

З.В. Ловкис¹, А.И. Ермаков², А.А. Заболотец²

¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

²*Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАТИВНОГО КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА В КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: Установлено, что добавление нативного крахмала в продукты с непрерывной водной фазой улучшает питательность их композиций, а также снижает содержание сахара (сахарозы) и жира в начинках, конфетах, джемах и т.д. Нативный крахмал не вызывает расстройства пищеварения в отличие от полиолов и растворимых волокон, которые в пищевых продуктах оказывают слабительное действие.

Распределение размера частиц нативного крахмала от 5 мкм до 45 мкм является оптимальным для использования в композициях пищевого продукта с непрерывной водной фазой. Предлагается добавить в технологический процесс получения нативного картофельного крахмала этап фильтрования крахмальной суспензии с целью разделения частиц крахмала по размерам на фракции. Мембранное фильтрование является предпочтительным методом разделения гранул нативного картофельного крахмала по размерам на фракции. Рассмотрен принцип процесса фильтрации крахмальной суспензии на примере работы простейшего фильтра.

Ключевые слова: крахмал, частица, фильтр, жидкость, мембрана

Z.V. Lovkis¹, A.I. Ermakov², A.A. Zabolotets²

¹*Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus,
Republic of Belarus*

²*Educational institution “Belarusian National Technical University”, Republic of Belarus*

PROSPECTS OF USING NATURAL POTATO STARCH IN THE CONFECTIONERY INDUSTRY

Abstract: It has been found that the addition of native starch to products with a continuous aqueous phase improves the nutritional value of their compositions, and also reduces the sugar content (sucrose) and fat in fillings, sweets, jams, etc. Native starch does not cause digestive disorders, in contrast to polyols and soluble fibers, which in foodstuffs have a laxative effect.

The distribution of the particle size of native starch from 5 μm to 45 μm is optimal for use in food compositions with a continuous aqueous phase. It is proposed to add to the process of obtaining native potato starch the step of filtering the starch suspension in order to separate the starch particles in size into fractions. Membrane filtration is the preferred method of dividing native granular potato starch granules by size into fractions. The principle of the process of filtration of starch suspension is considered on the example of the operation of the simplest filter.

Key words: starch, particle, filter, liquid, membrane

Введение. Пищевая промышленность является одним из крупнейших потребителей крахмала и крахмалопродуктов. Крахмал – это углевод, который служит одним из источников энергии в организме человека. Крахмал как сырье может являться товарным продуктом, а также входит в состав крахмалосодержащих продуктов – муки, круп, овощей, фруктов, макаронных изделий, хлеба и т.д. В пищевом рационе человека на долю крахмала приходится около 80 % общего количества потребляемых углеводов [1]. Для поддержания жизнедеятельности организма служит глюкоза, основным источником образования которой является крахмал.

Нативный (немодифицированный) крахмал – продукт натурального происхождения, не являющийся пищевой добавкой. Использование нативных крахмалов в чистом (товарном) виде в пищевой промышленности оказывает значительное влияние на органолептические показатели качества продуктов питания. Крахмал – это полисахарид, состоящий из смеси амилозы и амилопектина. Это вещество синтезируется в растениях в виде гранул, которые имеют некоторые различия в структуре и свойствах в зависимости от вида растения. Нативный крахмал выделяют из растительных клеток различного ботанического происхождения. В качестве основного сырья при получении крахмала и крахмалпродуктов используют картофель, кукурузу, пшеницу, рожь, ячмень, рис, гречиху, тапиоку и др. [2–4].

Цель – выявить перспективы применения нативного картофельного крахмала в кондитерской промышленности.

Материалы и методы исследований. Методы общего анализа и обобщения на основе статистических данных, конструкций, технологий и информации, представленной в научных изданиях и открытой печати.

Результаты и их обсуждение. В пищевой промышленности основной технологической функцией нативных крахмалов является загущение и желеобразование. Непосредственно крахмалы участвуют в формировании структуры и консистенции кулинарной продукции [1]. Благодаря своим физико-химическим и функциональным свойствам крахмал играет роль вещества, которое:

- 1) способно повышать вязкость пищевых систем, т.е. применяется в качестве загустителя;
- 2) используется как наполнитель, входящий в состав твердого содержимого пирогов, кексов, супов;
- 3) играет роль связующего элемента для предотвращения высыхания продуктов в процессе приготовления;
- 4) является стабилизатором, благодаря высокой способности крахмала удерживать влагу [5].

Нативные крахмалы нашли широкое применение в кондитерских изделиях для получения композиций пищевого продукта с непрерывной водной фазой, например при производстве различных начинок, джемовых покрытий, глюкозно-фруктозных сиропов, в некоторых фруктовых композициях, многих видов конфет, печенья и кексов. Такие сахаросодержащие пищевые продукты по сладости эквивалентны сахарозе. Необходимо отметить, что один из их компонентов – фруктоза – является самым сладким природным сахаром, который может потребляться в меньшем количестве, чем сахароза. Основными потребителями таких продуктов являются дети и люди, страдающие диабетом, к рациону которых предъявляют особые требования по калорийности продуктов и их сбалансированности по питательности. Поэтому в отношении данной категории продуктов одной из задач пищевой промышленности является снижение содержания жира и сахаров в пищевых продуктах, сохраняя при этом их органолептические свойства и текстуру. Снижение содержания сахара необходимо в борьбе с ожирением.

Преимуществами нативных крахмалов является нейтральный вкус и белый цвет, что позволяет их использовать в широком спектре продуктов. Нативный крахмал – дешевый ингредиент, натуральный продукт, который не входит в перечень пищевых добавок и не указывается на упаковке продукта.

Композиции пищевого продукта с непрерывной водной фазой, такие как джемы, желе или фруктовые пасты получают из натуральных фруктов или фруктовых соков, которые содержат большое количество сахара в виде сахарозы и глюкозного сиропа. Содержание сахара в таких продуктах составляет, как правило, 60–68 %. Даже при использовании легких джемов и начинок, в которых сахар полностью или частично заменяется водой, содержание сахара остается на уровне 42–46 %. Кроме того, такие продукты обладают меньшим сроком годности, а после вскрытия их следует хранить в холодильнике [6]. Продукты с пониженным содержанием сахара дают меньшее насыщение по сравнению с обычными. В результате чего чувство голода возникает через небольшой период времени, что может привести к чрезмерному количеству потребления легких продуктов либо к потреблению дополнительных продуктов после приема пищи.

