

ВЛИЯНИЕ ДЕКСТРОЗНОГО ЭКВИВАЛЕНТА НА СВОЙСТВА МАЛЬТОДЕКСТРИНОВ

В.В. Литвяк¹, *besserk1974@mail.ru*
И.Ю. Потороко², *potorokoi@susu.ru*
А.А. Руськина², *ruskinaaa@susu.ru*

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», Москва, Россия*

² *Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия*

Аннотация. Целью работы было получение и детальный анализ сахаристого крахмалопродукта (мальтодекстрина). Изучали влияние декстрозного эквивалента (*DE*) на свойства мальтодекстрина, который представляет собой промежуточный продукт расщепления растительного крахмала путем кислотного и/или ферментативного контролируемого гидролиза. Мальтодекстрины состоят из d-глюкозных единиц, соединенных (1–4) гликозидной связью, что дает полимеры d-глюкозы переменной длины и, следовательно, разной молекулярной массы. Количество содержания восстанавливающего сахара определяется эквивалентным значением декстрозы (*DE*), которое рассчитывается на основе сухого веса. Мальтодекстрины представляют собой смесь сахаридов со значением *DE* от 3 до 20. Крахмал ассоциируется со значением *DE*, равным нулю, а глюкоза – со значением *DE*, равным 100. Методы исследования данной работы включали в себя органолептические исследования по общепринятой методике постоянного титра Лейна и Эйнона, значение декстрозного эквивалента (*DE*) определяли методикой согласно pat. US 5886168. Исследование морфологической структуры проводилось методами сканирующей электронной микроскопии. В качестве объектов исследования использовали мальтодекстрин, полученный из картофельного крахмала, и мальтодекстрин, полученный из кукурузного крахмала. Основными преимуществами использования мальтодекстринов являются: обеспечение энергетической ценности продукта; улучшение растворимости смесей; формирование структуры и однородности продукта; упрощение добавления ингредиентов с минимальными дозировками, например, красителей, ароматизаторов, витаминов и т. п.; снижение водопоглощательной способности гигроскопичных компонентов смеси. Область применения результатов исследований – пищевая промышленность, а именно улучшение органолептических и функционально-технологических характеристик сырья и продуктов питания при использовании мальтодекстрина с различным декстрозным эквивалентом.

Ключевые слова: крахмал, мальтодекстрин, гидролиз, декстрозный эквивалент

Для цитирования: Литвяк В.В., Потороко И.Ю., Руськина А.А. Влияние декстрозного эквивалента на свойства мальтодекстринов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2024. Т. 12, № 4. С. 22–31. DOI: 10.14529/food240403

Original article
DOI: 10.14529/food240403

PRODUCTION AND RESEARCH OF MALTODEXTRINS

V.V. Litvyak¹, besserk1974@mail.ru

I.Yu. Potoroko², potorokoi@susu.ru

A.A. Ruskina², ruskinaaa@susu.ru

¹ All-Russian Research Institute of Starch and Starch-containing Raw Materials Processing –
Branch of Russian Potato Research Centre, Moscow, Russia

² South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. The aim of the work was to obtain and analyze in detail the sugary starch product (maltodextrin). The effect of the dextrose equivalent on the properties of maltodextrin, which is an intermediate product of the breakdown of vegetable starch by acidic and/or enzymatic controlled hydrolysis, was studied. Maltodextrins consist of d-glucose units connected by a (1-4) glucoside bond, which gives d-glucose polymers of variable length and, consequently, of different molecular weights. The amount of reducing sugar content is determined by the equivalent dextrose (*DE*) value, which is calculated based on dry weight. Maltodextrins are a mixture of saccharides with a *DE* value from 3 to 20. Starch is associated with a *DE* value equal to zero, and glucose with a *DE* value equal to 100. The research methods of this work included organoleptic studies using the generally accepted method of Lane and Eison constant titer, the value of dextrose equivalent (*DE*) was determined by the method according to pat. US 5886168. The morphological structure was studied by scanning electron microscopy. Maltodextrin obtained from potato starch and maltodextrin obtained from corn starch were used as research objects. The main advantages of using maltodextrins are: ensuring the energy value of the product; improving the solubility of mixtures; forming the structure and uniformity of the product; simplifying the addition of ingredients with minimal dosages, for example, dyes, flavors, vitamins, etc.; reducing the water absorption capacity of hygroscopic components of the mixture. The field of application of the research results is the food industry, namely, improving the organoleptic and functional and technological characteristics of raw materials and food products when using maltodextrin with various dextrose equivalents.

