кислоты» подразумевается последовательность реакций, обычно контролируемая и катализируемая ферментами, которая приводит к разложению сиаловой кислоты. Примерный путь катаболизма сиаловой кислоты, описанный в настоящем документе, представляет собой путь *E. coli*. В этом пути сиаловая кислота (Neu5Ac; N-ацетилнейраминавая кислота) расщепляется ферментами NanA (лиаза N-ацетилнейраминавой кислоты), NanK (N-ацетилманнозаминкиназа) и NanE (N-ацетилманнозамин-6-фосфатэпимераза), все кодируемые из оперона *nanATEK-yhcH*, и подавляется NanR (<http://ecocyc.org/ECOLI>). Дефицитный катаболический путь сиаловой кислоты воспроизводится у хозяина *E. coli* путем внесения мутации в эндогенные гены *nanA* (N-ацетилнейраминалиаза) (например, номер доступа в GenBank D00067.1(GL216588)) и/или *nanK* (N-ацетилманнозаминкиназа) (например, номер доступа в GenBank (аминокислота) BAE77265.1 (GL85676015)), и/или *nanE* (N-ацетилманнозамин-6-фосфатэпимераза, GI: 947745, включена сюда посредством отсылки). Необязательно, ген *nanT* (транспортер N-ацетилнейрамината) также инактивируют или мутируют. Другие промежуточные продукты метаболизма сиаловой кислоты включают: (ManNAc-6-P) N-ацетилманнозамин-6-фосфат; (GlcNAc-6-P) N-ацетилглюкозаминил-6-фосфат; (GlcN-6-P) глюкозамин-6-фосфат и (Fruс-6-P) фруктозо-6-фосфат. В некоторых предпочтительных воплощениях, *nanA* мутирован. В других предпочтительных воплощениях, *nanA* и *nanK* мутированы, тогда как *nanE* остается функциональным. В другом предпочтительном воплощении, *nanA* и *nanE* мутированы, тогда как *nanK* не был мутирован, инактивирован или удален. Мутация представляет собой одно или несколько изменений в последовательности нуклеиновой кислоты, кодирующей продукт гена *nanA*, *nanK*, *nanE* и/или *nanT*. Например, мутация может представлять собой 1, 2, до 5, до 10, до 25, до 50 или до 100 изменений в последовательности нуклеиновой кислоты. Например, *nanA*, *nanK*, *nanE* и/или *nanT* гены мутируют путем нулевой мутации. Нулевые мутации, как описано в настоящем документе, включают аминокислотные замены, добавления, делеции или вставки, которые либо вызывают потерю функции фермента (т.е. снижение или

отсутствие активности), либо потерю фермента (т.е. отсутствие генного продукта). Под «удаленными» подразумевают, что кодирующая область удалена полностью или частично, так что не образуется (функциональный) продукт гена. Под инактивацией подразумевается, что кодирующая последовательность была изменена таким образом, что полученный генный продукт будет функционально неактивным или будет кодировать генный продукт с активностью, менее чем на 100%, например, на 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30% или 20% по сравнению с активностью нативного, встречающегося в природе, эндогенного генного продукта. «Немутированный» ген или белок не отличается от нативной, встречающейся в природе или эндогенной кодирующей последовательности на 1, 2, вплоть до 5, вплоть до 10, вплоть до 20, вплоть до 50, вплоть до 100, вплоть до от 200 или вплоть до 500 или более кодонов или до соответствующей закодированной аминокислотной последовательности.

Кроме того, бактерия (например, *E. coli*) также обладает способностью к синтезу сиаловой кислоты. Например, бактерия обладает способностью синтезировать сиаловую кислоту за счет экзогенной UDP-GlcNAc 2-эпимеразы (например, *neuC* из *Campylobacter jejuni* (GenBank AAK91727.1) или ее эквивалента (например, (GenBank CAR04561.1), синтазы Neu5Ac (например, *neuB* из *C. jejuni* (GenBank AAK91726.1) или ее эквивалента (например, синтазы сиаловой кислоты из *Flavobacterium limnosediminis*, GenBank WP\_023580510.1), и/или синтазы CMP-Neu5Ac (например, *neuA* из *C. jejuni* (GenBank AAK91728.1) или ее эквивалента (например, CMP-синтазы сиаловой кислоты из *Vibrio brasiliensis*, GenBank WP\_006881452.1).

Получение нейтрального ОГМ, содержащего N-ацетилглюкозаминил, в сконструированных бактериях также известно в данной области техники (смотри, например, Gebus C *et al* (2012) Carbohydrate Research 363 83-90).

Для производства ОГМ, содержащих N-ацетилглюкозаминил, таких как лакто-N-триоза 2 (LNT-2), лакто-N-тетраоза (LNT), лакто-N-неотетраоза (LNnT), лакто-N-фукопентаоза I (LNFP-I), лакто-N-фукопентаоза II (LNFP-II), лакто-N-фукопентаоза III (LNFP-III), лакто-N-фукопентаоза V (LNFP-V), лакто-N-дифукогексаоза I (LDFH-I), лакто-N-дифукогексаоза II (LDFH-II) и лакто-N-неодифукогексаоза II (LNDFH-III), бактерия включает функциональный ген *lacY* и дисфункциональный ген *lacZ*, как описано выше, и он сконструирован так, чтобы включать экзогенный ген UDP-GlcNAc:Gal $\alpha$ / $\beta$ -R бета-3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы или его функциональный вариант или фрагмент. Этот экзогенный ген UDP-GlcNAc:Gal $\alpha$ / $\beta$ -R бета-3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы может быть получен из любого из ряда источников, например, из гена *IgtA*, описанного в *N. meningitides* (номер доступа белка в GenBank AAF42258.1) или *N. gonorrhoeae* (номер

доступа белка в GenBank ACF31229.1). Необязательно, дополнительный ген экзогенной гликозилтрансферазы может быть коэкспрессирован в бактерии, включающей экзогенный ген UDP-GlcNAc:Gal $\alpha$ / $\beta$ -R бета-3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы. Например, ген бета-1,4-галактозилтрансферазы коэкспрессируется с геном UDP-GlcNAc:Gal $\alpha$ / $\beta$ -R бета-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы. Этот экзогенный ген бета-1,4-галактозилтрансферазы может быть получен из любого источника, например, описанного в *N. meningitidis*, ген *lgtB* (номер доступа белка в GenBank AAF42257.1) или из *H. pylori*, ген *HP0826/galT* (номер доступа белка в GenBank NP\_207619.1). Необязательно дополнительный ген экзогенной гликозилтрансферазы, коэкспрессируемый в бактерии, включающей экзогенный ген UDP-GlcNAc:Gal $\alpha$ / $\beta$ -R бета-3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы, представляет собой ген P-1,3-galactosyltransferase, например, тот, что описан из *E. coli* 055:H7, ген *wbgO* (номер доступа белка в GenBank WP\_000582563.1), или из *H. pylori*, ген *jhp0563* (номер доступа белка в GenBank AEZ55696.1), или из *Streptococcus agalactiae* type Ib O12 ген *cpslBJ* (номер доступа белка в GenBank AB050723). Раскрытое изобретение также охватывает функциональные варианты и фрагменты любого из ферментов, описанных выше.

Ген N-ацетилглюкозаминилтрансферазы и/или ген галактозилтрансферазы также может быть функционально связан с *Pglp* и экспрессироваться из соответствующей интегрированной в геном кассеты. В одном воплощении ген, интегрированный в геном, представляет собой ген, кодирующий галактозилтрансферазу, например, ген *HP0826*, кодирующий фермент GalT из *H. pylori* (номер доступа белка в GenBank NP\_207619.1); в другом воплощении ген, интегрированный в геном, представляет собой ген, кодирующий бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазу, например, ген *lgtA* из *N. meningitidis* (номер доступа белка в GenBank AAF42258.1). В этих воплощениях второй ген, т.е. ген, кодирующий бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазу или галактозилтрансферазу, соответственно, может экспрессироваться либо из интегрированной в геном, либо из переносимой плазмидой кассеты. Второй ген необязательно может экспрессироваться либо под контролем промотора *glp* или под контролем любого другого промотора, подходящего для системы экспрессии, например, *Plac*.

Если не указано иное, все технические и научные термины, применяемые в настоящем документе, имеют то же значение, которое обычно понимается специалистом в области, к которой относится данное изобретение. *Singleton et al.* (1994) Dictionary of Microbiology and Molecular Biology, second edition, John Wiley and Sons (New York) предоставляет специалисту общий словарь многих терминов, применяемых в этом изобретении. Хотя любые способы и материалы, подобные или эквивалентные описанным

в настоящем документе, могут быть применены на практике или тестировании настоящего изобретения, описаны предпочтительные способы и материалы. Большую часть номенклатуры и общих лабораторных процедур, необходимых для этого приложения, можно найти в руководствах Sambrook *et al.*, *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, Vol. 1-3, Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, New York (2012); Wilson K. and Walker J., *Principles and Techniques of Biochemistry and Molecular Biology* (2010), Cambridge University Press; или в Maniatis *et al.*, *Molecular Cloning A laboratory Manual*, Cold Spring Harbor Laboratory (2012); или в Ausubel *et al.*, *Current protocols in molecular biology*, John Wiley and Sohns (2010). Руководства далее именуют "Sambrook *et al.*", "*Wilson & Walker*", "*Maniatis et al.*", "*Ausubel et al.*", соответственно.

