

## ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (продолжение)

**В.Н. ПАСИЧНИЙ**, кандидат технических наук, доцент  
**П.Н. САБАДАШ**

*Национальный Университет Пищевых Технологий*

### Полисахариды из морских водорослей

Основными технологическими характеристиками, обеспечивающими широкое применение полисахаридов, получаемых из морских водорослей, являются:

- их способность связывать свободную водную фазу (повышать вязкость фабрикатов, что обеспечивает более плотную текстуру продуктов);
- стабилизировать (эмульгировать) многокомпонентные дисперсные системы (эмульсии);
- образовывать гели разной силы (выполнять функции текстурообразующего вяжущего вещества).

В таблице 1 приведены основные направления использования гидроколлоидов, получаемых из морских водорослей, в пищевой промышленности.

*Таблица 1. Использование гидроколлоидов (фикоколлоидов) в пищевых продуктах [2]*

<b>Фикоколлоид</b>	<b>Продукт</b>	<b>Основные свойства фикоколлоидов</b>
АГАР	Наполнитель для пирогов и глазирование	2
	Консервированные продукты; Кондитерские изделия; Десертные гели, студни для заливания мяса и рыбы	3
КАРРАГИНАН	Консервированные продукты	2,3
	Мороженое; Растворимые молочные пуддинги; Кофе с молоком; Сиропы; Шоколадные кремы; Пуддинги; Взбитые кремы; Консервы для животных; Колбасное производство; Производство мясных консерв	2,3
	Десертные гели; Низкокалорийные желе	3
АЛЬГИНАТ	Мороженое; Готовые для приготовления супы; Кетчуп; Майонез; Маргарин; Молочные коктейли; Фруктовые соки; Ликеры	1
	Соусы; Приправы	1,2
	Замороженные продукты; Сиропы; Сухие смеси; Наполнители для кондитерских изделий; Торты-мороженое;	2
	Десерты и десертные гели;	2,3
	Джемы; Пуддинги; Взбитые выпечные изделия; Наполнители для пирогов; Картофельное пюре; Деструктурированные продукты (н-р, крабовые палочки)	3
	Колбасное производство; производство мясных консервов; производство реструктурированных ветчин, вареных и варено-копченых продуктов	1,2,3

### **Примечание**

*Основные используемые свойства фикоколлоидов: 1 – вязкость/уплотнение; 2 – стабилизация / эмульгирование; 3 – образование геля/связывающее вещество.*

Необходимым условием для проявления гелеобразующих свойств полисахаридов является высокое содержание остатков 3,6-ангидрогалактозы и высокая степень регулярности строения. При этом в полисахаридах группы агара наиболее прочные гели дает несulfатированная агароза, а увеличение степени sulfатирования обычно снижает гелеобразующие свойства вплоть до их полного исчезновения. Напротив, для образования гелей в каррагинанах требуется вполне определенное расположение sulfатных групп, но в этом случае гели формируются только в присутствии специфических катионов. Большинство полисахаридов (галактаны) красных водорослей, благодаря своим структурным особенностям не способны к гелеобразованию, однако им можно придать гелеобразующие свойства путем химической модификации или использовать в нативном виде как биологически активные вещества. В соответствии с этим знание первичной структуры конкретного галактана позволяет предложить наиболее рациональные пути его практического использования. [6].

