Сгущающие агенты. Крахмалы.

(9 апреля 2016)

7.3. Крахмалы



7.3.1. Строение крахмала и его разновидности.

Как и камеди, крахмалы – это полисахариды. Это означает, что они являются большими. Их образует множество сахаров, связанных связями. В случае крахмала, сахаром является глюкоза.

Не все молекулы крахмала похожи между собой. Глюкозные единицы могут соединяться двумя способами:

- в виде длинной прямой цепочки
- или короткой, но очень разветвленной.

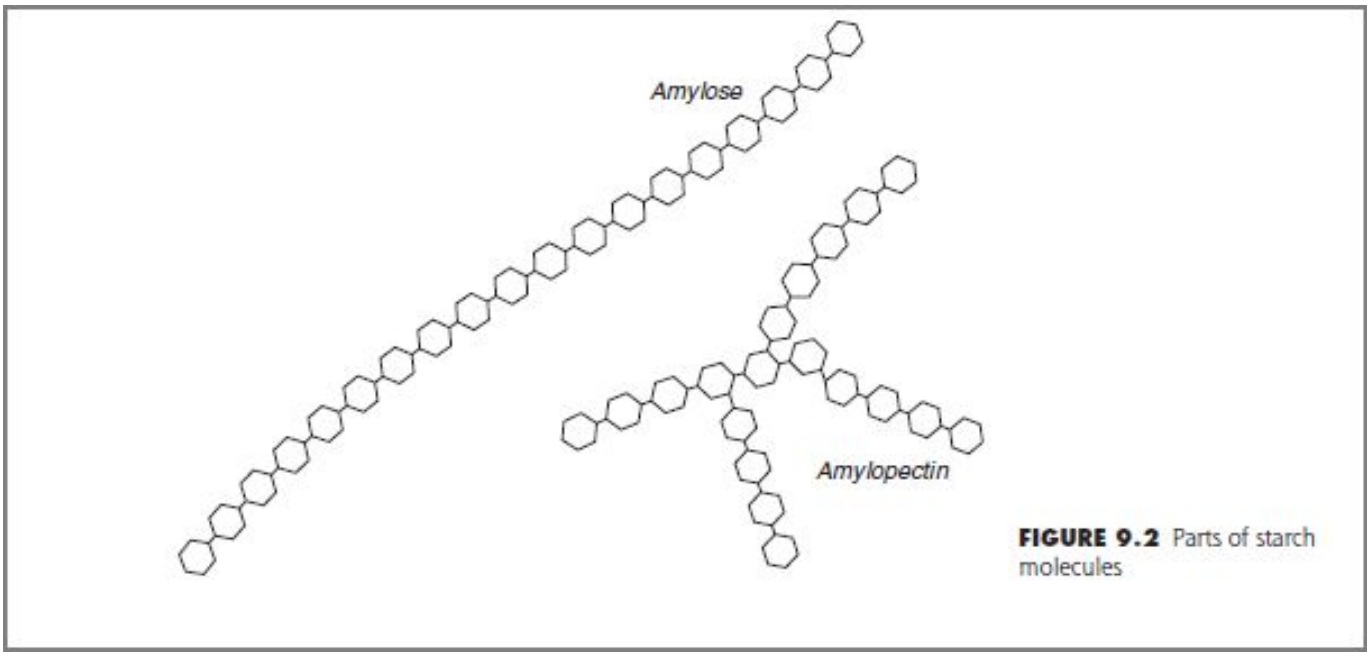


FIGURE 9.2 Parts of starch molecules

Длинные цепочки глюкозы называются амилозой, а разветвленные – амилопектином. Хотя амилоза является линейной, но она закручивается в спираль, тогда как амилопектин с его многочисленными ветвями выглядит как коралловый риф. Крахмальные гранулы могут содержать только амилозу или амилопектин, а также их смесь. Крахмальные гранулы маленькие, похожие на песок, частички, которые находятся в эндосперме злаковых, таких как пшеница и зерна кукурузы. Крахмальные гранулы также найдены в клубнях и корнях определенных растений, включая картофель, юку (касава или маниок) и амаранту. Крахмальные гранулы различаются по размеру и форме, в зависимости от крахмала. Например, картофельные крахмальные гранулы относительно большие и овальные по форме, тогда как гранулы крахмала кукурузы намного меньше и более граненые.