На сегодняшний день потребители все в большей степени обращают внимание на питательность продуктов и их пользу. Также важным аспектом является приобретение продукции с низким содержанием сахара, но которые при этом обеспечивают длительное ощущение чувства сытости. Решение данных задач в продуктах с непрерывной водной фазой можно достичь путем добавления в них растворимых и нерастворимых волокон. При этом растворимые волокна увеличивают чувство насыщения продуктом, но использование таких волокон часто вызывает расстройства пищеварения, такие

как метеоризм, вздутие кишечника. Нерастворимые волокна являются причиной раздражения желудочно-кишечного тракта и не всегда приемлемы с точки зрения органолептических свойств [6]. Часто в продуктах со сладким вкусом для замены всех сахаров или части сахаров применяют полиолы. Но их использование имеет ряд недостатков, одним из которых служит высокая стоимость продукции. Кроме этого, применение полиолов в продуктах, предназначенных для употребления детьми, не рекомендуется. Связано это с возможностью расстройства пищеварения [7].

Использование нативных крахмалов в композициях пищевого продукта с непрерывной водной фазой дает возможность улучшения их питательности и увеличение чувства сытости. Добавление крахмалов увеличивает соотношение калорий, получаемых из медленно усваиваемых углеводов к общей калорийности продукции. Потребление таких пищевых композиций позволяет отсрочить возникновение чувства голода. Кроме того, добавление нативных крахмалов снижает содержание сахара, а именно сахарозы и жира в пищевой композиции.

Применение нативного крахмала создает непрерывную водную фазу, которая приводит только к небольшому увеличению вязкости продукции. Объясняется это тем, что нативный крахмал по сравнению с желатинизированным крахмалом и с большинством других гидроколлоидов имеет низкую абсорбцию влаги.

Благодаря этому свойству использование нативного крахмала позволяет добавлять его в начинки, желе и джемы, сохраняя при этом вязкость, близкую к исходному продукту.

Анализ литературных источников [1–10] показал, что добавление нативного крахмала в продукты с непрерывной водной фазой улучшает питательность их композиций, а также снижает содержание сахара (сахарозы) и жира в начинках, конфетах, джемах и т.д. Нативный крахмал не вызывает расстройства пищеварения в отличие от полиолов и растворимых волокон, которые в пищевых продуктах оказывают слабительное действие.

Авторами [8–11] был осуществлен анализ морфологических характеристик зерен нативных крахмалов различного ботанического происхождения. Установлено, что минимальный и максимальный размер зерен нативных крахмалов имеет широкий диапазон размеров: от 5 до 200 мкм. Наибольший размер крахмальных зерен был отмечен у картофельного крахмала (рис. 1, а), а наименьший размер – у амарантового крахмала (рис. 1, б) [3–4, 8–9].

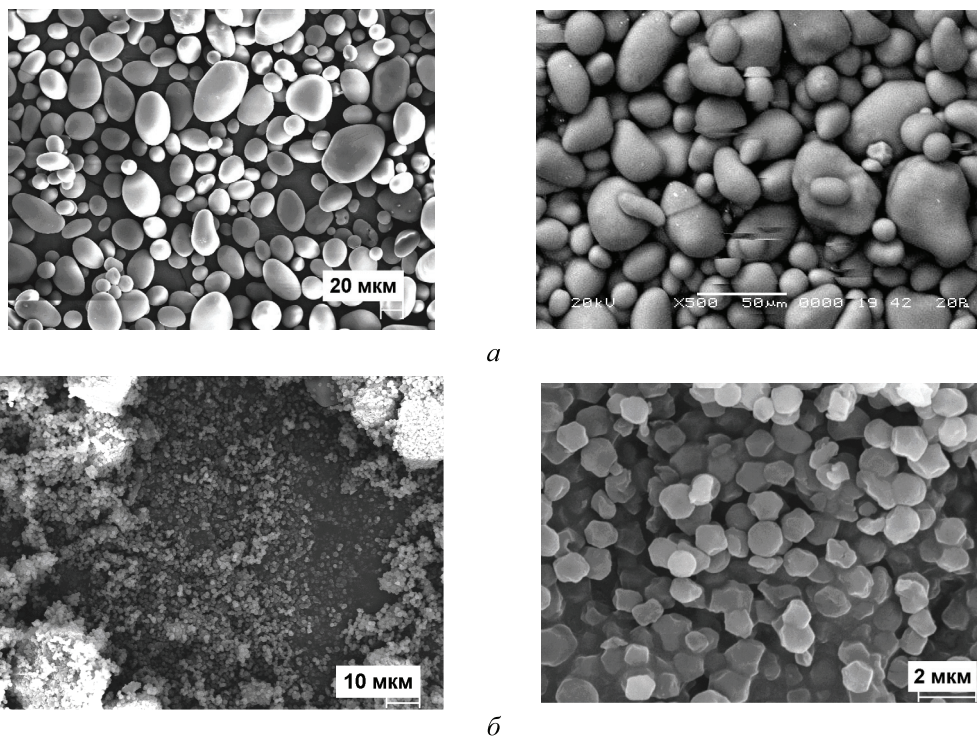


Рис. 1. Сканирующие электронные микрофотографии зерен нативного крахмала:
а – картофельный, б – амарантовый

Fig. 1. Scanning electron micrographs of native starch grains:
а – potato, б – amaranth

В исследованиях [6, 7] определено, что распределение размера частиц нативного крахмала от 5 мкм до 45 мкм является оптимальным для использования в композициях пищевого продукта с непрерывной водной фазой. Для этих целей наиболее подходящим сырьем служит амарантовый нативный крахмал, имеющий наименьший размер крахмальных гранул. Страной изготовителем амарантового крахмала на протяжении многих лет является Мексика, соответственно, стоимость такого сырья существенно выше стоимости крахмала, производимого в Республике Беларусь. В нашей стране большое распространение имеет крахмал картофельного и кукурузного происхождения, размеры крахмальных гранул которых колеблются в широком диапазоне. В связи с этим предлагается добавить в технологический процесс получения нативного картофельного крахмала этап фильтрования крахмальной суспензии с целью разделения частиц крахмала по размерам на фракции.