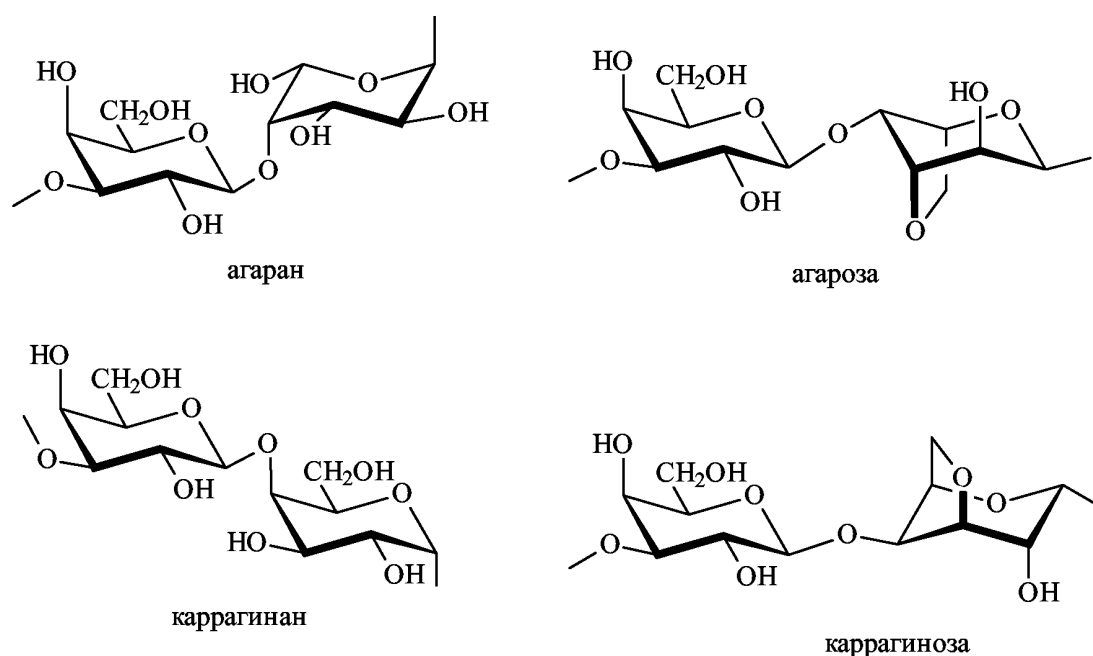


Схема 1. Повторяющиеся дисахаридные звенья четырех базовых структур полисахаридов красных водорослей [6]

Наиболее широкое применение среди галактанов получили агары, каррагинаны и альгинаты.

Агар-Агар (от малайского *агар-агар* – водоросли) – Агар-агар представляет собой смесь двух кислых полисахаридов, содержащихся в клеточных стенках красных водорослей.

Каррагинан – гидроколлоид, состоящий главным образом из сложных калиевых, натриевых, магниевых и кальциевых sulfатных эфиров галактозы, а также из сополимеров 3,6 – ангидро-галактозы.

Альгинаты представляют собой полисахарид, состоящий из остатков D-маннуроновых и L-гулуруновой кислот. Альгинаты были изучены на людях. В результате исследований не было выявлено негативного влияния альгинатов на усвоение кальция из рациона питания.

## Агар

В структуре агара выделяют фракцию агарозы, обладающую наибольшей желирующей способностью, другие фракции относят к агаропектину. 1-1,5 % раствор агара дает плотные гели, затвердевающие при температуре 36-42°C; желирование растворов имеет место при концентрации даже 0,04%.

**Основные преимущества:** образует прочный студень со стекловидным изломом; предотвращает образование кристаллов льда в мороженом; является стабилизатором-эмульгатором; увеличивает взбиваемость продукта; создает плотную структуру готовых изделий.

Агар получают, главным образом, из видов *Gelidium* (из природных зарослей), все возрастающее количество получают из ряда видов *Gracilaria* (большой частью культивируемых), а также *Pterocladia*, *Achanthopeltis* и *Ahnfeltia*.

Основными производителями агара являются Япония и Испания, существенное количество производится в Аргентине, Марокко, Португалии, Ирландии, Франции, а также в России.

Действующие вещества. 70% углеводов, белковые вещества, грубое волокно и вода. Агар-агар получил широкое применение в производстве пищевых продуктов, фармакологии, в качестве субстратов для микробиологических и химических исследований.

### Использование в пищевой промышленности:

Первоначально агар использовался для приготовления желе из фруктов и овощей. В настоящее время он находит широкое применение:

- в кондитерской промышленности при производстве зефира, леденцов, мармелада; желе; пудингов;
- при выпечке хлебо-булочных изделий для предотвращения дегидратации;
- при изготовлении мясных и рыбных студней;
- изделий из овощей и фруктов;
- а также в производстве мороженого, пастилы, зефира, сыра, соков (осветление), молочных желейных десертов, йогуртов [5,7,11,13,14].