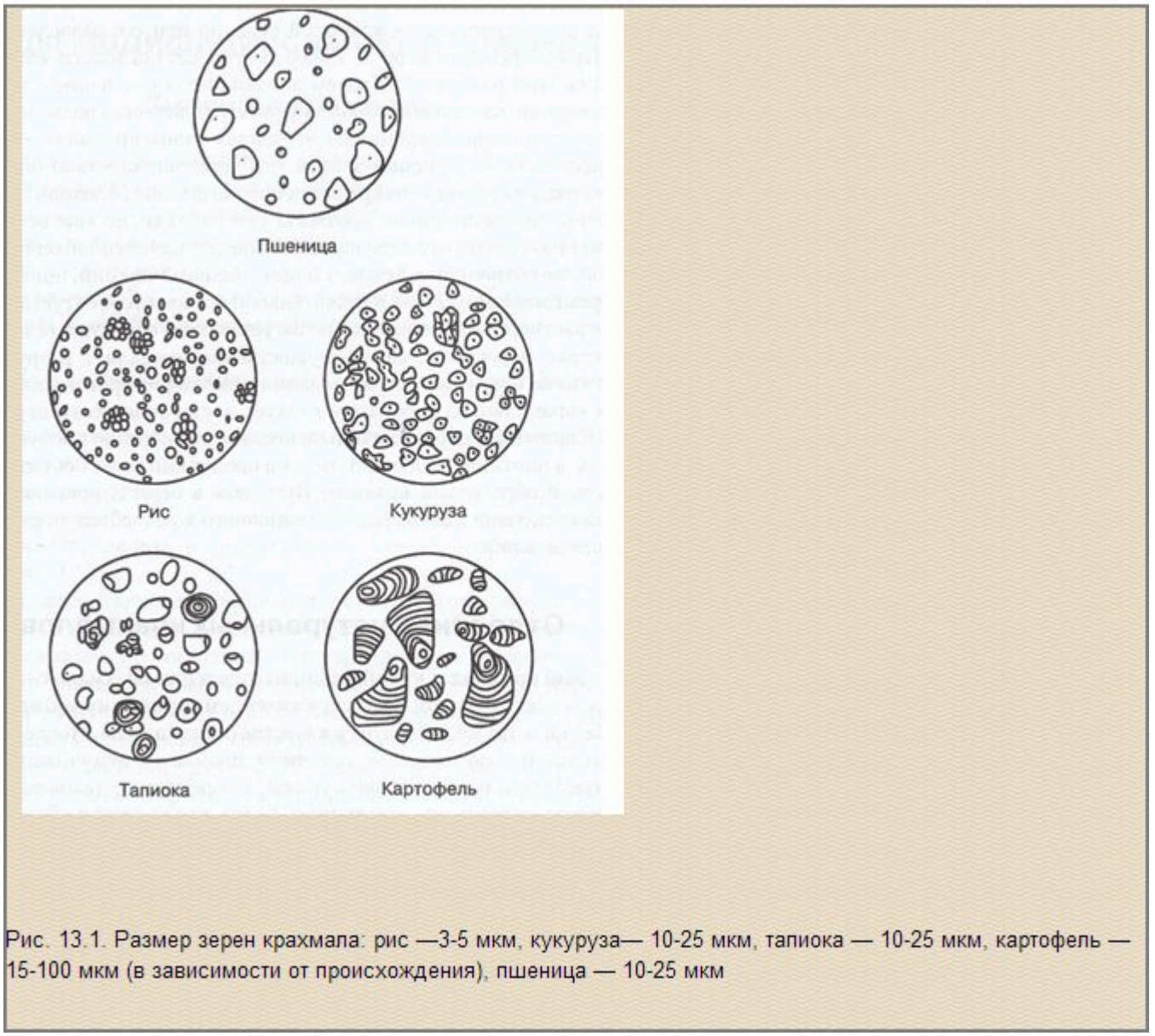


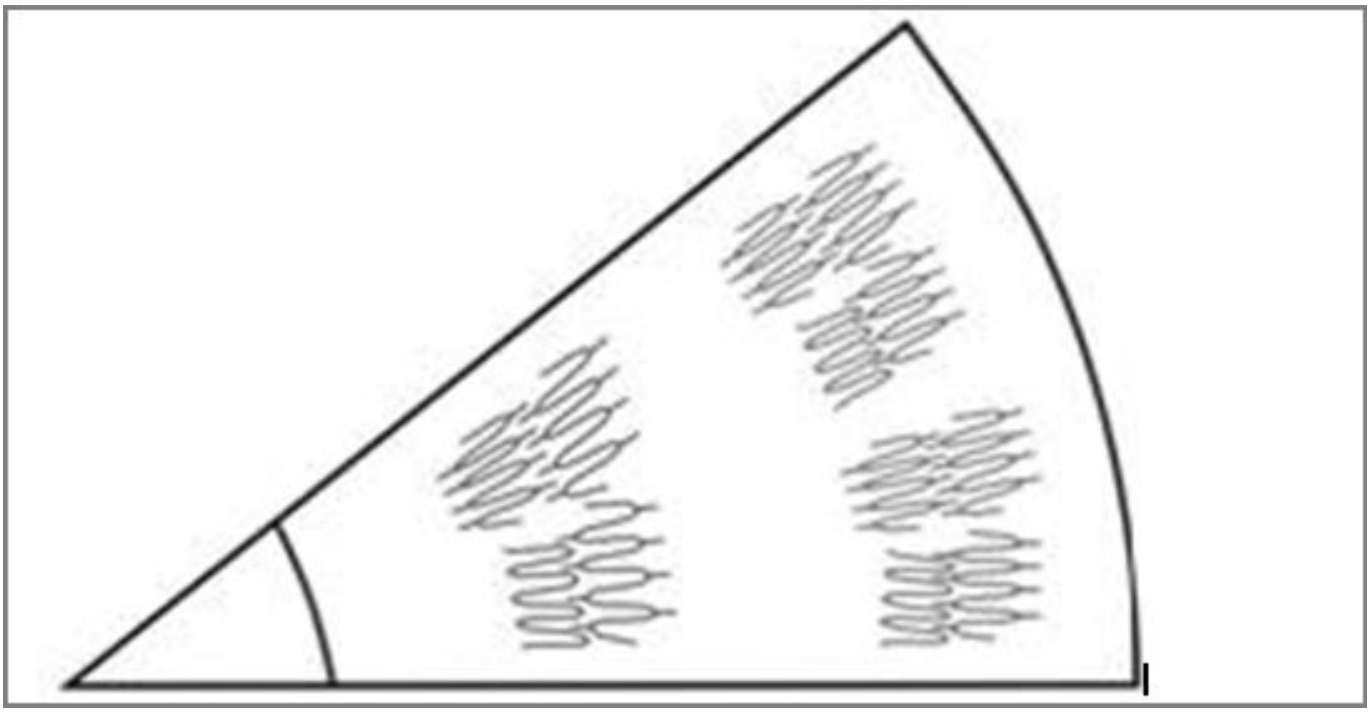
Рис. 13.1. Размер зерен крахмала: рис —3-5 мкм, кукуруза— 10-25 мкм, тапиока — 10-25 мкм, картофель — 15-100 мкм (в зависимости от происхождения), пшеница — 10-25 мкм

Крахмальные гранулы также объединяются в кольца крахмальных молекул. Крахмальные гранулы имеют хорошо организованную форму и структуру. В центральной части гранул (зерен) имеется ядро (зародыш, тока роста), вокруг которого находятся ряды концентрических слоев «колец роста» толщиной около 0.1 мкм.

Молекулы полисахаридов в зерне расположены складчато-радиально, т.е. сами цепи полисахаридов находятся в складчатой форме. При этом амилоза концентрируется ближе к центрально части зерна.

В наружном слое крахмального зерна полисахариды образуют подобие прочной оболочки, не обладающей свойствами полупроницаемости, но способной

расширяться и растягиваться.
Все крахмальное зерно пронизано микропорами. На этом основано использование крахмала в качестве адсорбента.