Среди существующих в практике методов разделения неоднородных систем, таких как осаждение, фильтрование, центрифугирование, мокрое разделение, наиболее подходящим для разделения суспензии нативного картофельного крахмала по размерам на фракции является процесс фильтрования. Данный процесс позволяет осуществлять разделение суспензии с помощью пористых перегородок, которые пропускают жидкую фазу и задерживают твердую. Именно фильтрование применяют для более тонкого разделения неоднородных систем [12].

Процесс фильтрации имеет широкое распространение в настоящее время. Встречаются как простые фильтры, операции в которых осуществляются вручную, так и сложные аппараты и механизмы, которые способны работать длительное время в непрерывном режиме. Классификация фильтров представлена на рис. 2 [13–15].

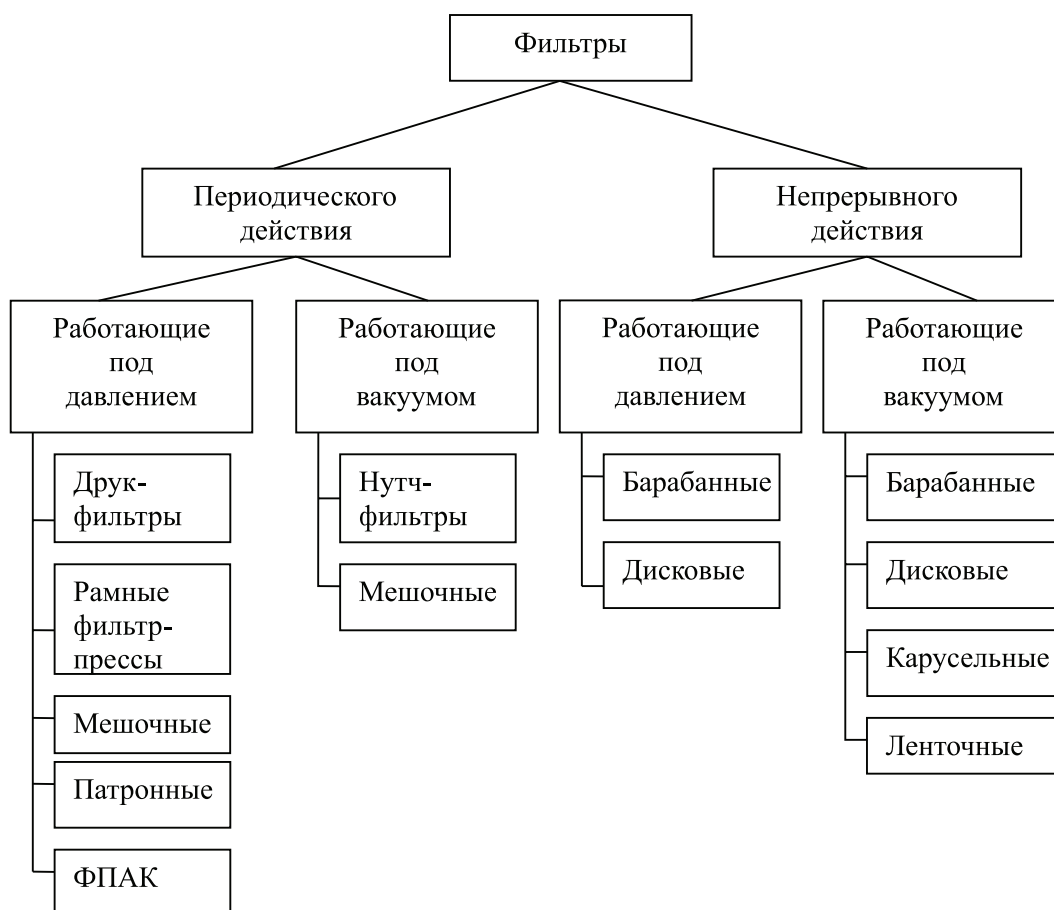


Рис. 2. Классификация фильтров
Fig. 2. Classification of filters

Основным элементом аппарата (фильтра), в котором протекает процесс фильтрования является фильтровальная перегородка (рис. 3).

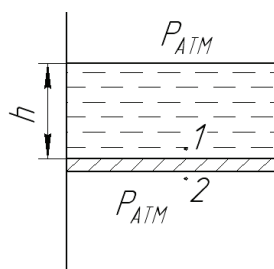


Рис. 3. Элементарная схема строения фильтра
Fig. 3. Elementary scheme of the structure of the filter

От правильного выбора фильтровальной перегородки зависит производительность фильтра и качество получаемого фильтрата. Фильтровальные перегородки могут изготавливаться как из органических так и из неорганических материалов:

- ♦ металлические;
- ♦ тканевые;
- ♦ стеклянные;
- ♦ из нетканых материалов;
- ♦ из полимерных материалов [12–13].

Для разделения гранул нативного картофельного крахмала по размерам на фракции фильтрующие материалы должны иметь следующие свойства:

- ♦ малое гидравлическое сопротивление при достаточно высокой удельной пропускной способности;
- ♦ способность обеспечивать необходимую тонкость и полноту фильтрования, не снижающиеся в процессе эксплуатации;
- ♦ возможно больший срок эксплуатации, на всем протяжении которого сохраняются эксплуатационные свойства;
- ♦ высокую механическую прочность, в том числе и при вибрационных нагрузках, а также при нагревании и охлаждении во всем рабочем диапазоне температур;
- ♦ химическую стабильность по отношению к очищаемой жидкости, исключая разрушающее воздействие жидкости на материал и ухудшение свойств жидкости при контактировании с ним;
- ♦ технологичность, позволяющую достаточно легко подвергаться обработке, герметизации, соединению с другими элементами;
- ♦ экономичность, включающую невысокую стоимость, простоту производства, возможность изготовления из недефицитного сырья и т. д. [15].