Keywords: starch, maltodextrin, hydrolysis, dextrose equivalent

For citation: Litvyak V.V., Potoroko I.Yu., Ruskina A.A. Production and research of maltodextrins. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2024, vol. 12, no. 4, pp. 22–31. (In Russ.) DOI: 10.14529/food240403

Введение

Мальтодекстрин – углевод (сахаристый крахмалопродукт), состоящий из соединенных вместе мономеров глюкозы, соединенных 1–4-связями. Представляет собой промежуточный продукт ферментного расщепления растительного крахмала, в результате чего молекулы крахмала делятся на фрагменты – декстрины, при этом образуются молекулы глюкозы (декстрозы), мальтозы, мальтотриозы [12]. Мальтодекстрин – это гидролизат крахмала с эквивалентом декстрозы (*DE*) менее 20. В отличие от натуральных крахмалов, мальтодекстрин растворим в воде. Фактически мальтодекстрин – это нечто среднее между глюкозой и крахмалом. Мальтодекстрины используются в продуктах переработки моло-

ка, кондитерских и хлебобулочных изделиях, замороженных десертах, мясных продуктах из-за их способности образовывать мягкие, растекающиеся, термообратимые гели с характерным флейвором. Крахмалы обычно гидролизуются до значения *DE* от 0 до 100, и по мере увеличения *DE* увеличиваются реакция потемнения, понижение точки замерзания, гигроскопичность, сладость, растворимость и осмотичность, тогда как вязкость, эмульгирующая активность, пленкообразующая способность и способность предотвращать образование крупных кристаллов уменьшаются. Мальтодекстрин с низким *DE* имеет свойства, схожие со свойствами нативного крахмала, и может использоваться в качестве текстуробразователя [12].

Цель исследования – изучить влияние декстрозного эквивалента на свойства мальтодекстринов, полученных из различного крахмального сырья.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были определены: – мальтодекстрин, полученный из картофельного крахмала, и мальтодекстрин, полученный из кукурузного крахмала по ТУ ВУ 190239501.853-2013 [6] и ТИ ВУ 190239501.10.068-2013 [5].

Органолептические исследования мальтодекстринов проводились согласно общепринятой методике постоянного титра Лейна и Эйнона [1].

Декстрозный эквивалент мальтодекстринов определен стандартизированной методикой по pat. US 5886168 [13].

Морфологическая структура оценена на сканирующем электронном микроскопе LEO 1420 (Германия). Металлизацию препаратов осуществляли золотом в вакуумной установке ЕМТЕСН К 550Х.

Фазовая структура исследована методом рентгенографии. Образцы крахмала для записи рентгенодифрактограмм готовили в виде монолитных таблеток плоскоцилиндрической формы с гладкой поверхностью. Давление пресса было не менее 100 кг/см². Продолжительность воздействия пресса – от 15 до 30 мин в зависимости от типа образца. Дифракционные кривые записывали на рентгеновском дифрактометре HZG 4A (Carl Zeiss, Jena) с использованием медного (CuK) излучения, фильтрованного никелем. Все кривые снимались в абсолютно идентичных условиях, в шаговом режиме дискретного сканирования. Рентгенограммы исследуемых образцов описывали в режиме «на отражение». Степень кристалличности рассчитывали по отношению интенсивностей I_k/I_o , где I_k – интенсивность дифракции рентгеновских лучей на кристаллических областях; I_o – общая интенсивность дифракции рентгеновских лучей.

Дегидратацию крахмала исследовали на синхронном термическом анализаторе STA 409 PC LUXX в температурном интервале 20–220 °С со скоростями нагрева 5,0 К/мин; масса навески составляла 20,6–21,2 мг.