Таким образом, крахмалы различаются:
-по соотношению содержания линейных и разветвленных полисахаридов – амилозы и амилопектина;
-по размеру гранул крахмала;
-по форме гранул крахмала;
-по однородности распределения гранул по размерам.

Разные виды крахмала – кукурузный, картофельный, амарантовый или тапиока – имеют свои уникальные свойства, которые их и отличают друг от друга.

Сравнение крахмалов, содержащих большое количество амилозы и амилопектина

Большое содержание амилозы	*Большое содержание амилопектина*
-при остывании мутный; -образует прочный, густой гель при остывании;	-довольно прозрачный раствор; -застывает, но не образует гель;

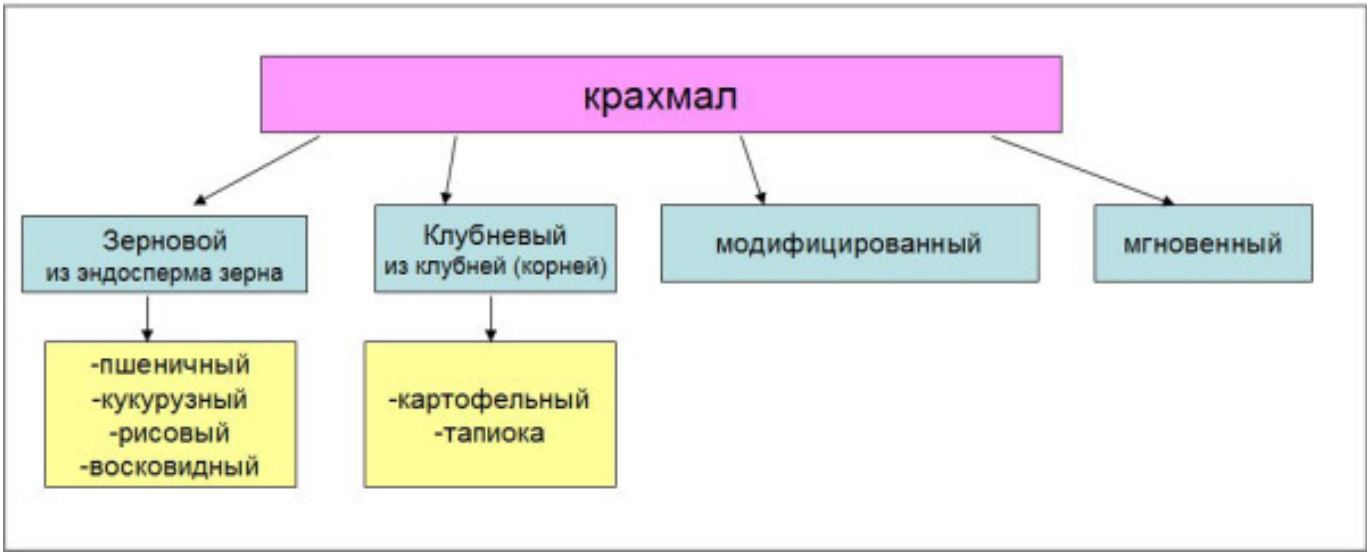
-гель становится гуще и выделяет влагу со временем; -не стабилен при размораживании, становится плотнее и покрывается конденсатом; -более плотный в холодном виде, чем в горячем состоянии; -придает вкус	-меньше выделяет влагу со временем; - меньше выделяет влагу при размораживании; -одинаковый по густоте в холодном и горячем виде; -не образует вкуса