Таблица 2. Направление использования агаров [10]

Вид агара	Плотность геля 1,5%-го раствора, г/см <sup>2</sup>	Водоросль	Применение
Агар (полоска)	400 - 500	<i>Gelidium amansii</i>	Пищевая промышленность
Агар (кубики, гранулы)	300 - 400	<i>Gelidium amansii</i>	Пищевая, фармакология, бактериология, агрокультура
Агар (рафинированный порошок)	400 - 1200	<i>Gracillaria gelidium amansii</i>	Пищевая промышленность, фармакология
Агар (рафинированный гель)	50 - 150	<i>Gelidium amansii</i>	Молочная промышленность

Пищевой агар является стабилизатором, улучшающим структуру и консистенцию мороженого, и используется как желатин, образуя крепкие студни в водных растворах, причем желирующая способность агара выше желирующей способности желатина.

Агар связывает часть свободной воды в смесях, увеличивает их вязкость и

взбиваемость, повышает дисперсность воздушных пузырьков. Все это способствует формированию в мороженом более мелких кристаллов льда, лучшему сохранению исходной структуры продукта при хранении, увеличивает сопротивляемость мороженого к таянию. В горячей воде агар-агар образует коллоидный раствор, который при остывании превращается в хороший прочный студень.

Возможные технологические способы применения при производстве мороженого:

1. Агар выдерживают в течение 30 минут в холодной воде для набухания (на 1 часть агара берут 9 частей воды) и нагревают до 90 - 95%. Полученный 10%-й раствор вносят в смесь, температура которой 60 - 65°C, в период нагревания для последующей пастеризации;

2. Можно раствор агара вносить в смесь без предварительного нагревания;

3. Агар можно вносить в пастеризатор периодического действия в сухом виде при температуре смеси 50 - 60° С.

Массовая доля агара в мороженом молочном, сливочном и пломбире - не менее 0,3%; в плодово-ягодном, ароматическом - не менее 0,7% или в комбинации с другими стабилизаторами. [14]

Таблица 3. Композиции и концентрации стабилизаторов, рекомендуемые для мороженого, % массы продукта [14]

Стабилизатор	Вид мороженого			
	Молочное		Сливочное и пломбир	Плодово - ягодное
	в1	в2		
Агар				
Желатин	0,1	0,1	0,1	0,3
Желирующий картофельный крахмал	0,2	-	-	0,2

В фармакологии, как и в пищевой промышленности, используется физическое свойство агара давать гели. Агар используется при приготовлении таблеток и медленно растворимых капсул.

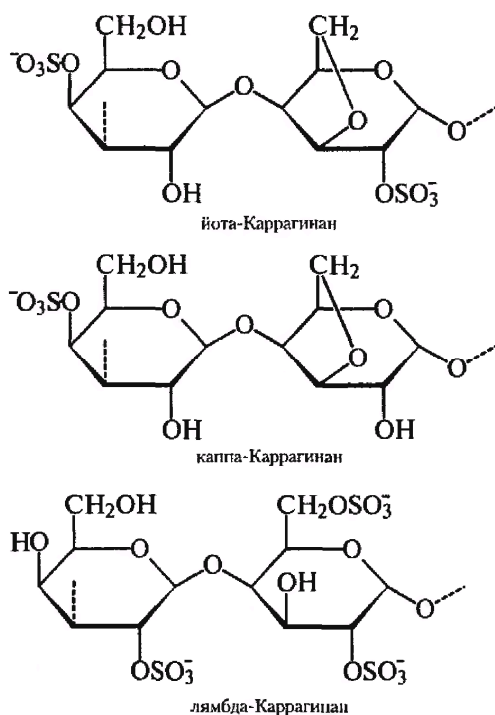
Агар также применяют в парфюмерии (дезодорантовые палочки, кремы от солнца, кремы для кожи, содержащие двуокись цинка или пенициллин).

Агароза является основным материалом в хроматографии и используется для выделения и очистки биологических макромолекул – дорогостоящих препаратов – вакцин, гормонов, энзимов. Агар и агароза применяются при электрофорезе, геном картировании, выделении и изоляции фрагментов ДНК; в бактериологии в качестве универсальной культуральной среды.

Новое направление использования агара – является его применение при меристемном выращивании декоративных растений и овощей, позволяющее оптимизировать водный баланс почв, повысив агрокультуру выращивания.

## Каррагинаны

Каррагинан является линейным полисахаридом, в котором остатки галактозы связаны чередующимися а (1 → 3) и b (1 → 4) связями.