При фильтровании могут использоваться в роли фильтрующих перегородок такие ее виды, как сеточные или ситочные, глубинные и мембранные фильтрующие перегородки.

Одним из распространенных фильтрующих материалов являются сетки из тонкой проволоки (проволочные сетки), изготовленные из низкоуглеродистых или высоколегированных сталей, меди, латуни, бронзы, никеля и др. Сетки производят в соответствии с ГОСТ 3187-76, ГОСТ 6613-73 и ГОСТ 3584-73. Фильтрующие элементы, выполненные из сеток, могут работать в широком диапазоне температур от 0 до 1000 °К в агрессивных и неагрессивных средах. Такие перегородки имеют низкую задерживающую способность. Тонкость очистки определяется размером ячейки сетки. Уменьшение размеров ячейки повышает тонкость очистки, однако ведет к повышению ее гидравлического сопротивления [16–20].

Сетки бывают тканного и саржевого плетений. Внешний вид металлических сеток из нержавеющей стали приведен на рис. 4.

Абсолютная тонкость очистки современными сетчатыми фильтрующими перегородками достигают пределов 5–20 мкм. Выявлено, что любой вид сетчатых фильтров имеет один общий недостаток [16–17]: через небольшое время после начала фильтрации фильтрующей перегородкой становится отложившийся осадок, в результате чего постепенно уменьшается свободное сечение фильтрующей перегородки, что негативно влияет на эффективность очистки. Периодически требуется замена фильтрующей перегородки для ее очистки вне фильтра, что требует остановки оборудования и привлечения обслуживающего персонала к этим работам.

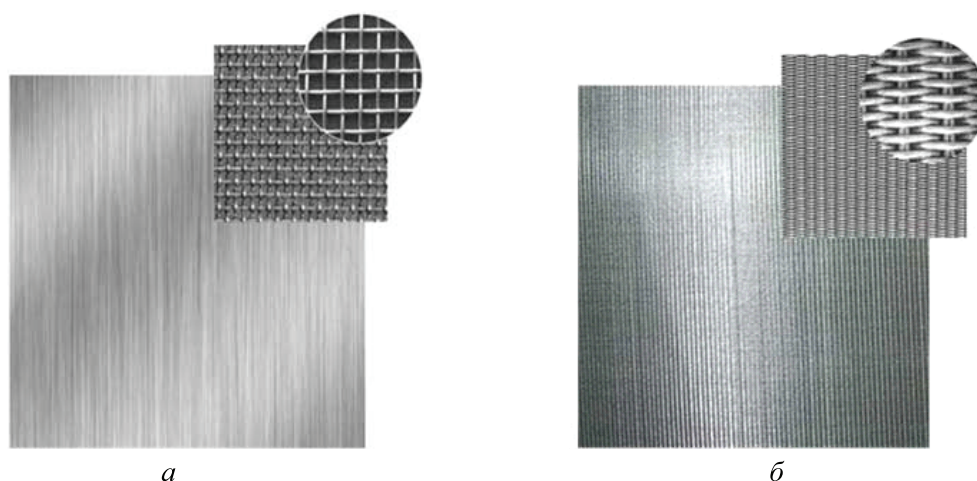


Рис. 4. Сетчатые фильтровальные перегородки из нержавеющей стали:
 а – сетка тканого плетения, б – сетка саржевого плетения
 Fig. 4. Stainless steel mesh filter partitions:
 а – mesh weave, б – twist net

При глубинном фильтровании частицы задерживаются как на поверхности так и, главным образом, в толще капиллярно-пористого фильтра. Пористая структура глубинного фильтра представляет собой волокнистый лист или цилиндр с произвольным расположением волокон в толще фильтрующей перегородки относительно друг друга.

Улавливание частиц в глубинном фильтре происходит:

- ♦ за счет механического торможения и удержания в месте пересечения волокон фильтрующей перегородки;
- ♦ в результате адсорбции на фильтрующем материале или на участке капилляра, имеющего изгиб или неправильную форму;
- ♦ за счет электрокинетического взаимодействия [12–14, 18].

Глубинные фильтры производятся из волокнистых, зернистых и тканых материалов, спрессованных, спеченных или каким-либо другим образом соединенных между собой и образующих таким образом пористую структуру.

Примерами волокнистых материалов натурального происхождения, применяемых для изготовления глубинных фильтров, могут служить: шерсть, шелк, хлопчатобумажные ткани, вата, джут, льняная ткань, асбест, целлюлозное волокно.

Среди искусственных волокон можно выделить: ацетатное, акриловое, фторуглеродное волокна, стекловолокно, металлическое и металлокерамическое волокно, нейлон, капрон, лавсан.

Эффективность работы глубинного фильтра зависит от диаметра, толщины волокна и плотности укладки волокон при формировании структуры фильтра. Основным недостатком использования фильтрующих перегородок этого типа является постепенное «зарастание» толщи фильтра и возрастание сопротивления перегородки. Глубинные фильтры целесообразно применять для малоконцентрированных суспензий с объемным содержанием твердой фазы менее 1 %. Такие фильтры востребованы в качестве предварительной фильтрации в целях задержки крупных частиц, а также коллоидных частиц для защиты мембранных фильтров.

Мембранный тип фильтрующих перегородок применяется для разделения систем жидкость – твердые частицы с целью получения фильтрата, очищенного от коллоидных или взвешенных микрочастиц размером 0,05–10 мкм. Именно мембранное фильтрование является предпочтительным методом разделения частиц картофельного крахмала по размерам на фракции. Данный метод разделения определен высокими требованиями к микробиологической чистоте и безопасности пищевых продуктов.

Существует множество мембран различной формы и размера с широким диапазоном селективности. Мембраны, используемые в различных мембранных процессах, можно классифицировать на природные (биологические) и синтетические, которые, в свою очередь, подразделяются на два подклассы исходя из свойств материала: органические и неорганические [21–24].