Кукурузный крахмал является примером крахмала с высоким содержанием амилозы, а крахмал восковой кукурузы- крахмала с высоким содержанием амилопектина (восковидный крахмал).
Крахмалы из корней, которые считаются крахмалами, содержащими среднее количество амилопектина, обладают свойствами между двумя этими крахмалами.
Полисахаридам в крахмальных зернах сопутствуют фосфорная, кремниевая и жирные кислоты. Фосфорная кислота связана с обоими полисахаридами, при этом в картофельном крахмале ее больше в амилопектине, в пшеничном – в амилозе.
Соотношение между самими полисахаридами в различных продуктах таково:

Виды крахмала:	*Содержание амилозы:*
кукурузный	около 20%
пшеничный	около 20%
рисовый	около 20%
картофельный	30%
Амиломаисный крахмал	80%

Восковидный крахмал почти полностью состоит из амилопектина.

Существует 4 группы крахмалов. На самом деле, все крахмалы получают сначала либо из зерна, либо из клубней, а потом уже путем изменения (модифицирования) получают другие виды.



-Зерновые крахмалы

Зерновые крахмалы получают из эндосперма зерна.

К ним относятся: *кукурузный, рисовый, пшеничный и восковидный крахмал.*

Для получения кукурузного крахмала сырье замачивают в слегка теплой воде с добавлением сернистого ангидрида, который разрушает белки, а также действует в качестве отбеливателя. После этого измельчают во влажном состоянии, промывают и отделяют на центрифуге, потом сушат. Современные технологии позволяют минимизировать содержание остаточного белка, что является обязательным, если крахмал предназначен для производства глюкозного сиропа и способствует варке состава, используемого для производства кондитерских изделий.

Пшеничный крахмал выделяют путем перемешивания сырья в проточной воде – крахмал вымывается в виде кашицы, а затем осаждается. Существует способ разрушения клейковины путем ферментирования мучной суспензии.

-Клубневые крахмалы

Получают из корней или клубневых растений. Клубневые крахмалы отличаются от зерновых, главным образом, тем, что содержат больше амилопектина. Они образуют более мягкий гель и не обладают зерновым вкусом.

Примерами являются картофельный крахмал и тапиока. Тапиока выделяется из корней юки, которая также называется маниока или кассава. Тапиока продается в виде порошка, а также в виде гранул.
При выделении крахмала из клубней их необходимо хорошо очистить и превратить в жидкое пюре, которое затем процеживают для удаления клетчатки. Находящийся во взвешенном состоянии крахмал, пройдя через сито, многократно промывают и отделяют на центрифуге.

-Модифицированные крахмалы - это крахмалы, которые претерпевают химические изменения для получения определенных свойств.
Вещество под названием «модифицированный крахмал» не имеет никакого отношения к генетически модифицированным продуктам. Это обычный крахмал с добавками, необходимыми для определенных целей. Например, крахмал с желатином образует желе. А от генетически модифицированного крахмала не может быть в принципе. И вот почему. Предположим, что крахмал, который входит в состав купленного нами десерта, получили из кукурузы. Представим также, что эта кукуруза генетически модифицированная. Тогда полученные от нее зерно, мука, крупа и силос тоже будут генетически модифицированными, поскольку содержат ДНК данной кукурузы. Крахмал же не содержит ДНК, в нем нет клеток или частей все той же кукурузы, нет генов. Глюкозу синтезируют все растения, ее вкус и состав не меняются. Как в химии, формула вещества не меняется от способа получения. И ядовитый золотарник, и сладкий виноград вырабатывают одну и ту же глюкозу. Чтобы ее удобнее было хранить, организм и создает полимер – крахмал. Растения обычно запасают его в клубнях, корнях, снабжают им семена. Человек может синтезировать крахмал из глюкозы, но гораздо выгоднее получать его из культур, богатых крахмалом: картофеля, кукурузы, пшеницы, риса.