Статистическая обработка результатов. Статистическая обработка полученных результатов исследования проведена с использованием компьютерных средств (MS Office Excel) по общепринятым методикам.

Результаты исследований и их обсуждение

Чаще всего мальтодекстрины получают путем ферментативного гидролиза крахмала [4, 10, 14–16]. В качестве сырья используют крахмал различного ботанического происхождения [2–4, 14], крахмалосодержащее сырье [3, 8, 14], а также предварительно модифицированные крахмалы [15]. В зависимости от способа получения мальтодекстрины существенно различаются по структуре, свойствам и направлениям использования [7, 9–11, 17–20].

Анализируя внешний вид мальтодекстринов, полученных из картофельного и кукурузного крахмала, можно отметить, что они представляют собой мелкодисперсный порошок белого цвета (рис. 1). Однако мальтодекстрин из кукурузного крахмала имеет слегка заметный кремовый оттенок.

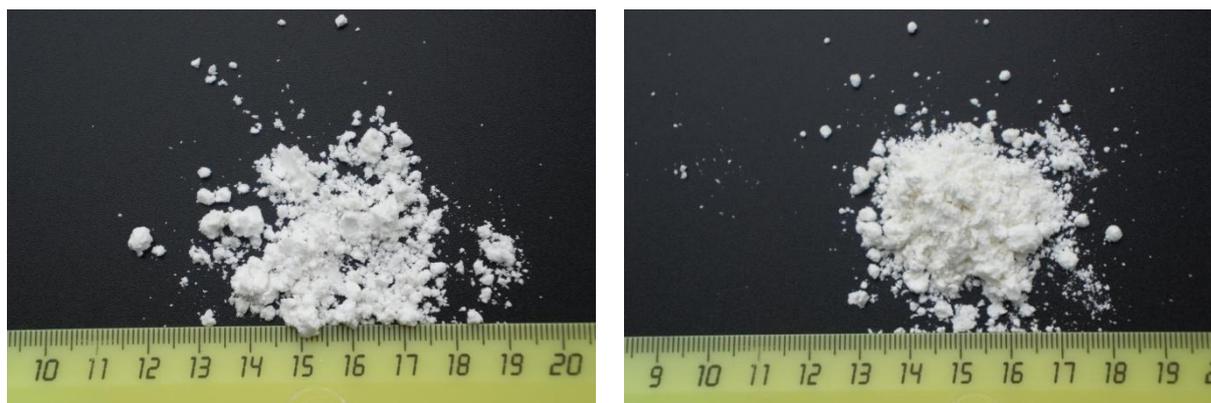
При сравнении морфологической структуры гранул мальтодекстринов, полученных из картофельного крахмала, и мальтодекстрина, полученного из кукурузного крахмала, можно отметить существенные отличия, прежде всего в размерах гранул (рис. 2). В сравнении с нативным крахмалом у мальтодекстринов размер гранул существенно меньше, причем гранулы картофельного мальтодекстрина крупнее гранул кукурузного мальтодекстрина.

Форма гранул мальтодекстринов как полученных из картофельного, так и полученных из кукурузного крахмала стремится к правильной округлой. Чем больше гранула мальтодекстрина, тем больше на ней дефектов, преимущественно вогнутостей (рис. 2).