Ко всем типам микрофильтрационных мембран предъявляются такие основные требования, как:

- ♦ высокая разделяющая способность,
- ♦ высокая удельная производительность,
- ♦ устойчивость по отношению к компонентам разделяемой смеси и используемым вспомогательным компонентам,
- ♦ стабильность свойств во времени,
- ♦ низкая стоимость [22].

Основным показателем, определяющим технико-экономические показатели мембранных процессов, является стабильность всех вышеперечисленных характеристик во времени. Чаще всего под стабильностью характеристик мембран во времени понимают время, в течение которого мембрана сохраняет необходимый уровень механических, транспортных и селективных свойств при проведении всех циклов технологического процесса микрофильтрации. Иногда термин стабильность заменяют термином «ресурс мембраны».

Понятие «ресурс мембраны» является относительным, и не может рассматриваться без учета специфики разделяемой среды и условий проведения процесса. Т.е. фактически «время жизни мембраны» определяется происходящими в ее структуре физическими и химическими изменениями, а интенсивность протекания указанных процессов характеризуется химической и термической стойкостью мембран [23–24].

В настоящее время наибольшее распространение в процессах микрофильтрации получили полимерные микропористые мембраны. Такие мембранные фильтры являются тонкими полимерными пленками порядка 100–150 мкм. Разброс размеров пор у полимерных мембранных фильтров находится в гораздо более узком диапазоне, чем у глубинных. Это позволяет достигать требуемую эффективность разделения гранул нативного картофельного крахмала, в том числе частиц размерами порядка 0,2 мкм. Другим немаловажным отличием мембранных фильтров является возможность многократного использования неразрушающего метода контроля их качества и в процессе получения, и в процессе использования. Дополнительными достоинствами мембранных фильтров являются:

- ♦ устойчивость к механическим, химическим и термическим нагрузкам;
- ♦ высокая эффективность удержания частиц снаружи матрицы мембранного фильтра (поверхностная фильтрация), которые могут быть использованы для дальнейшего анализа;
- ♦ мембранные фильтры не выделяют в фильтрат никаких волокон, частиц;
- ♦ из-за малой толщины мембран они не способны адсорбировать в своей толще большое количество компонентов фильтруемой жидкости, поэтому их процессы химической стерилизации, промывки и отмывки проходят значительно быстрее;
- ♦ в случае фильтрации под давлением первоначально задержанные фильтром частицы остаются на поверхности мембран и не могут оказаться в фильтрате [23].

Таким образом, проанализировав все достоинства и недостатки имеющихся фильтровальных перегородок, предлагается добавить в технологический процесс получения нативного картофельного крахмала этап фильтрования крахмальной суспензии с использованием полимерных микропористых мембран для разделения частиц крахмала по размерам на фракции. На данный момент не существует научных данных о возможности использования таких мембран для разделения частиц крахмала.

Непосредственно процесс фильтрования крахмальной суспензий, независимо от вида фильтровальных перегородок, осуществляется по определенным законам.

Вследствии того, что размеры пор в осадке и фильтровальной перегородке невелики, а скорость движения жидкости в них незначительная, можно считать, что процесс фильтрования протекает в ламинарной области [25].

Рассмотрим принцип процесса фильтрации крахмальной суспензии на примере работы простейшего фильтра. Такой фильтр представляет собой емкость, разделенную на две части фильтровальной перегородкой. Крахмальная суспензия подается в одну часть емкости, проходит через фильтровальную перегородку, на которой происходит полное или частичное отделение дисперсной фазы, после чего выводится из емкости. С целью пропускания жидкости через перегородку по разные стороны от нее создается разность давлений, при которой суспензия проходит из части емкости с большим давлением в ту часть емкости, в которой давление меньше. Таким образом, движущей силой процесса фильтрования является разность давлений.

Исследования показывают, что скорость процесса фильтрования прямо пропорциональна разности давлений, а обратно пропорциональна вязкости сплошной среды и общему гидравлическому сопротивлению слоя осадка и фильтровальной перегородки (рис. 5) [25–26].

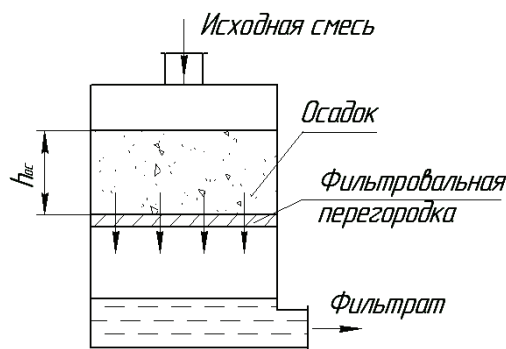


Рис. 5. Принципиальная схема фильтрации в ламинарной области
Fig. 5. Schematic diagram of filtration in the laminar region

Скорость фильтрации (ω_ϕ) можно выразить формулой [26]:

$$\omega_\phi = \frac{\Delta P}{\mu \cdot R_{\text{общ}}} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{\text{ос}} + R_{\text{фл}})}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где ΔP – перепад давлений на фильтре (движущая сила), Па; $R_{\text{общ}} = R_{\text{ос}} + R_{\text{фл}}$ – общее сопротивление, м^{-1} ; $R_{\text{ос}}$ – сопротивление осадка, м^{-1} ; $R_{\text{фл}}$ – сопротивление фильтровальной перегородки, м^{-1} .

С другой стороны, скорость фильтрации крахмально й суспензии можно выразить, как объем отфильтрованной жидкости в единицу времени, через единицу поверхности фильтровальной перегородки. В дифференциальной форме данная зависимость имеет вид:

$$\omega_\phi = \frac{dV}{S \cdot dt}, \quad (2)$$

где dV – объем получаемого фильтрата за время dt ; S – площадь фильтрации.

Тогда

$$\omega_\phi = \frac{dV}{S \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{\text{ос}} + R_{\text{фл}})}, \text{ м/с} \quad (3)$$

Сопротивление осадка зависит от его высоты на фильтре, и его можно представить как:

$$R_{\text{ос}} = r_{\text{ос}} \cdot h_{\text{ос}}, \text{ м}^{-1} \quad (4)$$

где $r_{\text{ос}}$ – удельное объемное сопротивление осадка, м^{-2} ; $h_{\text{ос}}$ – высота слоя осадка, м.