Виды модифицированного крахмала

Кипящие крахмалы	Кипящий крахмал – кукурузный крахмал, размягченный путем обработки разбавленным раствором кислоты. В 0.5% растворе серной или соляной кислоты при 52С разводят взвесь жидкой крахмальной кашицы и выдерживают в течение

	12ч. Такие кипящие крахмалы классифицируют по текучести – чем ниже pH и чем больше время обработки, тем крахмал получается более жидки. Обработанные кислотой крахмалы нейтрализуют, отделяют фильтрованием и высушивают. В начале, при смешивании с водой и нагревании, кипящие крахмалы не набухают и не загустевают; они особенно подходят для производства рахат-лукума и жевательных конфет.
Окисленные крахмалы	Технология производства этого вида крахмалов сходна с процессом приготовления кипящего крахмала, но при этом вместо кислоты используют гипохлорит натрия, что оказывает определенное влияние на молекулярную структуру крахмала, обеспечивая большую сопротивляемость клейстеризации. Из такого крахмала получают прозрачные мягкие пасты.
Сшитые крахмалы	Реакция сшивания необходима для обеспечения устойчивости крахмала при кипячении в составе с низким pH или в случаях, когда продукт предстоит нагревать под давлением. Реакция сшивания вызывается с помощью обработки крахмальной суспензии такими реагентами, как хлорокись фосфора или уксусный ангидрид, в результате чего между отдельными молекулами крахмала образуются связи. Таким образом усиливаются водородные связи и гранулы становятся более устойчивыми к расщеплению. Благодаря сшиванию крахмальный гель меньше повреждается механическими воздействиями. Натуральный крахмал, разбухший при нагревании, во время перемешивания легко разбивается на мелкие частицы, в результате чего утрачивается вязкость, что вызывает определенные сложности, когда крахмал

	используется в качестве загустителя для начинок и паст. Заданным образом проведенная реакция сшивания позволяет составу сохранять вязкость, что особенно полезно при приготовлении салатных заправок. В кондитерском деле такой крахмал может использоваться для производства шоколадных паст, ликерных корпусов шоколадного ассорти, а также для некоторых ликеров, когда требуется вязкость и неизменяемая текучесть. Сшивание крахмала не оказывает на амилозу в его составе влияния, предотвращающего последующее желирование. В этих случаях реакция сшивания проводится с крахмалами, не содержащими амилозы. При использовании в составе замороживаемых продуктов коллоидные растворы из сшитого крахмала зачастую утрачивают прозрачность и в некоторой степени обезвоживаются. Во избежание этого проводят реакцию, в результате которой часть гидроксильных групп молекулы крахмала заменяется на ацетил- или фосфатные группы, которые предотвращают линейное строение цепочек и придают составу большую стабильность при замораживании и размораживании.

- *Мгновенные крахмалы (предварительно желированные)*

При производстве такого крахмала крахмальное молочко обрабатывается на нагретых вальцах, выполняющих как тепловую обработку, так и сушку.
Мгновенные крахмалы не нуждаются в нагревании для желирования, большинство не повреждаются, если их нагреть. Они идеально подходят для продуктов, которые нельзя нагревать. Например яркий зеленый цвет и деликатный вкус кули и киви не повреждаются, когда используют для загущения мгновенный крахмал.
Эти крахмалы легко использовать. Поэтому они идеальны для загущения соуса в последнюю минуту, например, для ресторанных десертов.

Этот крахмал более дорогой, чем обычный и им нельзя заменить обычный крахмал, так как он обладает своими специфическими свойствами.
Эти крахмалы быстро впитывают влагу и становятся пастообразными. Они широко применяются в производстве различных видов пищевых продуктов быстрого приготовления.

7.3.2. Процесс клейстеризации крахмала

Так как молекулы крахмала плотно упакованы определенным образом в крахмальных гранулах, то, когда гранулы помещаются в холодную моду, молекулы крахмала внутри гранулы притягивают воду и набухают. Если воду нагреть, то крахмальные гранулы подвергаются необратимому процессу клейстеризации.
Клейстеризация – разрушение кристаллической структуры крахмальных гранул и набухание этих гранул, вызываемое притоком воды внутрь гранулы. Большие гранулы обычно клейстеризуются первыми, маленькие гранулы для полной абсорбции воды и набухания требуют времени.