К тому же, звенья галактозы, связанные b (1 → 4) в этой общей структуре, часто выступают как 3,6-ангидро-D- галактоза, и в некоторых или всех звеньях галактозы могут присутствовать группы сульфатного сложного эфира.

Большая молекула каррагинана, состоит приблизительно из 100 остатков галактозы, поэтому имеются огромные возможности его структурных вариаций. На структурные вариации каррагинана влияет биологическая фаза роста водорослей, время их сбора, а также место и глубина произрастания.

Каррагинан получают преимущественно из различных видов *Eucheuma*, культивируемых на Филиппинах и в Индонезии в возрастающих количествах. Традиционными источниками каррагинана остаются виды родов *Chondrus*, *Gigartina* и *Iridaea*, собираемые из естественных

зарослей в Канаде, Ирландии, Чили, Франции. Кроме того используются виды *Nurpea*, *Furcellaria* и *Phyllophora* [ 9, 12 ].

Каррагинан получают также из ирландского мха (хондрус) — *Chondrus crispus* (L.), произрастающего на северо-западном побережье Ирландии и американского штата Массачусетс.

По химическому составу хондрус близок к агару и содержит 55–80% полисахаридов-каррагинанов. Основными являются а-, b- и g-каррагинаны, отличающиеся по количеству 3,6-ангидро-D-галактозы. Кроме того, ирландский мох, или хондрус, содержит около 10% белка, богат солями галогенов (йода, брома, хлора), карбонатом кальция. Особенностью ирландского мха в отличие от агара является высокое содержание серы.

В процессе переработки водорослей получают несколько видов каррагинанов, отличных не только по химическому составу, но и по свойствам, а именно растворимости, устойчивости геля к химическому и физическому воздействиям. В мясopеpаbаtывающей промышленности широко используется k-каррагинан, меньше γ- и еще меньше λ - каррагинан

В зависимости от различий в структуре меняются и свойства каррагинана (таблицы 4).

Каррагинан может взаимодействовать с другими заряженными макромолекулами полисахаридов такими как ксантан, гуаровая камедь, камедь рожкового дерева. Кроме того известна его способность увеличивать вязкость, студнеобразование, стабильность эмульсий и взаимодействовать с животными белками. Такая особенность каррагинанов рассматриваемого ингредиента может быть успешно использована для моделирования свойств конечного продукта. Важно учитывать, что результат взаимодействия каррагинана с мышечными белками в высокой степени зависит от pH системы и от изоэлектрической точки белка.

Каррагинан нашел широкое применение в пищевой промышленности и при производстве молочных (шоколадное молоко, щербеты, сырные пасты, взбитые сливки и т.д.), мясных (мясо в желе, консервы и т.д.) и рыбных продуктов,

приправ, безалкогольных напитков, хлебобулочных (хлебное тесто, пончики, фруктовые кексы, сахарные глазури, меренги) и кондитерских изделий.

Таблица 4 [12]

Среда	Характеристика		
	Каппа	Иота	Лямбда
<b>Растворимость:</b>			
Горячая вода t=60°C	Растворим при t>60°C	Растворим при t>60°C	Растворим
Холодная вода t=18°C	Натриевая соль растворима. Калиевая и кальциевая соль нерастворимы.	Натриевая соль растворима. Кальциевая соль создает тиксотропные дисперсии.	Растворим
Горячее молоко t=60°C	Растворим	Растворим	Растворим
Холодное молоко t=18°C	Натриевая соль набухает. Калиевая и кальциевая соли нерастворимы.	Нерастворим	Растворим
Концентрированные сахарные растворы	Растворим при t = 60° С	Трудно растворим.	Растворим при t = 60° С
Концентрированные соляные растворы	Нерастворим	Растворим при t = 60°С	Растворим при t = 60° С
<b>Стабильность:</b>			
pH ≥ 7	Стабилен	Стабилен	Стабилен
pH < 7	Гидролизует в растворе при подогреве. Стабилен в желированной форме.	Гидролизует в растворе без подогрева. Стабилен в желированной форме.	Гидролизует в растворе без подогрева.
<b>Гелеобразование:</b>			
Эффект катионов	Образует студень наиболее сильно с ионами K <sup>+</sup>	Образует студень наиболее сильно с ионами Ca <sup>2+</sup>	Не образует студень
Тип студня	Сильный и хрупкий с синерезисом.	Упругий и эластичный без синерезиса.	Не образует студень
Синергетический эффект с мукой из семян рожкового дерева	Высокий	Высокий	Отсутствует
Устойчивость к замораживанию - оттаиванию	Отсутствует	Устойчив	Отсутствует

### **Использование в пищевой промышленности:**

#### **Студнеобразование**

Каррагинан - это желирующая добавка с термореверсивными свойствами. Желирование происходит только в присутствии ионов калия (каппа и йота каррагинаны) или ионов кальция (йота каррагинан).