Второй аспект изобретения относится к способу получения одного или нескольких ОГМ, включающему следующие этапы:

(i) обеспечение генетически модифицированной клетки, способной продуцировать ОГМ, причем указанная клетка включает рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую белок последовательности SEQ ID NO: 1, или ее функциональный гомолог, аминокислотная последовательность которого идентична, по меньшей мере, на 80%, предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 85%, более предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 90% последовательности SEQ ID NO: 1;

(ii) культивирование клетки (i) в подходящей среде для культивирования клеток, позволяющей продукцию ОГМ и экспрессию последовательности ДНК для продукции белка, имеющего аминокислотную последовательность SEQ ID NO: 1 или ее функционал, аминокислотная последовательность которого идентична, по меньшей мере, на 80%, предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 85%, более предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 90% последовательности SEQ ID NO: 1;

(iii) сбор ОГМ, полученного на этапе (ii).

Согласно изобретению термин «культивирование (culturing)» (или «культивирование (cultivating)» или «ведение культуры (cultivation)», также называемое «ферментация») относится к размножению бактериальных экспрессирующих клеток в контролируемом биореакторе в соответствии со способами, известными в промышленности.

Для получения одного или нескольких ОГМ бактерии, продуцирующие ОГМ, как описано в настоящем документе, культивируют в соответствии с процедурами, известными в данной области техники, в присутствии подходящего источника углерода, например глюкозы, глицерина, лактозы и т.д., и полученный ОГМ собирают из сред культивирования и микробной биомассы, образующейся в процессе культивирования.

После этого ОГМ очищают в соответствии с процедурами, известными в данной области техники, например, такими, как описаны в WO2015188834, WO2017182965 или WO2017152918, и очищенный ОГМ применяют в качестве нутрицевтиков, фармацевтических препаратов или для любых других целей, например, для исследований. Производство ОГМ обычно осуществляется путем культивирования в больших объемах. Термин «производство» и «производственный масштаб» в значении изобретения определяет ферментацию с минимальным объемом 5 л культурального бульона. Обычно процесс в «производственном масштабе» определяют способностью обрабатывать большие объемы препарата, содержащего ОГМ или представляющий интерес ОГМ, и производить такие количества представляющий интерес белка, которые соответствуют, например, в случае терапевтического соединения или композиции, требованиям для клинических испытаний, а также для предложения на рынке. Помимо большого объема, способ в производственных масштабах, в отличие от простых способов в лабораторных масштабах, таких как культивирование во встряхиваемых колбах, характеризуется применением технической системы биореактора (ферментера), оснащенного устройствами для перемешивания, аэрации, подачи питательных веществ, слежения за параметрами процесса и контроля параметров процесса (рН, температура, давление растворенного кислорода, обратное давление и др.). В значительной степени поведение системы экспрессии в лабораторном масштабе, например, во встряхиваемых колбах, настольных биореакторах или формате глубоких лунок, описанных в примерах настоящего раскрытия, позволяет предсказать поведение этой системы в сложной среде биореактора.

Что касается подходящей среды для культивирования, применяемой в процессе ферментации, ограничений нет. Культуральная среда может быть полуопределенной, то есть содержащей комплексные соединения среды (например, дрожжевой экстракт, соевый пептон, казаминовые кислоты и т.д.), или она может быть химически определенной, без каких-либо комплексных соединений.

Под термином «один или несколько ОГМ» подразумевают, что производственная ячейка ОГМ может быть способна производить одну структуру ОГМ (первый ОГМ) или несколько структур ОГМ (второй, третий и т.д. ОГМ). В некоторых воплощениях может быть предпочтительной клетка-хозяин, которая продуцирует один ОГМ, в других предпочтительных воплощениях может быть предпочтительной клетка-хозяин, продуцирующая несколько структур ОГМ. Клетки, продуцирующие 2'-FL, 3-FL, 3'-SL, 6'-SL или LNT-2 представляют собой неограничивающие примеры клеток-хозяев, продуцирующих ОГМ единственной структуры. Неограничивающие примеры клеток-

хозяев, способных продуцировать несколько структур ОГМ, могут представлять собой клетки-продуценты DFL, FSL, LNT, LNnT, LNFP I, LNFP II, LNFP III, LNFP IV, LNFP V, pLNnH, pLNH2.

Термин «сбор» в контексте изобретения относится к сбору полученных ОГМ после прекращения ферментации. В различных воплощениях это может включать сбор ОГМ, включенных как в биомассу (т.е. клетки-хозяева), так и в среду культивирования, т.е. до/без отделения ферментационного бульона от биомассы. В других воплощениях полученный ОГМ можно собирать отдельно от биомассы и ферментационного бульона, т.е. после отделения /следом за отделением биомассы от среды культивирования (т.е. ферментационного бульона). Отделение клеток от среды может быть осуществлено любым из способов, хорошо известных специалисту в данной области техники, например, любым подходящим типом центрифугирования или фильтрации. Отделение клеток от среды может следовать сразу за сбором ферментационного бульона или осуществляться на более позднем этапе после хранения ферментационного бульона в соответствующих условиях. Извлечение произведенных ОГМ из оставшейся биомассы (или полная ферментация) включает их извлечение из биомассы (клеток-продуцентов). Это можно осуществить любыми подходящими способами в данной области техники, например, обработкой ультразвуком, кипячением, гомогенизацией, ферментативным лизисом с применением лизоцима или замораживанием и измельчением.

После восстановления после ферментации ОГМ доступны для дальнейшей обработки и очистки.

Очистку ОГМ, полученных ферментацией, можно проводить с применением подходящей процедуры, описанной в WO2016095924, WO2015188834, WO2017152918, WO2017182965, US20190119314 (все включены посредством отсылки).

В некоторых воплощениях изобретения клетка-хозяин может продуцировать несколько ОГМ, где один ОГМ представляет собой ОГМ-«продукт», а некоторые/все прочие ОГМ представляют собой ОГМ-«побочный продукт». Как правило, побочные ОГМ представляют собой либо основных предшественников ОГМ, либо продукты дальнейшей модификации основных ОГМ. В некоторых воплощениях может быть желательно производить продукт ОГМ в больших количествах и побочный продукт ОГМ в малых количествах. Клетки и способы получения ОГМ, описанные в настоящем документе, обеспечивают контролируемое производство продукта ОГМ с заданным профилем ОГМ, например, в одном воплощении полученная смесь ОГМ, в которой продукт ОГМ представляет собой доминирующим ОГМ по сравнению с другими ОГМ (т.е. побочными ОГМ) смеси, т.е. ОГМ-продукт производится в большем количестве, чем

другие ОГМ-побочные продукты; в других воплощениях клетка, производящая одну и ту же смесь ОГМ, может быть настроена на производство одного или нескольких побочных продуктов ОГМ в большем количестве, чем ОГМ-продукт. Например, при производстве 2'-FL, ОГМ-продукта, часто образуется значительное количество DFL, ОГМ-побочного продукта. С генетически модифицированными клетками по настоящему изобретению уровень DFL в 2'-FL-продукте может быть значительно снижен.

Преимущественно изобретение обеспечивает как снижение отношения побочного продукта к продукту, так и увеличение общего выхода продукта (и/или ОГМ в целом). Это, сниженное образование побочных продуктов по сравнению с образованием продукта, способствует повышенному образованию продукта и повышает эффективность как производства, так и процесса извлечения продукта, обеспечивая превосходную технологию производства ОГМ.

В различных предпочтительных воплощениях могут быть выбраны различные клетки-хозяева, продуцирующие один/оба 2'-FL, 3-FL, 3'-SL, 6'-SL, LNT-2, DFL, FSL, LNT, LNnT, DFL, FSL, LNT, LNnT, LNFP I, LNFP II, LNFP III, LNFP IV, LNFP V, pLNnH, pLNH2, в качестве ОГМ продукта или побочного продукта. В одном предпочтительном воплощении продукт представляет собой 3-FL, а побочный продукт представляет собой DFL. В другом предпочтительном воплощении продукт представляет собой 2'-FL, а побочный продукт представляет собой DFL. В другом предпочтительном воплощении продукт представляет собой LNT-2, а побочный продукт представляет собой LNT и LNFP I.