Если обозначить через X_0 объем осадка приходящийся на 1 м^3 фильтрата, то объем осадка, отложившегося после образования V фильтрата, будет равен:

$$V_{\text{ос}} = X_0 \cdot V. \quad (5)$$

С другой стороны:

$$V_{\text{ос}} = h_{\text{ос}} \cdot S. \quad (6)$$

Тогда

$$h_{\text{ос}} \cdot S = X_0 \cdot V, \quad (7)$$

$$h_{\text{ос}} = \frac{X_0 \cdot V}{S}. \quad (8)$$

Подставив (8) в (4) получаем

$$R_{\text{ос}} = r_{\text{ос}} \cdot \frac{X_0 \cdot V}{S}. \quad (9)$$

Тогда уравнение процесса фильтрования примет вид:

$$\omega_{\phi} = \frac{dV}{S \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot \left(r_{oc} \cdot X_0 \frac{V}{S} + R_{\phi II} \right)}. \quad (10)$$

Если $h_{oc} = 0$, $V_{oc} = 0$ тогда $X_0 = 0$ и уравнение (10) примет вид $\omega_{\phi} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot R_{\phi II}}$.

$$R_{\phi II} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot \omega_{\phi}}. \quad (11)$$

Если $\mu = 1 \text{ Па} \cdot \text{с}$, $\omega_{\phi} = 1 \text{ м/с}$, тогда $R_{\phi II} = \Delta P$.

Сопротивление фильтровальной перегородки – численно равно разности давлений необходимой для того, чтобы жидкая фаза суспензии вязкостью 1 Па с, фильтровалась через перегородку 1 м/с.

Если $R_{\phi II} = 0$ тогда уравнение (10) примет вид:

$$\omega_{\phi} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot r_{oc} \cdot X_0 \frac{V}{S}} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot r_{oc} \cdot h_{oc}}, \quad (12)$$

а удельное объемное сопротивление осадка:

$$r_{oc} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot \omega_{\phi} \cdot h_{oc}}. \quad (13)$$

Удельное объемное сопротивление слоя осадка – численно равно разности давлений необходимой для того, чтобы жидкая фаза суспензии вязкостью 1 Па фильтровалась со скоростью 1 м/с через слой осадка в 1 м [25–26].

Процесс фильтрования крахмальной суспензии не заканчивается на этапе разделения ее на осадок и фильтрат, т.к. полученный осадок подвергается сушке, с целью его дальнейшего использования в пищевой промышленности в виде крахмальных гранул требуемого размера частиц.

Применение нативных крахмалов с размером гранул в диапазоне 5–45 мкм обеспечивает баланс между тонкодисперсными и грубодисперсными частицами крахмала. Присутствие тонкодисперсных частиц увеличивает вязкость пищевой композиции, что требует увеличение жира и воды. Присутствие грубодисперсных частиц вызывает ощущение песчанности во рту при потреблении пищевой композиции. Таким образом, достигается хороший компромисс между вязкостью пищевой композиции и соотношением калорий, получаемых из медленно усваиваемых углеводов к общей калорийности.

Получение картофельного крахмала с размером фракций 5–45 мкм станет новым этапом развития технологического производства крахмала и позволит производителям сократить импорт нативного крахмала и приблизить страну к самообеспечению, т.е. к экономической независимости.

Выводы. Использование нативных крахмалов в чистом (товарном) виде в пищевой промышленности оказывает значительное влияние на органолептические показатели качества продуктов питания.

Установлено, что добавление нативного крахмала в композиции пищевого продукта с непрерывной водной фазой дает возможность улучшения их питательности и увеличения чувства сытости, а также снижает содержание сахара (сахарозы) и жира в начинках, конфетах, джемах и т.п. Нативный крахмал не вызывает расстройства пищеварения.

Распределение размера частиц нативного крахмала от 5 мкм до 45 мкм является оптимальным для использования в композициях пищевого продукта с непрерывной водной фазой. Предлагается добавить в технологический процесс получения нативного картофельного крахмала этап фильтрования крахмальной суспензии с целью разделения частиц крахмала по размерам на фракции.

Фильтрование с использованием полимерных микропористых мембран в качестве фильтровальной перегородки является предпочтительным методом разделения гранул нативного картофельного крахмала по размерам на фракции.

Рассмотрен принцип процесса фильтрации крахмальной суспензии на примере работы простейшего фильтра.

Список использованных источников

1. Василенко, З.В. Технология производства продукции общественного питания. Теоретические основы: учеб. пособие / З.В. Василенко, О.В. Мацикова, Т.Н. Болашенко. – Минск : Вышэйшая школа, 2016. – 299 с.: ил.