При наличии ионов калия и охлаждении системы ниже температуры желирования каррагинана, желирование начинается мгновенно.

Несмотря на тот факт, что каррагинан является более слабой желирующей добавкой, чем агар, он находит обширное применение как желирующий и стабилизирующий агент водной фазы в пищевых продуктах. Это происходит главным образом благодаря текстурирующей способности каррагинана и его способности к синергизму с животными белками и полисахаридами. Каррагинан представляет собой не единственно возможный полимерный тип, а целую группу желирующих и нежелирующих сульфатных галактанов.

Йота каррагинан проявляет уникальное свойство тиксотропности и стабильности при заморозке (таянии).

Для стабилизации пищевых суспензий и эмульсий используются низкие

концентрации каррагинана. Если концентрация каррагинана достаточно низка, структура геля будет незаметна при налипании и употреблении суспензии или использовании в составе рассолов для шприцевания мяса.

Если гелеобразующая активность каррагинана с молоком не требуется (например, в салатной заправке или соевых напитках), то чаще используется йота каррагинана, т.к. он образует тиксотропные водные гели.

Тиксотропная природа геля йота каррагинана весьма важна, когда готовые к употреблению водные гели разливаются при температуре, ниже температуры желирования. Холодный разлив делает возможным производство десертных студней, покрытых взбитыми сливками, или многослойных десертов, и только гель йота каррагинана способен восстанавливаться после механического разрушения [15].

Студнеобразование, загущение, способность к образованию пленки и скорость диффузии каррагинановых гелей делают каррагинан пригодным для использования во многих пищевых и непищевых продуктах.

Способность к эффективному водосвязыванию и образованию слабых водных гелей, очень стабильных к ферментативному разложению, делают каррагинан уникальным загустителем зубной пасты.

Пленкообразующая способность используется в составе кондиционеров в шампунях, а также в оболочках таблеток, производстве фотографических пленок для повышения точки плавления желатинового студня, а также в качестве желирующих добавок для бактериологических сред. [15]

Кроме стабилизирующего свойства, каррагинан можно использовать для повышения вязкости и улучшения органолептики жидких пищевых продуктов.

В молочных продуктах, желированных или вязких, каррагинану, как правило, отдается предпочтение из-за его функциональных свойств и высокой экономичности.

Наиболее экономичной желирующей добавкой в производстве желированных молочных десертов является каппа каррагинан, который образует синергический эффект с казеином молока.

При изготовлении готовых к употреблению десертов каппа каррагинан имеет недостаточное водосвязывание в течение срока хранения (несколько недель), поэтому каппа типы иногда используются в сочетании с йота типами или НЭ-пектинами.

Низкая концентрация (0.01 - 0.02%) каппа каррагинана образует слабый гель в смеси для мороженого, предотвращая сепарацию.

Если в производстве готовых к употреблению молочных десертов применяется холодный розлив (10° С) то используется только йота каррагинаны, обладающие способностью восстанавливаться после механического разрушения.

Стабилизация какао-частиц и жировой суспензии в шоколадном молоке достигается при дозировке каппа каррагинана 0.02 - 0.03%. Контроль вязкости и стабильности пены обеспечивается добавлением лямбда каррагинана. [15]

### **Альгинаты.**

Альгинат был открыт английским химиком Е.С. Станфордом (Т.С.Stanford) в 1981 году, как побочный продукт при получении йода из морских водорослей.

По данным экспертов ФАО/ВОЗ, допустимая суточная доза потребления альгинатов составляет до 50 мг на 1 кг веса тела человека, а это существенно выше той дозы, которая может поступить в организм с пищевыми продуктами.