Изобретение также относится к применению генетически модифицированной клетки или конструкции нуклеиновой кислоты согласно изобретению для продукции одного или нескольких олигосахаридов, предпочтительно, одного или нескольких олигосахаридов грудного молока. В одном воплощении генетически модифицированную клетку или конструкцию нуклеиновой кислоты по изобретению применяют для получения конкретного ОГМ, выбранного из группы, состоящей из 2'-FL, 3-FL, DLF, LNT, LNT-II, LNnT, LNFP-1, pLNnH and pLNH-II. В предпочтительном воплощении генетически модифицированная клетка или конструкция нуклеиновой кислоты по изобретению используется для получения конкретной ОГМ, выбранной из группы, состоящей из 2'-FL, 3-FL, DLF, LNT, LNT-II, LNnT, pLNnH и pLNH-II.

В особенно предпочтительном воплощении генетически модифицированную клетку или конструкцию нуклеиновой кислоты по изобретению применяют для получения конкретного ОГМ, выбранного из группы, состоящей из 2'-FL, 3-FL, LNT, LNT-II, LNnT и pLNH-II.

Изобретение дополнительно проиллюстрировано приведенными ниже неограничивающими примерами и воплощениями.

## ПРИМЕРЫ

### Материалы и методы

Если не указано иное, для манипулирования с нуклеиновыми кислотами, трансформации и экспрессии нуклеиновых кислот применяют стандартные методики, векторы, элементы контрольной последовательности и другие элементы системы экспрессии, известные в области молекулярной биологии. Такие стандартные техники, векторы и элементы можно найти, например, в руководствах: Ausubel *et al.* (eds.), *Current Protocols in Molecular Biology* (1995) (John Wiley & Sons); Sambrook, Fritsch, & Maniatis (eds.), *Molecular Cloning* (1989) (Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY); Berger & Kimmel, *Methods in Enzymology* 152: Guide to Molecular Cloning Techniques (1987) (Academic Press); Bukhari *et al.* (eds.), *DNA Insertion Elements, Plasmids and Episomes* (1977) (Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY); Miller, J.H. Experiments in molecular genetics (1972.) (Cold spring Harbor Laboratory Press, NY)

### Штаммы

Применяемый бактериальный штамм, MDO, был сконструирован из *Escherichia coli* K12 DH1. Генотип *E. coli* K12 DH1 представлял собой:  $F^-$ ,  $\lambda^-$ , *gyrA96*, *recA1*, *relA1*, *endA1*, *thi-1*, *hsdR17*, *supE44*. Штаммы, примененные в настоящих примерах, описаны в таблице 2.

Таблица 2

ID штаммов	Продукт	Соответствующий генотип
DH1	-	$F^- \lambda^- endA1 recA1 relA1 gyrA96 thi-1 glnV44 hsdR17 (r_k^- m_k^-)$
MDO	-	<i>E. coli</i> DH1 $\Delta lacZ$ , $\Delta lacA$ , $\Delta nanKETA$ , $\Delta melA$ , $\Delta wcaJ$ , $\Delta mdoH$
MPA1	2'-FL	MDO CA <i>-futC</i>
MPA2		MDO CA <i>futC nec</i>
MPA3	3-FL	MDO CA <i>futA</i>
MPA4		MDO CA <i>futA nec</i>
MP4002	LNT2	MDO <i>lgtA lgtA</i>
MP4039		MDO <i>lgtA nec</i>
MP4473	LNT	MDO <i>lgtA galTK</i>
MP4537		MDO <i>-lgtA galTK nec</i>
MP2789	LNFP-I	MDO <i>lgtA galTK futC CA</i>
MP4597		MDO <i>gtA galTK futC nec</i>

### *Среда*

Среду для бульона Луриа (LB) готовили с применением порошка бульона LB, Millers («Fisher Scientific»), а чашки с агаром LB готовили с применением порошка агара LB, Millers («Fisher Scientific»). При необходимости добавляли ампициллин ((100 мкг/мл) или любой подходящий антибиотик) и/или хлорамфеникол (20 мкг/мл).

Базовая минимальная среда имела следующий состав: NaOH (1 г/л), KOH (2,5 г/л),  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (7 г/л),  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (7 г/л), лимонная кислота (0,5 г/л), раствор микроэлементов (5 мл/л). Исходный раствор микроэлементов содержал:  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,82 г/л, лимонную кислоту 20 г/л,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  0,98 г/л,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  3,925 г/л,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,2 г/л. pH базовой минимальной среды доводили до 7,0 с помощью 5 н NaOH и автоклавировали. Перед инокуляцией в базовую минимальную среду добавляли 1 мМ  $\text{MgSO}_4$ , 4 мкг/мл тиамин, 0,5% заданного источника углерода (глицерин («Carbosynth»)) и при необходимости добавляли изопропил- $\beta$ -D-тиогалактозид (IPTG) (0,2 мМ). Тиамин, антибиотики и IPTG стерилизовали фильтрованием. Все процентные концентрации для глицерина выражены как объем/объем, а для глюкозы – масса/объем.

Чашки M9, содержащие 2-дезоксигалактозу, имели следующий состав: 15 г/л агара («Fisher Scientific»), 2,26 г/л 5x M9 Minimal Salt («Sigma-Aldrich»), 2 мМ  $\text{MgSO}_4$ , 4 мкг/мл тиамин, 0,2% глицерина и 0,2% 2-дезоксид-D-галактозы («Carbosynth»).

Индикаторные планшеты МакКонки имели следующий состав: 40 г/л агаровая основа МакКонки (BD Difco™) и источник углерода в конечной концентрации 1%.

### *Культивирование*

Если не указано иное, то штаммы *E. coli* размножали в среде Луриа-Бертани (LB), содержащей 0,2% глюкозы, при 37°C при перемешивании. Чашки с агаром инкубировали при 37°C в течение ночи.

### *Химически компетентные клетки и трансформации*

*E. coli* инокулировали из чашек LB в 5 мл LB, содержащего 0,2% глюкозы, при 37°C при встряхивании до  $\text{OD}_{600} \sim 0,4$ . 2 мл культуры собирали центрифугированием в течение 25 секунд при 13000 g. Супернатант удаляли, а клеточный осадок ресуспендировали в 600 мкл холодных растворов ТВ (10 мМ PIPES, 15 мМ  $\text{CaCl}_2$ , 250 мМ KCl). Клетки инкубировали на льду в течение 20 минут с последующим осаждением в течение 15 секунд при 13000 g. Супернатант удаляли, а клеточный осадок ресуспендировали в 100 мкл холодного раствора ТВ. Трансформацию плазмид проводили с применением 100 мкл компетентных клеток и 1-10 нг плазмидной ДНК. Клетки и ДНК

инкубировали на льду в течение 20 минут, а затем подвергали тепловому шоку при 42°C в течение 45 секунд. После 2-минутной инкубации на льду добавляли 400 мкл SOC (20 г/л триптона, 5 г/л дрожжевого экстракта, 0,5 г/л NaCl, 0,186 г/л KCl, 10 мМ MgCl<sub>2</sub>, 10 мМ MgSO<sub>4</sub> и 20 мМ глюкозы) и культуру клеток инкубировали при 37°C при встряхивании в течение 1-го часа перед посевом на селективные чашки.

Плазмиду трансформировали в химически компетентные клетки TOP10 в условиях, рекомендованных поставщиком («ThermoFisher Scientific»).

### *ДНК-технологии*

Плазмидную ДНК из *E. coli* выделяли с применением набора QIAprep Spin Miniprep («Qiagen»). Хромосомную ДНК из *E. coli* выделяли с применением набора QIAmp DNA Mini Kit («Qiagen»). Продукты ПЦР очищали с применением набора QIAquick PCR Purification Kit («Qiagen»). Мастер-микс для ПЦР DreamTaq («ThermoFisher»), мастер-микс для ПЦР с горячим стартом Phusion U («ThermoFisher»), USER Enzyme («New England Biolab») применяли в соответствии с рекомендациями поставщика. Праймеры были поставлены компанией «Eurofins Genomics», Германия. Фрагменты ПЦР и плазмиды были секвенированы компанией «Eurofins Genomics». ПЦР колоний проводили с применением DreamTaq PCR Master Mix в термоциклере T100TM («Bio-Rad»).