2. Ловкис, З.В. Технология крахмала и крахмалопродуктов: Учеб. пособ. / З.В. Ловкис, В.В. Литвяк, Н.Н. Петюшев; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск: Асобны, 2007. – 178 с.
3. Литвяк, В.В. Атлас. Морфология крахмала и крахмалопродуктов / В.В. Литвяк, Н.К. Юркштович, С.М. Бутрим, В.В. Москва. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 217 с.
4. Литвяк, В.В. Крахмал и крахмалопродукты: монография / В.В. Литвяк, Ю.Ф. Росляков, С.М. Бутрим, Л.Н. Козлова; под ред. д-ра техн. наук, профессора Ю.Ф. Рослякова. – Краснодар: Изд. ФГБОУВПО «КубГТУ», 2013. – 204 с.
5. Информация Интернет: Применение крахмала в пищевой промышленности // <https://pkz1.ru/primenenie-kraxmalov.html> / Дата выхода: 14.05.2018г.
6. Информация Интернет: Пищевая композиция // <http://www.findpatent.ru/patent/243/2434533.html> / Дата выхода: 20.04.2018г.
7. Информация Интернет: Начинки // <http://www.findpatent.ru/patent/244/2448469.html> / Дата выхода: 20.04.2018г.
8. Литвяк, В.В. Морфологическая характеристика нативных крахмалов различного ботанического происхождения / В.В. Литвяк, С.М. Бутрим, В.В. Москва // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – №1. – 2010. С. 91–99.
9. Литвяк, В.В. Морфологическая характеристика крахмальных гранул картофеля (*Solanum tuberosum*) различных сортов / В.В. Литвяк, С.М. Бутрим, В.В. Москва, Л.Н. Козлова // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – №3. – 2010. – С. 99–103.
10. Литвяк, В.В. Способ получения нативного крахмала: Патент № 16622. ВУ, МПК⁷ С 08В 30/00 / В.В. Литвяк, А.А. Бренч; заявка №а20100889; заявитель УО «Белорусский государственный аграрный технический университет». – заявл. 08.06.2010; опубл. 30.12.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – 23 с.
11. Заболотец, А.А. Размеры и морфологические особенности зерен нативного крахмала разного ботанического происхождения / А.А. Заболотец, А.И. Ермаков, В.В. Литвяк // Наукові праці Національного університету харчових технологій, Київ –2018 – Том 24 – №1 – С. 246 – 255.
12. Матов, Б.М. Новое в очистке жидкостей / Б.М. Матов, Кишинев «Карта молдовеняске»: 1971.
13. Жужиков, В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий / В.А. Жужиков – М.: Химия – 1971. – 440 с.
14. Климов, А.М. Оборудование для разделения жидких неоднородных систем: фильтры и центрифуги / А.М. Климов. М.: Издательство ТГТУ. – 144с.
15. Азрилевич, М.Я. Фильтровальные установки в крахмало-паточной промышленности / М.Я. Азрилевич, Ч.К. Курочицкий - М.: 1975. – 35с.
16. Сетчатый фильтр/ М.В. Клыков, А.Е. Разноушкин: пат. 2486941 Рос. Федерация, МКИЗ В01D29/62; заявл. 8.06.2009, опубл. 10.07.2013.
17. Алушкина, Т.В. Сетчатые дренажные фильтры в процессах очистки мазута от механических примесей / Т.В. Алушкина, М.В. Клыков // Сетевое издание «Нефтегазовое дело» – №4 – 2017. – С. 26–41.
18. Васильев, В.Ф. Новые методы обработки продуктов крахмального производства / В.Ф. Васильев, Н.И. Филиппова – М. : 1973 – 24 с.
19. Современные направления создания прогрессивного оборудования для производства крахмалопродуктов / Г.М. Певзнер, С.Г. Усачев, Н.Р. Андреев, Н.Г. Гулюк, В.А. Бакулин, Ю.А. Бухтояров, Н.П. Введенский, Н.П. Векслер, В.М. Горбатов, Н.П. Зуев, Н.С. Лапидус, Л.А. Лейберман, Н.И. Филиппова, Ю.А. Холмянский // Пищевая промышленность. Крахмалопаточная промышленность. Серия 19. – Выпуск 6 – М. : 1988 – 32 с.
20. Певзнер, Г.М. Ситовое оборудование современного крахмального производства / Г.М. Певзнер, Н.И. Филиппова, Н.Г. Гуляк – М. : 1975. – 37 с.
21. Русанов, Е.С. Мембраны в химических процессах: учеб. пособие / Е.С. Русанов – М. : Просвещение, Слово, 1997. – 198 с.
22. Хванг Сан-Так Мембранные процессы разделения / Сан-Так Хванг, К. Каммермейер. – М.: Химия. 1981. – 464 с.

23. Брык М.Т. Мембранная технология в пищевой промышленности: учеб. пособие / М.Т. Брык, В.Н. Голубев. – Киев: Урожай, 1991. – 220 с.
24. Дытнерский Ю.И. Мембранные процессы разделения жидких смесей: учеб. пособие / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1975. – 232 с.
25. Лейбензон, Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. М.-Л.: ОГИЗ Гостехиздат, 1947.
26. Зааль, Р. Справочник по расчету фильтров / Р. Зааль; Перевод с нем. Ю.В. Камкина. – М.: Радио и связь, 1983. – 752 с. : ил.; 22 см.