Альгинаты можно получать из более, чем 300 видов бурых водорослей в которых он является структурным элементом клеточных стенок. Содержание альгината может достигать до 40% от сухого веса водорослей. *Основными источниками* альгинатов являются крупные бурые водоросли — представители

ламинариевых и фукусовых. Альгинаты производятся, главным образом, и *Laminaria hyperborea*, *Macrocystis pyrifera* и *Ascophyllum nodosum*; в меньшей степени из *L. digitata*, *L. japonica*, *Ecklonia maxima*, *Lessonia nigrescens* и видов *Sargassum*.

Таблица 5. Содержание альгиновой кислоты в морских водорослях Ирландии (% от сухого веса) [9]

Вид	Min—max
<i>Alaria esculenta</i>	26,5—35,7
пластина	27,1—30,0
спорофиллы	18,1—23,0
<i>Ascophyllum nodosum</i>	20,7—26,0
<i>Chordaria flagelliformis</i>	12,0—15,1
<i>Desmarestia aculeata</i>	16,5—20,2
<i>Dictyosiphon</i> spp.	11,5—19,0
<i>Fucus distichus</i>	21,6—28,5
<i>Fucus spiralis</i>	21,0—24,5
<i>Fucus vesiculosus</i>	22,1—26,0
<i>Laminaria digitata</i>	26,0—35,1
широколистная форма	21,6
<i>Laminaria saccharina</i>	21,5—27,0
широколистная форма	16,0
<i>Saccorhiza dermatodea</i>	23,6—26,2

Основными производителями альгинатов являются США, Норвегия, Франция, Великобритания и Япония, и небольшое производство имеется в Чили, Китае, России, Индии и других странах. Мировое производство альгинатов составляет более 30000 т в год. Стоимость альгинатов зависит от их свойств и составляет около 5—20\$ за кг.

Большинство водорослей, используемых промышленностью, такие как *Laminaria digitata*, *L. japonica*, *Macrocystis pyrifera* и другие богаты маннуронозойной кислотой и дают альгинаты с высокой вязкостью и средней силой геля.

Альгинаты с высоким содержанием гулурунозойной кислоты получают из *Laminaria hyperborea*, главным образом из стволиков. Такого типа альгинаты дают плотные гели. Очень немногие виды бурых водорослей характеризуются высоким содержанием гулурунозойной кислоты и в мировом масштабе их запасы ограничены.

Применение альгинатов основывается на том, что альгинаты придают структуру (гели, волокна) и вязкость жидким растворам, а также стабилизируют эмульсии и дисперсанты.

Основным свойством альгинатов является способность образовывать особо прочные коллоидные растворы, отличающиеся термо- и кислотоустойчивостью. Растворы альгинатов безвкусны, почти без цвета и запаха. Они не коагулируют при нагревании и сохраняют свои свойства при охлаждении, при замораживании и последующей дефростации. Поэтому наиболее широко (около 30-40% производства) альгинаты применяются в пищевой промышленности в качестве студнеобразующих, желеобразующих, эмульгирующих, стабилизирующих и влагоудерживающих компонентов. В косметической и фармакологической промышленности применяется около 15% объема производства альгинатов.

Альгинаты находят огромное число применений – от мороженого, крема для обуви, полиграфии, в составе различных клеев.

Добавление 0,1–0,2% альгината натрия в соусы, майонезы, кремы улучшает их взбиваемость, однородность, устойчивость при хранении и предохраняет эти продукты от расслаивания. Введение 0,1–0,15% альгината натрия в варенье и джемы предохраняет их от засахаривания. Альгинаты вводятся в состав мармеладов, желе, разнообразных заливных блюд. Их добавление в состав различных напитков предупреждает выпадение осадка. Альгинат натрия может



использоваться также в качестве замутнителя при производстве безалкогольных напитков. Сухой порошкообразный альгинат натрия используют для ускорения растворения сухих порошкообразных и брикетированных пищевых продуктов (растворимые кофе и чай, порошкообразное молоко, кисели и т. д.). Альгинаты применяются для приготовления формованных продуктов — аналогов рыбного филе, фруктов и т. д., широко используются для приготовления гранулированных капсул, содержащих текучие пищевые продукты. Водные растворы солей альгиновой кислоты используют для замораживания филе мяса, рыбы и морских беспозвоночных животных.