**Таблица 3.** Олигонуклеотиды, применяемые для амплификации остова плазмиды, промоторных элементов и *nes*

Название	SEQUENCE ID	Олигонуклеотидная последовательность 5' – 3'	Описание
O40	5	ATTAACCCUCCAGGCATCAAATAAAACGAAAGGC	Остов. прямой
O68	6	ATGCGCAAAUTGTGAGTTAGCTCACTCATTAG	Плас. прямой
O79	7	ATTTGCGCAUCACCAATCAAATTCACGCGGCC	Остов. обратный
O113	8	AGCTGTTUCCTCCTTAGGTACCCAGCTTTTGTTCSS	Плас. обратный
O261	9	ATGCGCAAAUGCGGCACGCCTTGCAGATTACG	PglpF. прямой
O262	10	AGCTGTTUCCTCCTTGGTTAATGTTTGTGTATGCG	PglpF. обратный
O741	11	AAACAGCUATGCAGAGCTTCACCCCGCC	nes. прямой
O742	12	AGGGTTAAUTTACGCCTGCTCTTTAACACGCAGC	nes. обратный
O48	13	CCCAGCGAGACCTGACCGCAGAAC	galK. прямой
O49	14	CCCCAGTCCATCAGCGTGACTACC	galK. обратный

**Таблица 4.** Гетерологичные белки, экспрессируемые в ОГМ-продуцирующих клетках

Ген	Происхождение генов	Номер белка	доступа	Функция белка
<i>futC</i>	<i>Helicobacter pylori</i> 26695	EF452503		альфа-1,2-фукозилтрансфераза
<i>lgtA</i>	<i>Neisseria meningitidis</i> 053442	CP000381		бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансфераза
<i>galT</i>	<i>Helicobacter pylori</i> 26695	AE000511		бета-1,4-галактозилтрансфераза
<i>galTK</i>	<i>Helicobacter pylori</i> 43504	гомологичен BD182026		бета-1,3-галактозилтрансфераза
<i>nec</i>	<i>Rosenbergiella nectarea</i>	WP_092672081.1		MFS-транспортер

**Таблица 5.** Элементы синтетической ДНК, примененные для экспрессии *nec*

Название последовательности	SEQ ID NO	Последовательность (5'-3')	Описание
<i>PglpF</i>	3	GCGGCACGCCTTGCAGATTACGGTTTGCCACACTTTTCATCCTTCTCCTGGTGACATAATCCACATCAATCGAAAATGTTAATAAATTTGTGCGCGAATGATCTAACAACATGCATCATGTACAATCAGATGGAATAAATGGCGCGATAACGCTCATTTTATGACGAGGCACACACATTТАААGTTTCGATATTTCTCGTTTTTTGCTCGTTAACGATAAGTTTACAGCATGCCTACAAGCATCGTGGAGGTCCGTGACTTTCACGCATACAACAACATTAACCAAGGAGGAAACAGCT	Элемент экспрессии ДНК из 300 нуклеотидов
<i>Plac</i>	4	ATGCGCAAATTGTGAGTTAGCTCACTCATTAGGCACCCCAGGCTTTACACTTTATGCTTCCGGCTCGTATGTTGTGTGGAATTGTGAGCGGATAACAATTTACACACAGGAAACAGCTATGACCATGATTACGCCAAGCGCGCAATTAACCCTCACTAAAGGGAACAAAAGCTGGGTACCTAAGGAGGAAACAGCT	Элемент экспрессии ДНК из 195 нуклеотидов
<i>nec</i>	2	ATGCAGAGCTTACCCCGCCGGCGCCGAAGGGTGGCAACCCGGTGTTCATGATGTTTATGCTGGTGACCTTCTTTGTGAGCATTGCGGGTGCCTGCAGGCGCCGACCCTGAGCCTGTACCTGAGCCAAGAGCTGGCGGCGAAACCGTTCA TGGTGGGCTGTTCTTTACCATTAACGCGGT TACCGGTATCATTATCAGCTTTATCCTGGCG AAGCGTAGCGACCGTAAAGGTGACCGTCGT CGTCTGCTGATGTTCTGCTGCGCGATGGCG ATCGCGAACGCGCTGATGTTTCGCGTTTGTTC GTCAGTACGTGGTTCTGATTACCCTGGGCCT GATCCTGAGCGCGCTGACCAGCGTGGTTAT GCCGCAACTGTTTCGCGCTGGCGCGTGAGTA TGCGGACCGTACCGGTCGTGAAGTGTTAT GTTTAGCAGCGTGATGCGTACCCAAATGAG CCTGGCGTGGGTTATTGGCCC GCCGATCAG	ДНК, кодирующая предполагаемый транспортер MFS WP_092672081.1 (Nec)

Название последовательности	SEQ ID NO	Последовательность (5'-3')	Описание
		CTCGCGCTGGCGCTGAACTACGGT TTTATT ACCCTGTATCTGGTGGCTGCGGCGCTGTTTC TGCTGAGCCTGATTCTGATCAAGACCACCC TGCCGAGCGTTCGCGTCTGTATCCGGCGG AAGACCTGGCGAAGAGCGCGGCGAGCGGT TGGAAACGTACCGATGTGCGT TTCCTGTTTG CGGCGAGCGTGCTGATGTGGGTTTGCAACC TGATGTACATTATCGATATGCCGCTGTATAT CAGCAAAGCCTGGGTATGCCGGAGAGCTT CGCGGGTGTCTGATGGGCACCGCGGCGGG TCTGGAAATTCCGGTGATGCTGCTGGCGGG CTACCTGGCGAAGCGTGTTGGTAAACGTCC GCTGGTGATTGTTGCGGCGGTGTGCGGCCT GCGTTCATCCGGCGATGCTGGT TTTTCAC CAGCAAACCGGTCTGCTGATTATCCAGCTG CTGAACGCGGTGTTTATTGGCATCGTGGCG GGTCTGGTTATGCTGTGGTTTCAAGACCTG ATGCCGGGTAAAGCGGGTGCGGCGACCAC CCTGTTACCAACAGCGTTAGCACCGGCAT GATCTTTGCGGGCCTGTGCCAGGGTCTGCT GAGCGATCTGCTGGGTCACCAAGCGATTTA CGTGCTGGCGACCGTGCTGATGGTTATCGC GCTGCTGCTGCTGCTGCGTGTTAAAGAGCA GCGGTA	

#### Конструирование плазмид

Были синтезированы плазмидные скелеты, содержащие два эндонуклеазных сайта *I-SceI*, разделенных двумя фрагментами ДНК, приспособленными для гомологичной рекомбинации в геном *E. coli*, и последовательностью терминатора транскрипции T1. Например, в одной плазмидной основе был синтезирован оперон *gal* (необходимый для гомологичной рекомбинации в *galk*) и последовательность терминатора транскрипции T1 (pUC57::*gal*) («GeneScript»). Последовательности ДНК, примененные для гомологичной рекомбинации в гал-опероне, охватывают пары оснований 3.628.621-3.628.720 и 3.627.572-3.627.671 в последовательности *Escherichia coli* K-12 MG155, полный геном GenBank: ID: CP014225.1. Вставка путем гомологичной рекомбинации привела бы к делеции 949 пар оснований *galk* и фенотипа *galk*<sup>-</sup>. Подобным образом могут быть синтезированы скелеты на основе pUC57 («GeneScript») или любого другого подходящего вектора, содержащего два сайта эндонуклеазы *I-SceI*, разделенных двумя фрагментами ДНК, приспособленными для гомологичной рекомбинации в геном *E. coli*, и последовательностью терминатора транскрипции T1. Для конструирования праймеров и амплификации специфических последовательностей ДНК хромосомной ДНК *Escherichia*

*coli* K-12 DH1 применяли стандартные методики, хорошо известные в области молекулярной биологии. Такие стандартные приемы, векторы и элементы можно найти, например, в руководствах: Ausubel *et al.* (eds.), *Current Protocols in Molecular Biology* (1995) (John Wiley & Sons); Sambrook, Fritsch, & Maniatis (eds.), *Molecular Cloning* (1989) (Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY); Berger & Kimmel, *Methods in Enzymology* 152: Guide to Molecular Cloning Techniques (1987) (Academic Press); Bukhari *et al.* (eds.).

Хромосомную ДНК, полученную из *E. coli* DH1, применяли для амплификации фрагмента ДНК размером 300 п.н., содержащего промотор *PglpF*, с применением олигонуклеотидов O261 и O262, и фрагмента ДНК длиной 195 п.н., содержащего *Plac*, с применением олигонуклеотидов O68 и O113 (табл. 3).

Фрагмент ДНК длиной 1.185 п.н., содержащий кодон-оптимизированную версию гена *nes*, происходящего из *Rosenbergiella nectarea* синтезировали с помощью «GeneScript» (таблица 5). Ген *nes* амплифицировали методом ПЦР с применением олигонуклеотидов O741 и O742.

Все ПЦР-фрагменты (основы плазмиды, элементы, содержащие промотор, и ген *nes*) очищали и собирали основы плазмиды, элементы промотора (*PglpF* или *Plac*) и фрагмент ДНК, содержащий *nes*. Плазмиды клонировали с помощью стандартного клонирования USER. Клонирование в любой подходящей плазмиде может быть осуществлено с помощью любых стандартных способов клонирования ДНК. Плазмиды трансформировали в клетки TOP10 и отбирали на чашках LB, содержащих 100 мкг/мл ампициллина (или любого подходящего антибиотика) и 0,2% глюкозы. Сконструированные плазмиды очищали, а последовательность промотора и 5'-конец гена *nes* подтверждали секвенированием ДНК («MWG Eurofins Genomics»). Таким образом конструировали генетическую кассету, содержащую любой представляющий интерес промотор, связанный с геном *nes*.