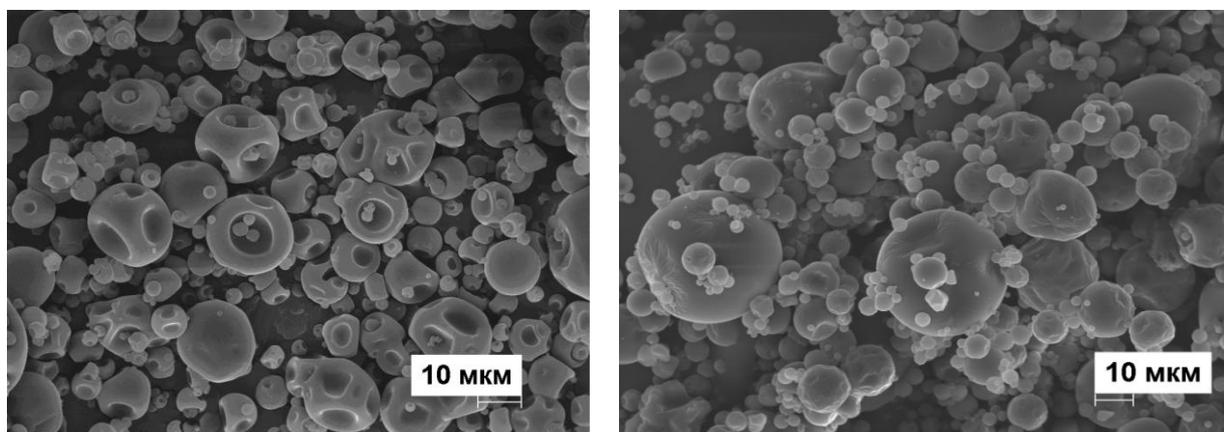
Установлено, что нативный картофельный и нативный кукурузный крахмал имеют аморфно-кристаллическое строение, а картофельный и кукурузный мальтодекстрин представляют собой аморфное гало (рис. 3).

Проанализировав проведенные нами сравнительные физико-химические исследования картофельных и кукурузных мальтодекстринов и нативных крахмалов, можно предположить особенности строения гранулы мальтодекстрина (рис. 3).

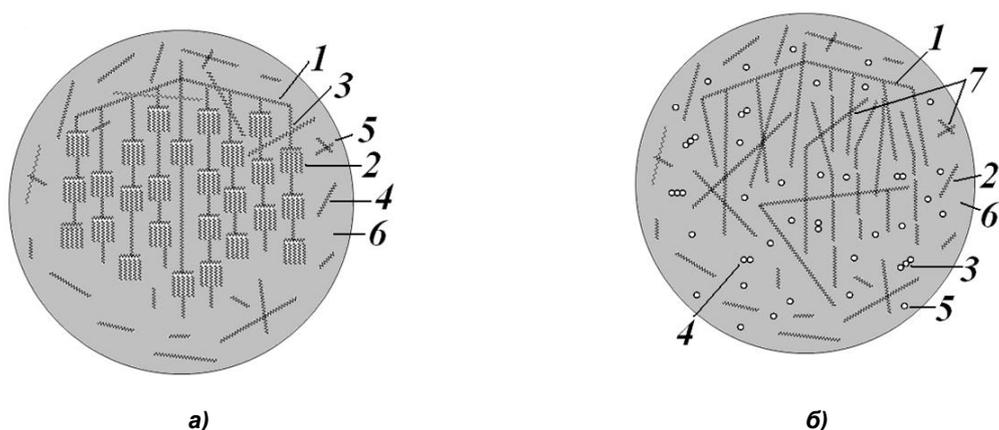
Результаты исследований дегидратации мальтодекстринов представлены на ДСК кривых, где наблюдаются выраженные эндоэффекты при 75 и 210 °С. На кривых ТГ мальтодекстрина видно, что небольшие потери массы (3,5 %) происходят при 30–100 °С. В интервале температур 100–195 °С образцы остаются стабильными. Дальнейший нагрев при



а) б)
Рис. 1. Внешний вид порошков мальтодекстринов:
а – картофельного; б – кукурузного



а) б)
Рис. 2. Сканирующие электронные микрофотографии мальтодекстрина:
а – картофельного; б – кукурузного



а) б)
Рис. 3. Особенности структуры гранул: а – нативного крахмала:
1 – амилопектин, 2 – кристаллическая фаза амилопектина, 3 – аморфная фаза амилопектина,
4 – амилоза, 5 – аморфная фаза амилозы, 6 – внутренняя полость гранулы; б – мальтодекстрина:
1 – амилопектин (клеистеризован и частично гидролизован), 2 – амилоза (частично гидролизован-
на), 3 – мальтотриоза, 4 – мальтоза, 5 – глюкоза (декстроза), 6 – внутренняя полость гранулы,
7 – аморфная фаза гранулы

195–300 °С приводит к потере 40 % от исходной массы образцов (рис. 4).