References

1. Vasilenko Z.V., Matsikova T.N., Bolashenko T.N. *Tekhnologiya proizvodstva produktov obshchestvennogo pitaniya. Teoreticheskiye osnovy: ucheb.posobiye* [Technology of production of public catering products. Theoretical bases: teaching aid]. Minsk, High school, 2016. 299 p. (In Russian).
2. Lovkis Z.V., Litvyak V.V., Petushev N.N. *Tekhnologiya krakhmala i krakhmalohrodoktov* [Technology of starch and starch products]. Minsk, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food, 2007. 178 p. (In Russian).
3. Litvyak V.V., Yurkshtovich N.K., Butrim S.M., Moskva V.V. *Atlas. Morfologiya krakhmala i krakhmaloproduktov* [Atlas. Morphology of starch and starch products]. Minsk. Belarusian science. 2013. 217 p. (In Russian).
4. Litvyak V.V., Roslyakov Y.F., Butrim S.M., Kozlova L.N. *Krakhmal i krakhmaloprodukty: monografiya* [Starch and starch products: monograph]. Krasnodar, 2013. 204 p. (In Russian).
5. Information Internet: Application of starch in the food industry // <https://pkz1.ru/primenenie-krakhmalov.html> / Entry date: 14.05.2018 (In Russian).
6. Information Internet: Food composition // <http://www.findpatent.ru/patent/243/2434533.html> / Entry date: 20.04.2018 (In Russian).
7. Information Internet: Stuffing // <http://www.findpatent.ru/patent/244/2448469.html> / Entry date: 20.04.2018 (In Russian).
8. Litvyak V.V., Butrim S.M. *Morfologicheskaya kharakteristika nativnih krakhmalov razlichnogo botanicheskogo proiskhozhdeniya* [Morphological characteristics of different botanical origin]. Minsk, News NAN from Belarus, 2010, no.1, pp. 91–99 (In Russian).
9. Litvyak V.V., Butrim S.M., Moskva V.V., Kozlova L.N. *Morfologicheskaya kharakteristika krakhmal'nykh granul kartofelya (Solanum tuberosum) razlichnykh sortov* [Morphological characteristics of potato starch granules (Solanum tuberosum) of various varieties]. Minsk, News NAN from Belarus, 2010, no.3, pp. 99–103 (In Russian).
10. Litvyak V.V. *Sposob polucheniya nativnogo krakhmala: Patent 16622* [Method for obtaining native starch: Patent 16622]. Litvyak V.V., Brench A.A. Application №a20100889, the applicant Belarusian State Agrarian Technical University. Declared 08.06.2010, published 30.12.2012. National Intellectual Property Center, 2012. 23 p. (In Russian).
11. Zabolotets A.A., Ermakov A.I., Litvyak V.V. *Razmery i morfologicheskiye osobennosti zeren nativnogo krakhmala raznogo botanicheskogo proiskhozhdeniya* [Dimensions and morphological features of seeds of native starch of different botanical origin] Kiev, Scientific works of the National University of Food Technologies, 2018. Tom 24. №1. pp. 246–255 (In Russian).
12. Matov B.M. *Novoe v ochistke zhidkostey* [New in cleaning liquids] Kishinev, 1971. (In Russian).
13. Zhuzhikov V.A. *Filtrovaniye. Teoriya i praktika razdeleniya suspenziy* [Filtration. Theoriya and practice of separation of suspensions] Moscow, Chemistry, 1971. 440 p. (In Russian).
14. Klimov A.M. *Oborudovaniye dlya razdeleniya zhidkikh neodnorodnykh sistrm: filtry i tsentrifugi* [Equipment for the separation of liquid non-uniform systems: filters and centrifuges] Moscow, 144 p. (In Russian).
15. Azrilevich M.Ya., Kurochitsky Ch.K. *Filtrovalnyye ustanovki v krakhmalo-patochnoy promyshlennosti* [Filtration plants in the starch-teacle industry] Moscow, 1975. 35 p. (In Russian).
16. Klykov M.V., Raznoushkin A.E. *Setchatyy filtr* [Strainer]: pat. 2486941 Russian Federation, MKIZ B01D29/62; declared 8.06.2009, published 10.07.2013. (In Russian).

17. Alushkina T.V., Klykov M.V. *Setchatyye drenazhnyye filtry v protsessakh ochistki mazuta ot mekhanicheskikh primesey* [Mesh drainage filters in the process of cleaning fuel oil from mechanical impurities]. Network publication «Oil and gas business». № 4. 2017. pp. 26–41 (In Russian).
18. Vasiliev V.F., Filippova N.I. *Novyye metody obrabotki productov krakhalnogo proizvodstva* [New methods of processing starch products]. Moscow. 1973. 24 p. (In Russian).
19. Pevzner G.M., Usachev S.G., Andreev N.R., Gulyuk N.G., Bakulin V.A., Bukhtoiarov Yu.A., Vvedensky N.P., Veksler N.P., Gorbatov V.M., Zuev N.P., Lapidus N.S., Leiberman L.A., Filippova N.I., Kholmyanskiy Yu.A. *Sovremennyye napravleniya sozdaniya progressivnogo oborudovaniya dlya proizvodstva krakhaloproductov* [Modern directions of creation of the progressive equipment for manufacture of starch products]. Food industry. Starch industry. Series 19. Release 6. Moscow. 1988. 32 p. (In Russian).
20. Pevzner G.M., Filippova N.I., Gulyak N.G. *Sitovoye oborudovaniye sovremennogo krakhalnogo proizvodstva* [Sieve equipment of modern starch production]. Moscow. 1975. 37p. (In Russian).
21. Rusanov E.S. *Membrany v khimicheskikh protsessakh: ucheb. posobiye* [Membranes in chemical processes: a textbook] Moscow. Enlightenment. Word. 1997. 198 p. (In Russian).
22. Hwang San Tak, Kammermeyer K. *Membrannyye protsessy razdeleniya* [Membrane separation processes] Moscow. Chemistry. 1981. 464 p. (In Russian).
23. Bryk M.T., Golubev V.N. *Membrannaya tekhnologiya v pishchevoy promyshlennosti: ucheb. posobiye* [Membrane technology in the food industry: a textbook] Kiev. Crop. 1991. 220 p. (In Russian).
24. Dytnersky Yu.I. *Membrannyye protsessy razdeleniya zhidkikh smesey: ucheb. posobiye* [Membrane separation of liquid mixtures: a textbook] Moscow. Chemistry. 1975. 232 p. (In Russian).
25. Leibenson L.S. *Dvizheniye prirodnykh zhidkostey i gazov v poristoy srede* [Movement of natural liquids and gases in a porous medium] Moscow. OGIz Gostekhizdat. 1947. (In Russian).
26. Zaal R. *Spravochnik po raschetu filtrov* [Handbook for calculating filters] Translation from German Kamkina Yu.V. Moscow. Radio and communication. 1983. 752 p. (In Russian).

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович – генеральный директор РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», член-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь (Республика Беларусь, 220037, г. Минск, ул. Козлова, д. 29, раб. тел.: 8-1037517-285-39-70). E-mail: info@belproduct.com

Ермаков Алексей Игоревич – кандидат технических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет (пр. Независимости, 65, 220013, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tiro@bntu.by

Заболотец Анастасия Александровна – магистр технических наук, старший преподаватель, Белорусский национальный технический университет (пр. Независимости, 65, 220013, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tiro@bntu.by

Information about the authors

Lovkis Zenon Valentinovich – Director General of RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food“, corresponding member National Academy of Sciences of Belarus, dr. tech. sciences, professor, honored scientist of the Republic of Belarus (Republic of Belarus, 220037, Minsk, ul. Kozlova, d. 29, office tel.: 8-1037517-285-39-70). E-mail: info@belproduct.com

Ermakov Alexey I – Ph.D. (engineering), Associate Professor, Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosty avenue, 220013, Minsk, Republic of Belarus) E-mail: tiro@bntu.by .

Zabolotets Anastasiya A. – M.S., Senior Lecturer, Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosty avenue, 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tiro@bntu.by