**Таблица 6.** Примеры хелперных и донорных плазмид, применяемых для конструирования штаммов

Плазида	Соответствующий генотип	Маркерный ген
pACBSR	<i>Para-I-SceI-λ Red, p15A ori, cam*</i>	cam
pUC57	<i>pMB1, bla</i>	Bla
pUC57:: <i>gal</i>	<i>pUC57::<i>galTK'</i> / T1-<i>galKM'</i></i>	Bla

#### *Конструирование штаммов*

Применяемый бактериальный штамм, MDO, был сконструирован из *Escherichia coli* K-12 DH1. Генотип *E. coli* K-12 DH1 представляет собой:  $F^{\neg}, \lambda, gyrA96, recA1, relA1,$

*endA1*, *thi-1*, *hsdR17*, *supE44*. В дополнение к генотипу *E. coli* K-12 DH1 MDO имеет следующие модификации: *lacZ*: делеция, размером 1,5 т.п.н., *lacA*: делеция, размером 0,5 т.п.н., *nanKETA*: делеция, размером 3,3 т.п.н., *mela*: делеция, размером 0,9 т.п.н., *wcaJ*: делеция, размером 0,5 т.п.н., *mdoH*: делеция, размером 0,5 т.п.н., и вставка промотора *Plac* выше гена *gmd*.

Вставку кассеты экспрессии, содержащей промотор, связанный с геном *nes* и последовательностью терминатора транскрипции T1, осуществляли с помощью Gene Gorging, по существу, как описано Herring *et al* (Herring, C.D., Glasner, J.D. and Blattner, F.R. (2003). 311). 153-163). Вкратце, донорную плазмиду и хелперную плазмиду ко-трансформировали в MDO и отбирали на чашках с LB, содержащих 0,2% глюкозы, ампициллин (100 мкг/мл) или канамицин (50 мг/мл) и хлорамфеникол (20 мкг/мл). Одиночную колонию инокулировали в 1 мл LB, содержащего хлорамфеникол (20 мкг/мл) и 10 мкл 20% L-арабинозы, и инкубировали при 37°C при встряхивании в течение 7–8 часов. Для интеграции в локусы *galk* клеток *E. coli* затем высевали на чашки M9-DOG и инкубировали при 37°C в течение 48 часов. Отдельные колонии, сформированные на чашках MM-DOG, повторно высевали штрихом на чашки с LB, содержавшие 0,2% глюкозы, и инкубировали в течение 24-х часов при 37°C. Ожидалось, что колонии, которые выглядели белыми на чашках с агаром MacConkey-галактоза и были чувствительны как к ампициллину, так и к хлорамфениколу, потеряли донорную и вспомогательную плазмиду и содержали вставку в локусах *galk*. Вставки в сайт *galk* идентифицировали с помощью ПЦР колоний с применением праймеров O48 (SEQ ID NO: 13) и O49 (SEQ ID NO: 14), а вставленную ДНК проверяли секвенированием («Eurofins Genomics», Германия).

Встраивание генетических кассет в другие локусы хромосомной ДНК *E. coli* осуществляли аналогичным образом с применением различных маркерных генов селекции.

#### Анализ в глубоких лунках

Одиночную колонию из LB-чашки предварительно культивировали в 1 мл базовой минимальной среды, содержащей 5 г/л глюкозы, 1 М MgSO<sub>4</sub> и 4 мг/л тиамин, в 10 мл 24-луночном планшете с глубокими лунками («Axugen»). Перед культивированием планшет запечатывали гидрофобной газопроницаемой самоклеющейся пленкой («Axugen») и инкубировали в течение 24-х часов при 34°C при встряхивании при 700 об/мин на орбитальном шейкере (Edmund Bühler GmbH). Плотность клеток культуры контролировали при 600 нм на спектрофотометре S-20 («Воесо», Германия). 40 мкл ночной культуры применяли для инокуляции в 2 мл базовой минимальной среды,

содержавшей 0,1 г/л глюкозы, 5 г/л лактозы, 20 г/л сахарозы, 1 М MgSO<sub>4</sub>, 4 мг/л тиамина и 0,25 мг/л SUN («Sigma»). При необходимости добавляли IPTG. Планшеты с глубокими лунками запечатывали самоклеющейся пленкой и инкубировали в течение 48 или 72 часов при 28°C с орбитальным встряхиванием при 700 об/мин. После инкубации измеряли OD<sub>600</sub>, планшет накрывали герметизирующей лентой для нагревания («Saveen Werner») и инкубировали в термомиксере в течение 1-го часа при 100°C при встряхивании при 400 об/мин.

Для анализа общих образцов клеточный лизат, приготовленный кипячением, осаждали центрифугированием в течение 10-ти минут при 4700 об/мин. Концентрацию ОГМ в супернатанте определяли с помощью HPLC или HPAC.

После первоначального центрифугирования планшета с глубокими лунками в течение 10-ти минут при 4700 об/мин образцы надосадочной жидкости сохраняли для аналитических измерений. Для анализа клеточного осадка оставшийся супернатант выбрасывали, а клетки промывали 2 мл холодного PBS. После этой стадии промывки и повторного центрифугирования осадок повторно суспендировали в 500 мл MQ воды и весь планшет с глубокими лунками кипятили в термомиксере в течение 1 часа при встряхивании со скоростью 400 об/мин. Лизат клеток, приготовленный кипячением, осаждали центрифугированием в течение 10 минут при 4700 об/мин. Концентрацию НМО в супернатанте определяли с помощью HPLC или HPAC.

### **Результаты**

#### **Пример 1. Конструирование *Escherichia coli*, экспрессирующих ген *nes*, для продукции 2'-FL**

Штаммы *Escherichia coli* K-12 (DH1) MDO можно изменять для экспрессии представляющих интерес гетерологичных генов. Например, штамм MPA1 представляет собой штамм-продуцент 2'-FL со сверхэкспрессией гена альфа-1,2-фукозилтрансферазы, *futC*, и генов колановой кислоты (*gmd-fcl-gmm-wcal-cpsB-cpsG*). Вставка экспрессионной кассеты, содержащей промоторный элемент (*PglpF*), связанный с геном *nes*, в хромосомную ДНК MPA2 приводила к i) относительно более высоким титрам 2'-FL (фиг. 1A), ii) более низкому количеству 2'-FL в фракция клеток и более высокое количество 2'\_FL в среде (фиг. 1B), iii) относительно более низкому отношению DFL к 2'-FL (фиг. 1C) и iv) относительно более низкой оптической плотности при измерении плотности клеток при 600 нм (фиг. 1D).

#### **Пример 2. Конструирование *Escherichia coli*, экспрессирующих ген *nes*, для продукции 3-FL**

Штаммы *Escherichia coli* K-12 (DH1) MDO можно изменять для экспрессии

представляющих интерес гетерологичных генов. Например, штамм МРА3 представляет собой штамм-продуцент 3-FL со сверхэкспрессией гена альфа-1,3-фукозилтрансферазы, *futA* и генов колановой кислоты (*gmd-fcI-gmm-wcaI-cpsB-cpsG*). Вставка экспрессионной кассеты, содержащей промоторный элемент (*Plac*), связанный с геном *nes* в единственной копии, в основной штамм МРА3 (см. штамм МРА4), привела к i) относительно более высоким количествам 3-FL во фракции среды и ii) относительно снижению количествам 3-FL, обнаруживаемым внутри клеток.

**Пример 3. Конструирование *Escherichia coli*, экспрессирующих ген *nes*, для продукции LNT2**

Штаммы *Escherichia coli* K-12 (DH1) MDO можно изменять для экспрессии представляющих интерес гетерологичных генов. Например, штамм МР4002 представляет собой штамм-продуцент LNT2 с оптимальной сверхэкспрессией гена бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы, *lgtA* (таблица 4).

Анализ всех образцов (фигура 3) показал, что титр LNT2 может быть заметно улучшен, если экспрессионную кассету, содержащую промоторный элемент (*PglpF*), связанный с геном *nes*, интегрируют в хромосомную ДНК штамма МР4002 для создания штамма МР4039 (таблица 2). Интересно, что внеклеточная фракция LNT2 также была намного больше у штамма МР4039, чем у штамма МР4002, факт, который также проявляется в более низких уровнях трисахаридов, которые обнаруживают во фракции осадка штамма МР4039, экспрессирующего *nes*, по сравнению с соответствующими уровнями в штамме МР4002, не экспрессирующем транспортер (фигура 3).

**Пример 4. Конструирование *Escherichia coli* для продукции LNT с применением гена *nes***

Штаммы *Escherichia coli* K-12 (DH1) MDO можно изменять для экспрессии представляющих интерес гетерологичных генов. Например, штамм МР4473 представляет собой штамм-продуцент LNT со сверхэкспрессией гена бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы, *lgtA*, и гена бета-1,3-галактозилтрансферазы, *galTK* (таблица 4).

Вставка экспрессионной кассеты, содержащей промоторный элемент (*PglpF*), связанный с геном *nes*, в хромосомную ДНК штамма МР4473, генерирующего штамм МР4537 (таблица 2), приводила к i) увеличению общего титра LNT более чем в 2 раза, ii) умеренному увеличению общей концентрации LNT2 и iii) более чем в 2 раза более высокому общему образованию rLNH2 (фигура 4).