Следует отметить, что отличия между образцами картофельного и кукурузного мальтодекстрина незначительны и находятся в пределах погрешности измерений.

Свойства мальтодекстрина напрямую зависят от величины DE , который является относительной величиной, определяющей восстанавливающую способность, выражающуюся в граммах D-глюкозы (декстрозы) на 100 г сухого вещества (табл. 1, 2).

При величине $DE = 4–6\%$ компонент сахара полностью отсутствует, мальтодекстрин состоит в основном из короткоцепочечных молекул амилозы и амилопектина, молекул тетраозы и обладает следующими свойствами:

- высокой связывающей способностью;
- высокой вязкостью водных растворов;
- хорошей антикристаллизационной способностью;
- способностью повышать температуру заморозания продукта [12].

При величине $DE = 9–12\%$ в составе мальтодекстрина еще достаточно много молекул мальтотриозы; поэтому у такого мальтодекстрина отсутствует сладкий вкус, он плохо всасывает влагу и не принимает серую окраску; при использовании подобного мальтодекстрина в составе пищевого продукта улучшаются его вкусовые свойства, увеличиваются свойства вязкости.

При величине $DE = 13–17\%$ величина

сладости мальтодекстрина остается сравнительно низкой, он плохо всасывает влагу, не принимает серую окраску, имеет хорошую растворимость; при его применении можно получить желаемую вязкость пищевого продукта.

При величине $DE = 18–20\%$ у мальтодекстрина начинает присутствовать немного сладковатый вкус, появляется свойство всасывания влаги. При определенном коэффициенте глюкозы (декстрозы) цвет может измениться на серый, он хорошо растворим в воде, а при использовании в пищевом продукте нет эффекта усиления вязкости.

Такие физико-химические показатели мальтодекстринов, как гигроскопичность, равновесная относительная влажность, осмотическое давление водных растворов мальтодекстринов, обусловлены средним значением молекулярных масс компонентов и присутствием связанной и несвязанной влаги. Так, мальтодекстрины с $DE = 2$ и 6 имеют наименьшую гигроскопичность. С увеличением DE происходит увеличение гигроскопичности и, как следствие, склонности к комкованию.

У мальтодекстринов сладость, побурение при нагревании, способность к ферментации увеличиваются с увеличением DE и в целом присущи сиропам глюкозы. Коэффициент сладости мальтодекстринов с $DE = 2; 6; 12$ равен $\sim 0,1$, а с $DE = 17; 19; 20$ коэффициент сладости равен $\sim 0,2$ (по отношению к сахарозе, коэффициент сладости которого принят за 1) [12].