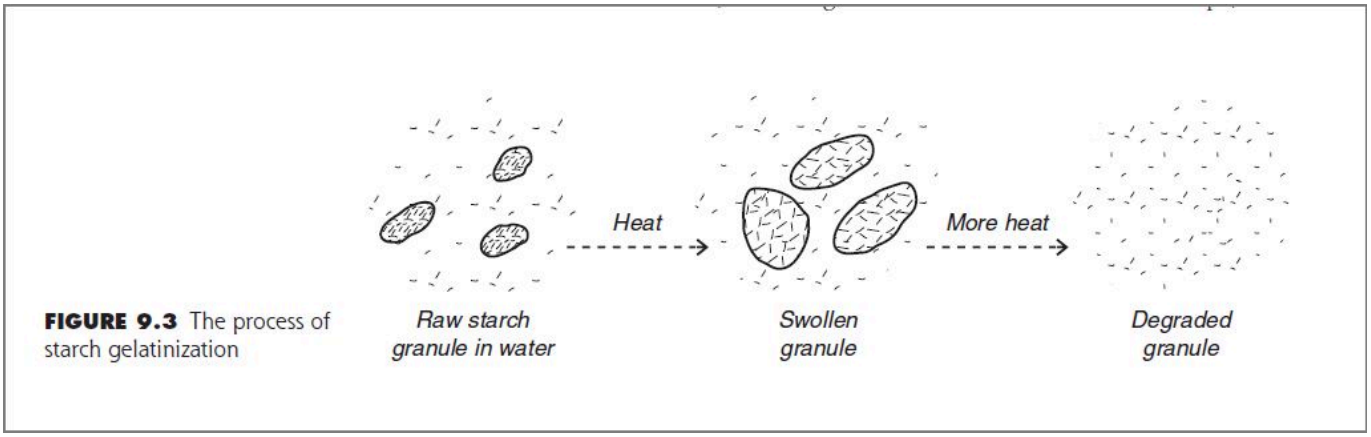


FIGURE 9.3 The process of starch gelatinization

Различают 4 стадии клейстеризации:

1. Набухание	Первая стадия происходит при температуре 35-40С. Набухание характеризуется образованием мельчайших углублений и трещин. Вода, поступающая внутрь зерен, растворяет некоторое количество полисахаридов. Часть из них (амилоза) переходят из зерен. Температура, при которой это наблюдается называют *температурой клейстеризации.*

2. Разбухание крахмальных зерен	Происходит при температуре 45-65С и характеризуется превращением крахмальных зерен в студенистые пузырьки. Суспензия превращается в *клейстер* – дисперсию, состоящую из набухших крахмальных зерен и растворенных в воде полисахаридов (амилоза). Значительно возрастает вязкость системы.
3. Разбухание крахмальных пузырьков	Происходит при температуре 60-80С и характеризуется распадом больших пузырьков на мелкие. Слоистое строение исчезает. Объем резко увеличивается до 1000%, что является следствием разрыва связей между макромолекулами полисахаридов и их гидратации. Часть полисахаридов растворяется и остается в подсети крахмального зерна, а часть (гл. образом, амилоза) – диффундирует в окружающую среду. Вязкость клейстера значительно возрастает.
4. Распад крахмальных пузырьков	Начинается при температуре 80-100С, характеризуется диспергированием (разрушением) крахмального вещества до коллоидного состояния. Процесс идет тем интенсивнее, чем выше температура и длительнее нагрев. Считается, что вязкость клейстеров при нагревании объясняется не набуханием зерен крахмала, а свойствами извлекаемой из них водорастворимой фракции, образующей в растворе трехмерную сетку и удерживающую больше влаги, чем набухшие крахмальные зерна.

Свойства нативных крахмалов:

Крахмал	**Диаметр (микроны)**	**Температура клейстеризации**	**Содержание амилозы (%)**
Кукурузный	5-26	62-72	22-28
Восковидный	5-26	63-72	<1
Тапиоковый	5-25	72-73	17-22
Картофельный	15-100	59-68	23
Сорго	6-30	68-78	23-28
Пшеничный	2-35	58-64	17-27
Рисовый	3-8	68-78	16-17
Высокоамилозная кукуруза	3-24	63-92	50-90

Консистенция готового кулинарного изделия из крахмал-содержащего сырья зависит от соотношения крахмал:вода. Крахмал в виде клейстера находится в таких кулинарных изделиях как кисели жидкие, соусы, супы-пюре, концентрация крахмала в которых составляет 2-5%.

Во всех других кулинарных изделиях крахмал и вода находятся в соотношении от 1:2 до 1:5, поэтому крахмал образует гелеподобные или студнеобразные системы значительной вязкости. Это наблюдается при варке картофеля, круп, бобовых и макаронных изделий. Объясняется это тем, что крахмальные зерна набухают внутри клетки, поглощая сравнительно небольшое количество воды по отношению к своей массе. Так в картофеле 3-4х кратное количество воды, поэтому набухать неограниченно крахмальные зерна не могут. Внутри клетки крахмальные зерна тесто соприкасаются друг с другом, накладываются друг на друга, а полисахариды, извлеченные из зерна водой, скрепляют систему и она приобретает определенную прочность. При охлаждении прочность системы возрастает.

В изделиях из теста крахмал еще менее свободен, соотношение крахмал:вода составляет 1:0.7 или 1:0.8. Недостаточное количество влаги позволяет крахмальным зернам при повышении температуры сохранять свою форму и структуру, т.е. речь идет об ограниченном набухании крахмальных полисахаридов.