Концентрация LNT в фракции супернатантов культур штамма МР4537 повышена была в 2 раза по сравнению с таковой, измеренной в среде МР4473 (фигура 4). Хотя

можно наблюдать ограниченный *Nes*-опосредованный экспорт LNT2, внеклеточная фракция LNT2 у штамма MP4537 была лишь немного выше, чем у штамма MP4473. Явление транспорта LNT2 происходит предположительно медленнее, чем *Nes*-опосредованный экспорт LNT. Интересно, что, несмотря на значительное увеличение общего образования рLNH2 в клетках, экспрессирующих транспортер, рLNH2 обнаруживаются исключительно в осадке клеток штамма MP4537 (фигура 4).

**Пример 5. Конструирование *Escherichia coli* для получения LNFP-I с применением гена *nes***

Штаммы *Escherichia coli* K-12 (DH1) MDO можно изменять для экспрессии представляющих интерес гетерологичных генов. Например, штамм MP2789 представляет собой штамм-производитель LNFP-I со сверхэкспрессией гена бета-1,3-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы, *lgtA*, гена бета-1,3-галактозилтрансферазы, *galTK*, гена альфа-1,2-фукозилтрансферазы, *futC* и нативных генов колановой кислоты (*gmd-fcI-gmm-wcaI-cpsB-cpsG*) (таблица 4). Введение экспрессионной кассеты, содержащей промоторный элемент (*PglpF*), связанный с геном *nes*, в хромосомную ДНК штамма MP2789 для получения штамма MP4597 (таблица 2), приводило к i) сходным титрам LNFP-I, ii) более чем 2-кратному увеличению общего титра 2'-FL и iii) заметно более высокой общей сумме НМО (2'-FL, LNFP-I и LNT) (фигура 5). Представленные в настоящем документе данные показывают, что 2'-FL, а не LNFP-I и LNT, эффективно транспортируются из клеток, экспрессирующих переносчик *Nes*, и, таким образом, образование 2'-FL и последующий экспорт благоприятны в *nes*-экспрессирующих клетках, продуцирующих LNFP-I.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Генетически модифицированная клетка, способная продуцировать один или несколько олигосахаридов грудного молока (ОГМ), в которой указанная клетка включает рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую белок SEQ ID NO: 1, или его функциональный гомолог, аминокислотная последовательность которого идентична, по меньшей мере, на 80%, предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 85%, более предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 90% последовательности SEQ ID NO: 1.

2. Генетически модифицированная клетка по п. 1, в котором олигосахарид выбирают из 2'-фукозиллактозы (2'-FL), 3-фукозиллактозы (3-FL), дифукозиллактозы (DFL), 3'-сиалиллактозы (3'-SL), 6'-сиалиллактозы (6'-SL), лакто-N-триозы-2 (LNT-2), лакто-N-тетраозы (LNT), лакто-N-фукопентаозы I (LNFP I), лакто-N-фукопентаозы II (LNFP II), лакто-N-фукопентаозы III (LNFP III), лакто-N-фукопентаозы IV (LNFP IV) и лакто-N-фукопентаозы V (LNFP V) и/или пара-лакто-N-неогексаозы (pLNnH).

3. Генетически модифицированная клетка по любому из предшествующих пунктов, в которых генетически модифицированная клетка представляет собой *Escherichia coli*.

4. Генетически модифицированная клетка по любому из предшествующих пунктов, в которых клетка дополнительно включает последовательность рекомбинантной ДНК, включающую регуляторный элемент для регуляции экспрессии рекомбинантной нуклеиновой кислоты.

5. Генетически модифицированная клетка по п. 4, в котором регуляторный элемент для регуляции экспрессии рекомбинантной нуклеиновой кислоты представляет собой элемент экспрессии, такой как lac-промотор, *Plac* или glp-промотор, *PglpF*.

6. Конструкция нуклеиновой кислоты, включающая последовательность нуклеиновой кислоты, кодирующую белок последовательности SEQ ID NO: 1, или его функциональный гомолог, имеющая более чем 80% идентичности последовательности с последовательностью SEQ ID NO: 1, где последовательность нуклеиновой кислоты, кодирующая белок последовательности SEQ ID NO: 1, имеет, по меньшей мере, 70% идентичности последовательности с SEQ ID NO: 2.

7. Конструкция нуклеиновой кислоты по п. 6, в котором конструкция дополнительно включает последовательность нуклеиновой кислоты, включающую регуляторный элемент.

8. Конструкция нуклеиновой кислоты по п. 7, в котором регуляторный элемент

регулирует экспрессию последовательности нуклеиновой кислоты, имеющей, по меньшей мере, 70% идентичности последовательности с SEQ ID NO: 2.

9. Конструкция нуклеиновой кислоты по любому из п.п. 7-8, в которых регуляторный элемент для регуляции экспрессии рекомбинантной нуклеиновой кислоты представляет собой элемент экспрессии, такой как *lac*-промотор, *Plac*, или *glp*-промотор, *PglpF*.

10. Способ получения одного или нескольких олигосахаридов, включающий стадии:

(i) обеспечения генетически модифицированной клетки, способной продуцировать ОГМ, где указанная клетка включает рекомбинантную нуклеиновую кислоту, кодирующую белок последовательности SEQ ID NO: 1, или его функциональный гомолог, аминокислотная последовательность которого идентична, по меньшей мере, на 80%, предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 85%, более предпочтительно идентична, по меньшей мере, на 90% последовательности SEQ ID NO: 1;

(ii) культивирование клетки в соответствии с (i) в подходящей среде для культивирования клеток для экспрессии указанной рекомбинантной нуклеиновой кислоты;

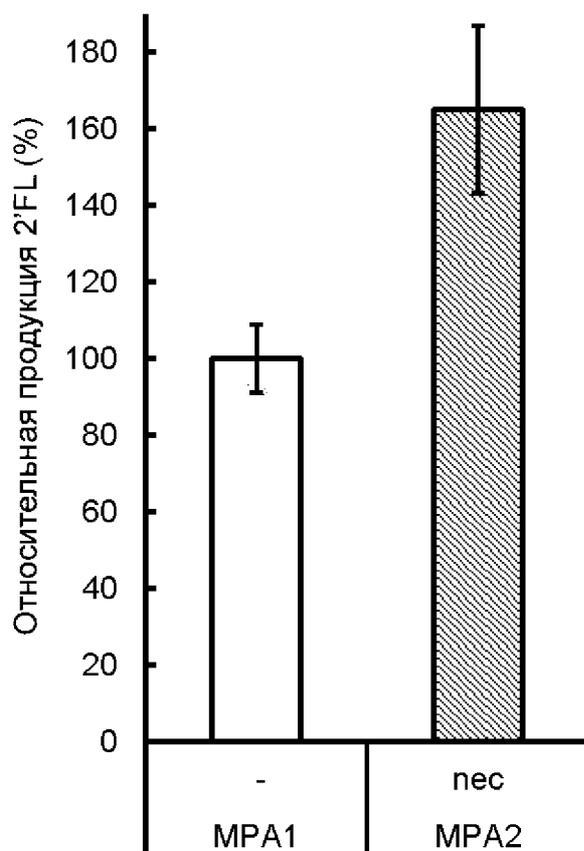
(iii) сбор одного или нескольких ОГМ, полученных на этапе (ii).

11. Применение генетически модифицированной клетки по любому из п.п. 1-5 или конструкции нуклеиновой кислоты по любому из п.п. 6-9 для получения одного или нескольких олигосахаридов, предпочтительно, одного или нескольких олигосахаридов грудного молока.

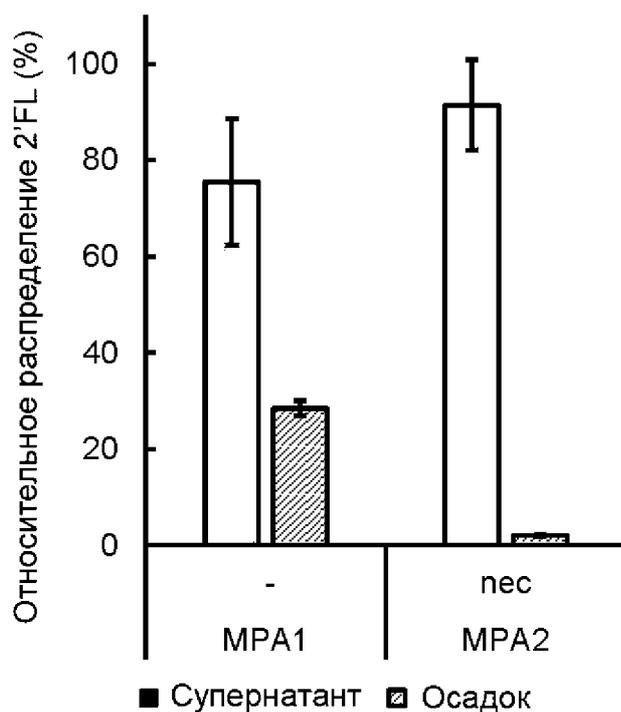
12. Применение генетически модифицированной клетки по любому из п.п. 1-5 или конструкции нуклеиновой кислоты по любому из п.п. 6-9 для получения ОГМ, выбранного из группы, состоящей из 2'-FL, 3-FL, DLF, LNT, LNT-II, LNnT, LNFP-1, pLNnH и pLNH-II.