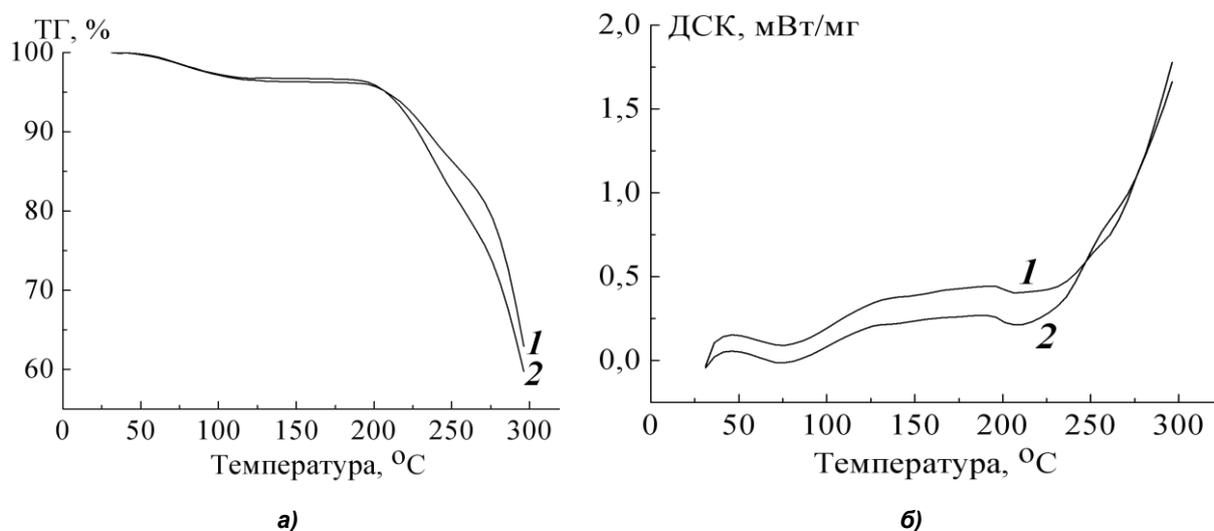


Рис. 4. ТГ кривые (а) и ДСК кривые (б) мальтодекстринов:
1 – картофельный; 2 – кукурузный

Таблица 1

Продукты неполного гидролиза крахмала при получении мальтодекстрина
и его декстрозный эквивалент (DE) [2]

<i>Продукты неполного гидролиза крахмала при получении мальтодекстрина</i>	
Глюкоза или декстроза	
Мальтоза	
Мальтотриоза	
Полисахариды	
<i>Декстрозный эквивалент (DE)</i>	
Раствор продуктов гидролиза крахмала	
Глюкозы (декстрозы)	$DE = 100$
Мальтозы	$DE = 50$
Мальтотриозы	$DE = 33$
50% декстрозы (глюкозы) + 50% мальтотриозы	$DE = 67$

Таблица 2

Динамика изменения свойств мальтодекстрина в зависимости от декстрозного эквивалента

Свойства	Степень гидролиза	
	Низкий <i>DE</i>	Высокий <i>DE</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Связующая способность 2. Молекулярный вес 3. Антикристаллизующая способность 4. Температура замерзания 		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Сладкий вкус, гигроскопичность 2. Реакция на тепло, появление коричневого оттенка 3. Усиление запаха 4. Ферментативность 		
Питательная ценность: 4 ккал/г		

Размер частиц мальтодекстринов значительно влияет на величину насыпной плотности и способность мальтодекстринов к быстрому растворению. Обычная форма мальтодекстринов: в виде мелкодисперсного порошка или в виде микрогранул.

Микрогранулированные мальтодекстрины характеризуются отличной сыпучестью, что обеспечивает удобство в производстве, при смешивании сухих компонентов и упаковке продукции. В сухой смеси мальтодекстрины способствуют хорошей диспергируемости и быстрой растворимости продукта в во-

де. Они также препятствуют расслоению компонентов смеси и образованию пыли.

Заключение

Зная зависимость функциональных свойств мальтодекстринов от величины *DE* и размера частиц, имеется возможность регулировать и контролировать такие важнейшие показатели качества продукции, как вязкость и структура, улучшать характеристики текучести или сыпучести продукта, корректировать сладость, предотвращать кристаллизацию сахара в готовом продукте.