Многие факторы влияют на клейстеризацию крахмала. Чем выше температура, тем дольше требуется крахмалу клейстеризоваться и больше вероятность не доварить крахмал. Чем ниже температура клейстеризации, тем меньше требуется крахмалу времени клейстеризоваться и больше вероятность переварить крахмал.

На температуру клейстеризации влияют следующие факторы:

- тип крахмала

Каждый тип крахмала имеет свой оптимум нагревания, при котором происходит нужная клейстеризация. Нужно учитывать модифицированный ли это крахмал или обычный. Когда приготовление занимает много времени, клубневые крахмалы становятся очень сильными по текстуре. Соус в этом случае нужно переделать, либо же надо использовать модифицированный крахмал.

- количество смягчителей, сахара и жиров

Сахар и жиры замедляют скорость абсорбирования воды крахмальными гранулами. Чем медленнее они впитывают воду, тем больше времени потребуется для клейстеризации. Фактически, если сахара содержится достаточное количество, что он предотвращает клейстеризацию (желирование) крахмала, и таким образом придает мягкость выпечке.

-количество кислоты

Кислота гидролизует большие молекулы крахмала в маленькие, уменьшая их способность загущать. Кислота также разрушает крахмальные гранулы, поэтому они клейтеризуются быстро и легко. Т.е., если есть достаточное количество кислоты, то клестеризацию будет происходить так быстро, что крахмальная смесь вообще не загустеет.

Ретроградация – это типичная форма перехода растворенных крахмальных полисахаридов в нерастворимую форму в результате их агрегации при охлаждении и хранении продукции.

В кулинарных изделиях ретроградация вызывает ухудшение их качества. Крахмальный гель теряет эластичность, становится более плотным, жестким; происходит отделение влаги. В хлебобулочных изделиях это приводит к черствлению, в кашах и киселях – к расслоению системы с выделением влаги.

Объяснить ретроградацию можно неустойчивостью крахмальных полисахаридов в растворе, особенно амилозы. Если ретроградация идет без видимого образования осадка, то считается, что амилоза посредством водородных связей соединяется с амилопектином. Такой процесс обратим. Если же процесс идет как самоагрегация амилозы, то образуются нерастворимые комплексы.

Ретроградация амилозы протекает в несколько стадий: вначале произвольно скрученные спирали амилозных цепей вытягиваются, после этого они теряют гидратную оболочку и располагаются одна подле другой. Между гидроксильными

группами, расположенными на близком расстоянии, возникают водородные связи. Связывание таким образом большого числа молекул приводит к образованию видимых хлопьев.
В крахмальном клейстере ретроградации подвергается, в основном, амилоза. Глубина процесса зависит от температуры, концентрации, наличия добавок, природы крахмала, времени.
Амилопектин ретроградирует медленнее и в меньшей степени, чем амилоза.
Повышение температуры сдерживают процесс ретроградации.
Концентрация способствует ретроградации.
Чем выше вязкость, тем сильнее ретроградация.
Ретроградация крахмала пшеницы идет быстрее, чем крахмала других крупяных культур.
Время способствует ретроградации.
В процессе ретроградации снижается количество растворимых веществ и снижается водоудерживающая способность системы, как видимо, за счет связанной и свободной воды, т.е. структура грубее.
Амилопектин используют для получения долго не черствеющих или подлежащих замораживанию изделий и блюд.
Ретроградация в крахмалосодержащих изделиях зависит от влажности последних. Например, в жидких кашах крахмал ретроградирует быстрее, чем в рассыпчатых.
Ретроградация идет практически следом за клейстеризацией и начинается при температуре 70-80С. Ретроградация усиливается, если хранить изделия при комнатной температуре. Наиболее интенсивно ретроградация идет в первые 2 часа после момента изготовления, особенно в пшенной и гречневой кашах. В дальнейшем процесс замедляется. Очень интенсивно ретроградация происходит тогда, когда изделия хранят при отрицательной температуре. Замораживание приводит к образованию комплексов, которые даже при кипячении не растворяются.
Поэтому для получения долго не черствеющих или подлежащих замораживанию изделий и блюд используют амилопектин или модифицированные амилопектиновые крахмалы.