13. Применение генетически модифицированной клетки по любому из п.п. 1-5 или конструкции нуклеиновой кислоты по любому из п.п. 6-9 для получения ОГМ, выбранного из группы, состоящей из 2'-FL, 3-FL, DLF, LNT, LNT-II, LNnT, pLNnH и pLNH-II.

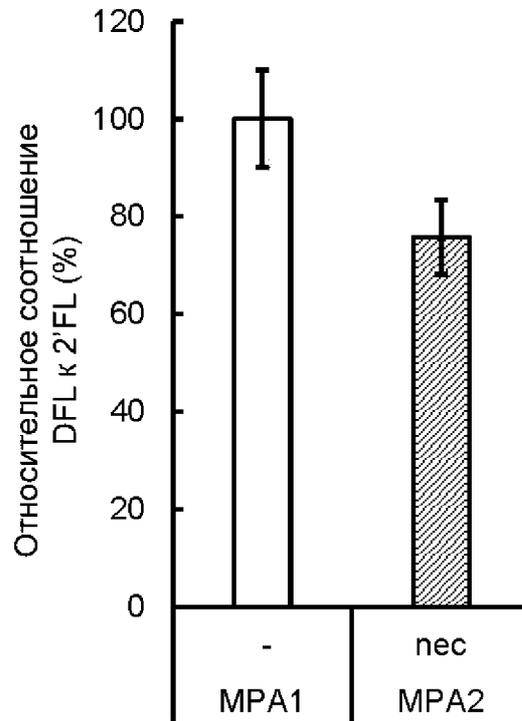
14. Применение генетически модифицированной клетки по любому из п.п. 1-5 или конструкции нуклеиновой кислоты по любому из п.п. 6-9 для получения ОГМ, выбранного из группы, состоящей из 2'-FL, 3-FL, LNT, LNT-II, LNnT и pLNH-II.