Список литературы

1. ГОСТ 31049-2002 «Продукты гидролиза крахмала. Определение восстанавливающей способности и эквивалента глюкозы. Метод постоянного титра Лейна и Эйнона». Введ. 06.11.2002. Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. 8 с.
2. Патент RU 2123011 «Крахмал типа декстрина, способ его производства и энергетическая композиция» / Сандстрэм Рогэр, Брюнольф Микаэль, Стохль Оке. Оpubл. 16.02.1994.
3. Патент RU 2259400 «Способ получения декстрина из крахмалосодержащего сырья» / Г.А. Коваленко, В.В. Хомов, Л.В. Перминова, В.Ю. Кругляков, И.В. Харина, Г.А. Соболева. Оpubл. 05.01.2004.
4. Патент RU 2315811 «Способ обработки крахмала» / Бэрри Норман, Андрес Виксе-Ниельсен, Ханс Ольсен, Свен Педерсен. Оpubл. 14.02.2002.
5. ТИ ВУ «Технологическая инструкция по производству мальтодекстринов» 190239501.10.068-2013 / Н.Н. Петюшев, В.В. Литвяк. М., 2013. 8 с.
6. ТУ ВУ «Мальтодекстрины. Технические условия» 190239501.853-2013 / Н.Н. Петюшев, В.В. Литвяк. Государственная регистрация № 039252 от 22.10.2013 г. М., 2013. 14 с.
7. Agglomerated starch and maltodextrin – based product for food preparations: pat. EP 1166645 / Coninck V. Leopold, Marie De Pierre. Publ. date 24.06.2000.
8. Amaltodextrin composition: pat. WO 9502969 / Steven Jennings. Publ. date 24.07.1993.
9. Branched maltodextrin sand process for the it preparation: pat. EP1006128 / Pierrick Dufлот, Catherine Fouache, Philippe Looten. Publ. date 04.12.1998.
10. Chemically derivatized maltodextrins: pat. CA2253651/James J. Kasica, James L. Eden, Yomg-Cheng Shi. Publ. date 30.04.1997.
11. Crosslinking enzymolys or crosslinking esterification enzyme lysis modified maltodextrin and its preparation and application: pat. CN 1594364 / Zhang Yanping. Publ. date 09.07.2004.
12. Emine Okumuş, Emre Bakkalbaşı, Issa Javidipour, Raciye Meral, Zafer Ceylan, A novel coating material: Ellagitannins-loaded maltodextrin and lecithin-based nanomaterials // Food Bioscience, Volume 42, 2021, 101158, ISSN 2212-4292, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101158>.
13. Low D.E. Starch conversion product shavanga sharp differentiation in molecular size: pat. US 5886168 / Phillip J. Brumm. Publ. date 23.03.1999.
14. Method for preparing maltodextrin by enzyme lyzing cassava starch: pat. CN 101611838 / Song Wendong, Hao Xiaomin. Publ. date 23.06.2008.
15. Method for producing low DE valuem al todex trinusingy am starch: pat. CN 101301042 / Zhang Liming, Xin Yang. Publ. date 01.07.2008.
16. Method for producing maltodextrin by using rice: pat. CN101696437 / Cui Nan, Zhang Line, Yang Zhiromg. Publ. date 10.09.2009.
17. Method for production of indigestible maltodextrin by consecutive addition of glycogen branch in Genzyme and amylosucrase: pat. KR 100956430 / Yoo Sang Ho. Publ. date 16.02.2009.
18. Method for simultaneously preparing ligomeric maltose and maltodextrin using starch: pat. CN 101683131 / Shi Hao, Zhou Xiaogang, Peng Jun. 24.09.2008.
19. Preparation technique of resistant maltodextrin: pat. CN1908017 / Huang Dong, Kou Xianying, Li Chunrong. Publ. date 18.08.2006.
20. Process for the production of maltodextrins: pat. EP 2368443 / Cargill Inc. Publ. date 22.10.2004.