За последние десятилетия особенно выросло потребление альгината для приготовления сливочного мороженого, которому он придает нежную консистенцию и значительно увеличивает стабильность при хранении, а также композиций гидроколлоидов для мясной и рыбной перерабатывающей промышленности.

Кроме пищевой промышленности альгинаты широко применяются в медицине, текстильной, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей и других отраслях промышленности. В фармацевтической промышленности альгиновую кислоту и ее соли применяют в качестве склеивающего и разрыхляющего вещества при производстве таблеток, драже, пилюль. Благодаря способности альгинатов поглощать 200–300-кратное количество воды с образованием лишенных вкуса, цвета и запаха вязких стабильных гелей, их применяют в качестве компонентных основ для различных мазей и паст. Альгиновые гели используют также как носители антибиотиков и других лекарственных препаратов.

Одним из наиболее ценных и перспективных свойств растворимых альгинатов является их способность задерживать всасывание радиоактивного стронция в кишечнике человека, предотвращая таким образом накопление этого радионуклеида в организме. Они препятствуют также накоплению солей тяжелых металлов. На основе альгината создан перевязочный материал — альгипор, который наряду с влагопоглощающими и ранозаживляющими свойствами оказывает четко выраженное антисептическое воздействие. В связи с этим альгипор может применяться при лечении открытых обширных раневых поверхностей, возникающих при ожогах и лучевых поражениях.

В настоящее время широкое распространение получили некоторые зарубежные и отечественные препараты из водорослей, которые используются в рецептурах продуктов диетического и детского питания [16]. Они обладают иммуностимулирующими и гепатопротекторными свойствами, снижают уровень холестерина и липидов в крови, способны стимулировать кроветворение, имеют энтеросорбирующий и онкопрофилактический эффект.

В текстильной промышленности они используются для загущения красок, а также как заменители крахмала при шлихтовании пряжи. К перспективным направлениям использования альгинатов относится их применение при производстве особо прочных и эластичных искусственных волокон и влагонепроницаемых тканей.

В целлюлозно-бумажной промышленности альгинаты используются для поверхностной обработки картона и специальных сортов бумаги для перфолент, а также бумаги с пленочным покрытием. Альгинаты также используются в производстве ламинированных декоративных пленок для покрытия древесно-стружечных плит [4,8,9,11].

***(продолжение следует)***

## **Список литературы**

1. Химия углеводов, Кочетков Н.К., Бочков А.Ф. - М.: Издательство «Химия». – 1967, с. 477-624;
2. Прогресс химии углеводов, М., 1985;
3. Нечаев А.П., Кочетков А.А. и др. Пищевые добавки. – М.: МГУПП, 1997. – 63 с.
4. Пищевые добавки: Энциклопедия. Сарафанова Л. А. СПб.: ГИОРД, 2003. - 688 с.
5. Пищевые и биологически активные добавки: Учеб. д студ. высш. учеб. завед. / В. Н. Голубев, Л. В. Чичева-Филатова Т. В.Шленская. — М.: Издательский центр «Академия» 2003. - 208 с.
6. Проблемы и достижения в структурном анализе сульфатированных полисахаридов красных водорослей. // Химия растительного сырья. 2001. №2. С. 7-20.
7. Стабилизирующие системы на основе гидроколлоидов. Макрос. Статья: Мясной Бизнес №8, 2002, с. 30-31
8. К.т.н. Л.А. Текутьева, Н.В. Поцелуева, Торговы Дом «Арника», г. Владивосток // Высокоочищенные каррагинаны – скрытый резерв экономической эффективности
9. <http://2004.murman.ru/nature/algae/info/use/index.shtml#table1>
10. <http://www.tharnika.ru/spice/texturants/?idp=rus&id=agar>
11. [http://www.alganika.ru/artickle\\_agar.htm](http://www.alganika.ru/artickle_agar.htm)
12. <http://www.belstar-spb.ru/karraginan.htm>
13. <http://2004.murman.ru/nature/algae/info/use/4.shtml>
14. <http://dinas-msk.ru/page347535>
15. <http://www.bt.anitex.by/carraginan.html>
16. ТУУ 15.2-02070938-058:2005 Напівфабрикати рибні січені для шкільного харчування