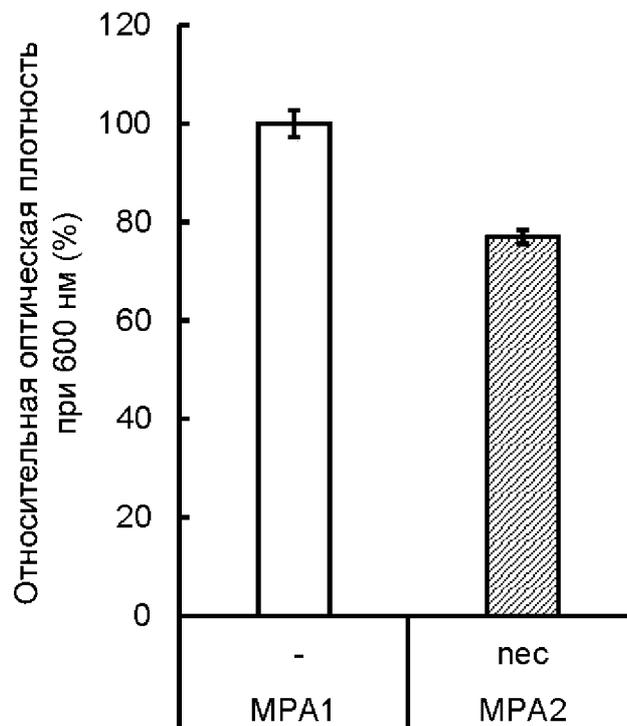
Фиг. 1А



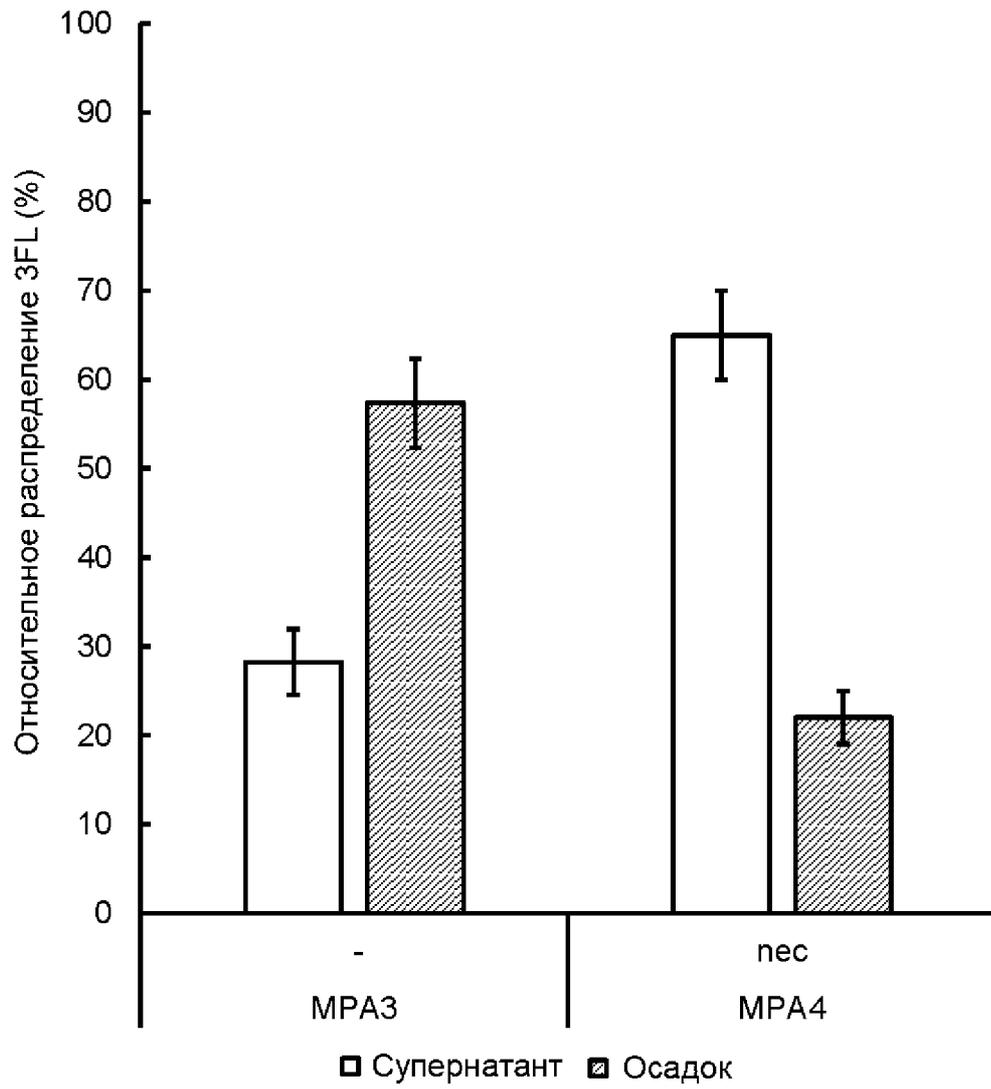
Фиг. 1В



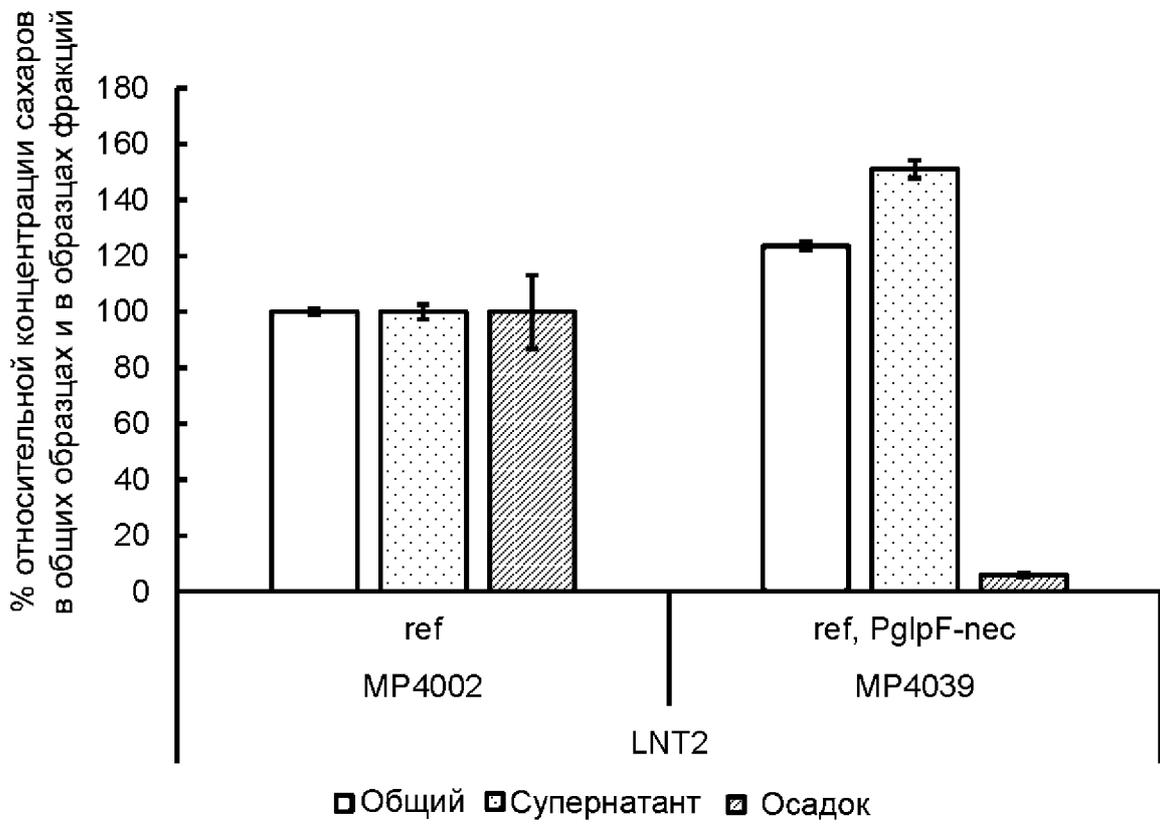
Фиг. 1С



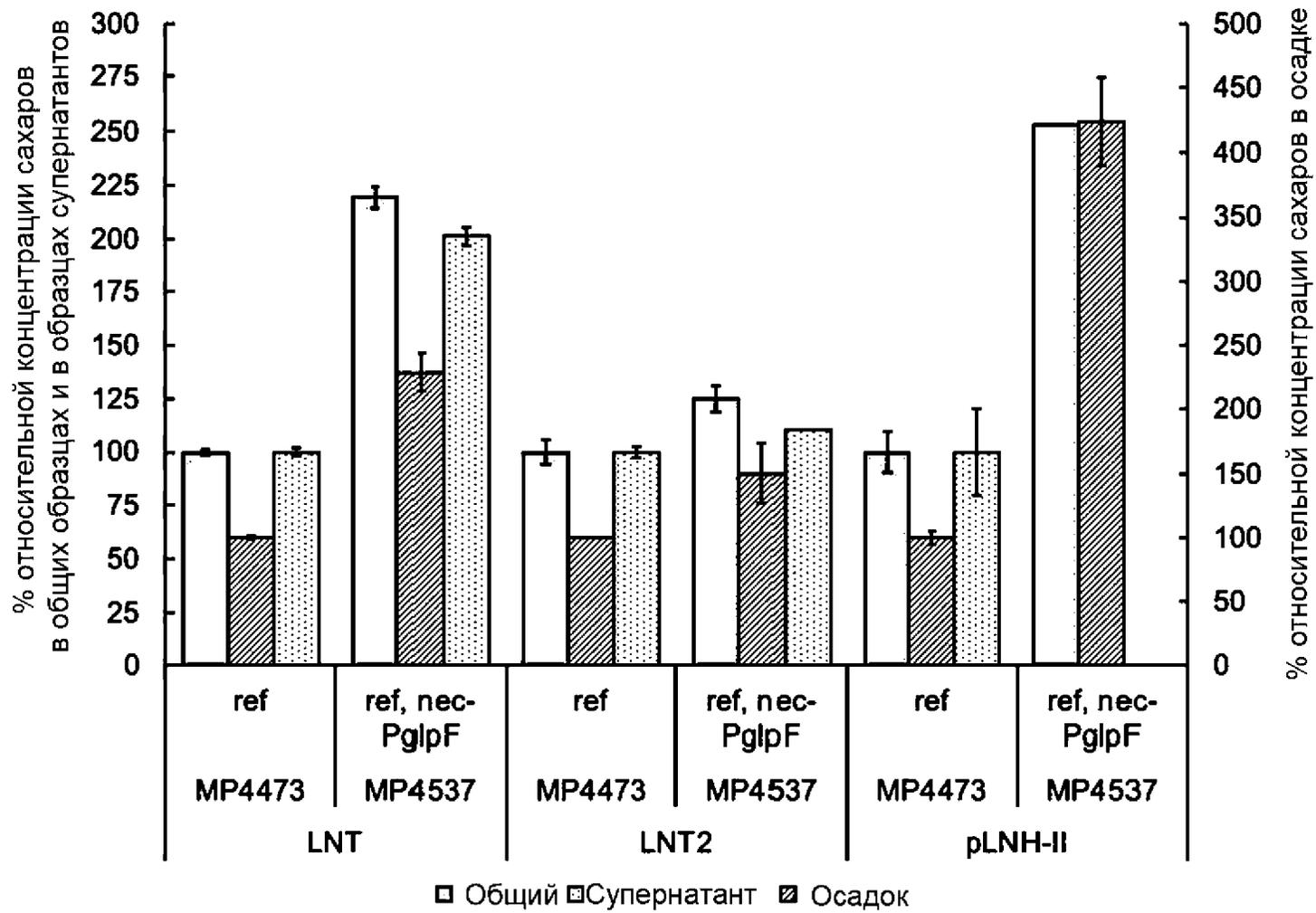
Фиг. 1D



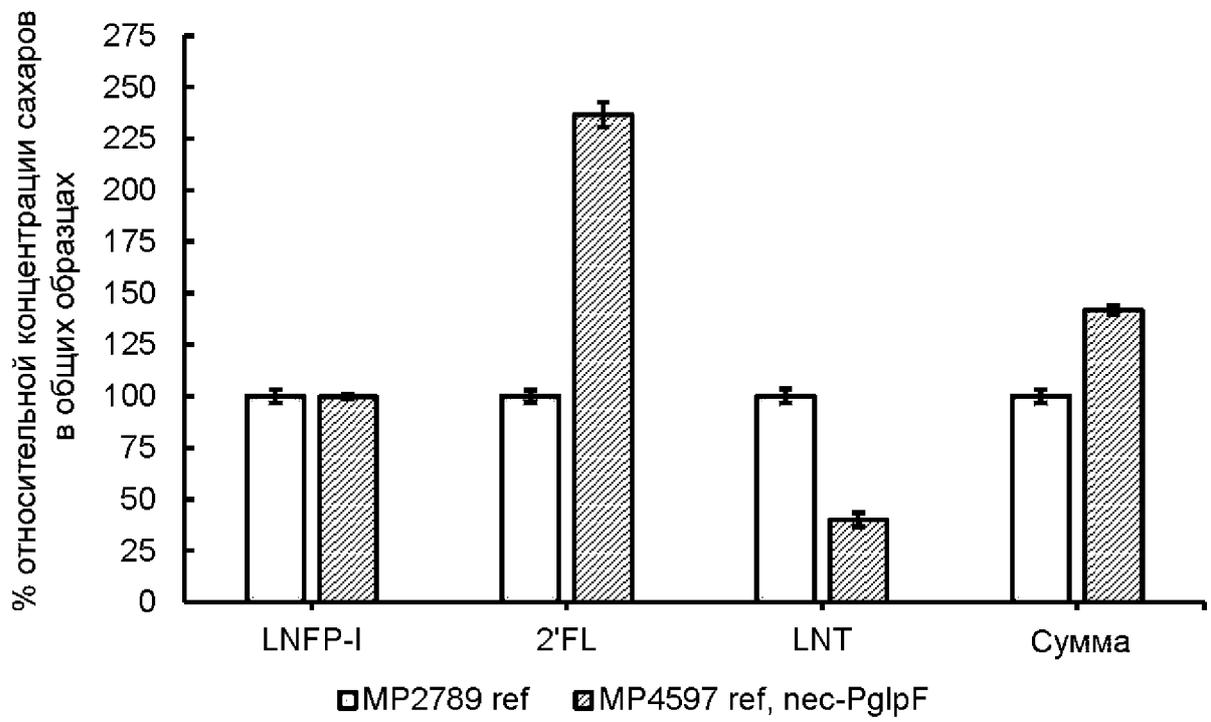
ФИГ. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

**SEQ ID NO: 1**

MQSFTPPAPKGGNPVFMMFMLVTFFVSIAGALQAPTLISLYLSQELAAKPFMVGLFFTTINAVTGIII  
SFILAKRSDRKGDRRLLMFCCAMAIALMFAFVRQYVVLITLGLLSALTSVVMPPQLFALAREY  
ADRTGREVVMFSSVMRTQMSEAWWIGPPISFALALNYGFITLYLVAAALFLLSLILIKTTLPSPRL  
YPAEDLAKSAASGWKRTDVRFLFAASVLMWWCNLMYIIDMPLYISKSLGMPESFAGVLMGTAA  
GLEIPVMMLLAGYLAKRVGKRPLVIVAAVCGLAFYPAMLVVFHQQTGLLIQLLNAVFIGIVAGLVML  
WFQDLMPGKAGAATTLFTNSVSTGMIFAGLCQGLLSDLLGHQAIYVLATVLMVIALLLLLLRVKEQ  
A

**Фиг. 6**