References

1. GOST 31049-2002 “*Produkty gidroliza krakhmala. Opredelenie vosstanavlivayushchey sposobnosti i ekvivalenta glyukozy. Metod postoyannogo titra Leyna i Eynona*” [GOST 31049-2002 “Starch hydrolysis products. Determination of the reducing capacity and glucose equivalent. Lane and Einon's Constant Titer Method”]. Introduction 06.11.2002. Minsk, 2002. 8 p.
2. Sandstrom Roger, Brunolf Mikael, Stokhl Oke. *Patent RU 2123011 “Krakhmal tipa dekstrina, sposob ego proizvodstva i energeticheskaya kompozitsiya*” [Patent RU 2123011 “Starch of the dextrin type, method of its production and energy composition”]. Publ. 02/16/1994.
3. Kovalenko G.A., Khomov V.V., Perminova L.V., Kruglyakov V.Yu., Kharina I.V., Soboleva G.A. *Patent RU 2259400 “Sposob polucheniya dekstrina iz krakhmalosoderzhashchego syr'ya*” [Patent RU 2259400 “Method of obtaining dextrin from starch-containing raw materials”]. Publ. 05.01.2004.
4. Barry Norman, Andres Vikse-Nielsen, Hans Olsen, Sven Pedersen. *Patent RU 2315811 “Sposob obrabotki krakhmala*” [Patent RU 2315811 “Starch processing method”]. Publ. 02/14/2002.
5. Petyushev N.N., Litvyak V.V. *TI BY “Tekhnologicheskaya instruksiya po proizvodstvu mal'todekstrinov” 190239501.10.068-2013* [I BY “Technological instructions for the production of maltodextrins” 190239501.10.068-2013]. Moscow, 2013. 8 p.
6. Petyushev N.N., Litvyak V.V. *TU BY “Mal'todekstriny. Tekhnicheskie usloviya” 190239501.853-2013* [TU BY “Maltodextrins. Technical specifications” 190239501.853-2013]. State registration No. 039252 dated 10/22/2013. Moscow, 2013. 14 p.
7. Coninck V. Leopold, Marie De Pierre. *Agglomerated starch and maltodextrin – based product for food preparations: pat. EP 1166645*. Publ. date 24.06.2000.
8. Steven Jennings. *Amalotodextrin composition: pat. WO 9502969*. Publ. date 24.07.1993.
9. *Branched maltodextrin sand process for the it preparation: pat. EP1006128 / Pierrick Dufлот, Catherine Fouache, Philippe Looten*. Publ. date 04.12.1998.
10. *Chemically derivatized maltodextrins: pat. CA2253651/James J. Kasica, James L. Eden, Yomg-Cheng Shi*. Publ.date 30.04.1997.
11. *Crosslinking enzymolys or crosslinking esterification enzyme lysis modified maltodextrin and its preparation and application: pat.CN 1594364 / Zhang Yanping*. Publ. date 09.07.2004.
12. Emine Okumuş, Emre Bakkalbaşı, Issa Javidipour, Raciye Meral, Zafer Ceylan, A novel coating material: Ellagitannins-loaded maltodextrin and lecithin-based nanomaterialsю *Food Bioscience*, Volume 42, 2021, 101158, ISSN 2212-4292, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101158>.
13. Phillip J. Brumm *Low D.E. Starch conversion product shaving a sharp differentiation in molecular size: pat.US 5886168*. Publ. date 23.03.1999.
14. Song Wendong, Hao Xiaomin. *Method for preparing maltodextrin by enzymo lyzing cassava starch: pat.CN 101611838*. Publ. date 23.06.2008.
15. Zhang Liming, Xin Yang. *Method for producing low DE valuem al todex trinusingy am starch: pat. CN 101301042*. Publ. date 01.07.2008.
16. Cui Nan, Zhang Line, Yang Zhiromg. *Method for producing maltodextrin by using rice: pat. CN101696437*. Publ. date 10.09.2009.
17. Yoo Sang Ho. *Method for production of indigestible maltodextrin by consecutive addition of glycogen branch in Genzyme and amylosucrase: pat. KR 100956430*. Publ. date 16.02.2009.
18. Shi Hao, Zhou Xiaogang, Peng Jun. *Method for simultaneously preparing ligomeric maltose and maltodextrin using starch: pat.CN 101683131*. 24.09.2008.
19. Huang Dong, Kou Xianying, Li Chunrong. *Preparation technique of resistant maltodextrin: pat. CN1908017*. Publ. date 18.08.2006.
20. Cargill Inc. *Process for the production of maltodextrins: pat. EP 2368443*. Publ. date 22.10.2004.

Информация об авторах

Литвяк Владимир Владимирович, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», Москва, Россия; besserk1974@mail.ru

Потороко Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; potorokoi@susu.ru

Руськина Алена Александровна, старший преподаватель кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; ruskinaaa@susu.ru

Information about the authors

Vladimir V. Litvyak, Doctor of Sciences (Engineering), associate, Leading Researcher All-Russian Research Institute of Starch and Starch-containing Raw Materials Processing – Branch of Russian Potato Research Centre, Moscow, Russia; besserk1974@mail.ru

Irina Yu. Potoroko, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; potorokoi@susu.ru

Alena A. Ruskina, Senior Academic at the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; ruskinaaa@susu.ru

Статья поступила в редакцию 15.10.2024

The article was submitted 15.10.2024