Для того, чтобы выбрать какой желирующий агент выбрать, нужно ответить на следующие вопросы:
- Насколько важна прозрачность? Если да, важна, то используем клубневый

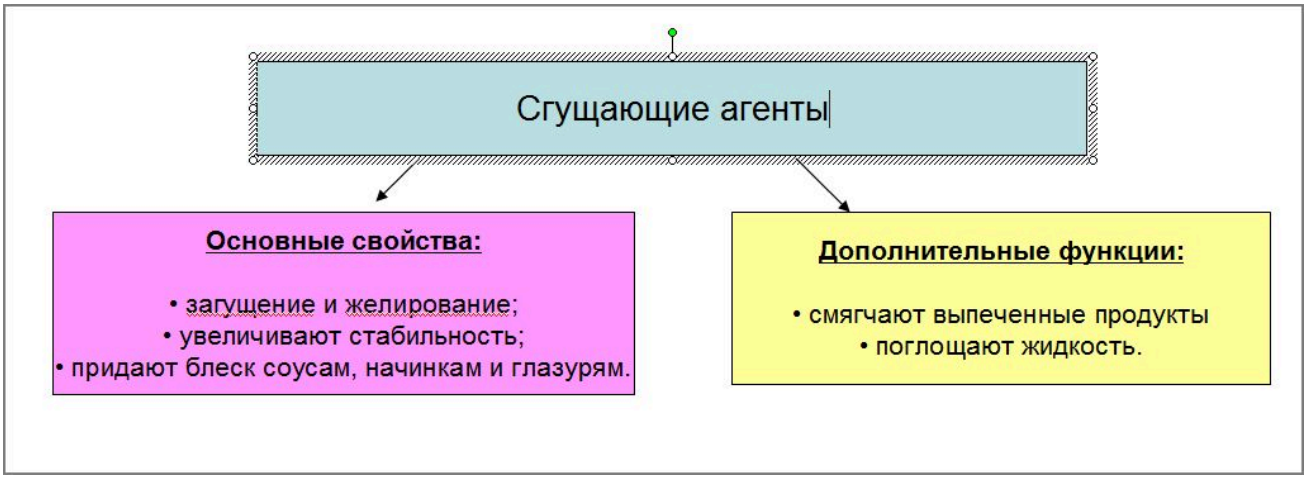
крахмал или модифицированный, но не обычный кукурузный. Используем желатин, агар или пектин.
- Чувствителен ли продукт к температуре? Если да, то используем мгновенный крахмал или желатин.
- Важен ли чистый вкус? Если да, что клубневый крахмал. Лучше использовать желатин или пектин.
- Сгущаете ли вы продукт с большим содержанием кислоты (лимоны, клюкву)? Если да, то используйте клубневый крахмал, лучше – модифицированный.
- Планируете ли вы замораживать продукт? Если да, то используйте клубневый крахмал, а лучше – модифицированный.
- Какую консистенцию вы хотите получить? Например предпочитаете вы мягкую консистенцию твердой? Если да, то используйте клубневый или кукурузный крахмал и мешайте смесь, когда она будет остывать.
- Зависит ли от цены? Если да, то используйте кукурузный крахмал, но другие виды крахмала являются менее дорогими, чем другие желирующие агенты.

Таблица свойств и использование крахмалов и камедей.

Желирующий агент	***Свойства***	***Использование***
Кукурузный крахмал	Мутный, когда остывает, блестит; Плотный, становится гелем при высокой концентрации. Нестабилен при высоких температурах, в присутствии кислот, при замораживании, смешивании. Со временем гель уплотняется и выделяет влагу. Маскирует многие запахи Высокая температура желирования.	Пудинги, крема для пирогов
Аррорут	Умеренно мутный, хорошо блестит.	Фруктовые пироги и соусы

	Мягкий гель, может тянуться. Относительно стабилен в присутствии кислот, при нагревании, перемешивании и замораживании. Относительно низкие температуры желирования. Относительно чистый вкус.	
Тапиока	Умеренно мутный, хорошо блестит. Мягкий гель, может тянуться. Относительно стабилен в присутствии кислот, при нагревании, перемешивании и замораживании. Относительно низкие температуры желирования. Относительно чистый вкус. Может быть в гранулах, жемчужинах, порошке	Фруктовые пироги и соусы, пудинг из тапиоки.
Восковидный крахмал	Умеренно мутный. Плотный, но не гель. Относительно стабилен в присутствии кислот, при нагревании, перемешивании и замораживании. Относительно чистый вкус.	Основа для многих модифицированных крахмалов. Обычно в немодифицированном виден не продается.
Модифицированный крахмал	Высоко стабилен в присутствии кислот, при нагревании, перемешивании и замораживании. Различная температура желирования. Другие свойства в	Замороженные продукты. Продукты, содержащие кислоты.

	зависимости от фирмы-изготовителя.	
Мгновенный крахмал	Не требует нагревания. Свойства зависят от фирмы-изготовителя.	Блюда, которые надо загустить в последнюю минуту. Продукты, которые нельзя нагревать.
Мука	Мутность. Желтоватый цвет. Плотная. Придает вкус.	Заварной крем (pastry). Домашние начинки для пирогов.
Желатин	Высокая прозрачность. Блестит. Формирует твердый гель. Тает во рту и при комнатной температуре. Чистый вкус. Продается в порошке и в листах.	Десерты с желатином. Стабилизирует взбитые сливки. Тянущиеся конфеты.
Агар	Относительно мутный. Формирует очень плотный гель. Стабилен при комнатной температуре и во рту. Используется в листах, порошке.	Используется как заменитель желатина.
Пектин	Мутность. Желтоватый цвет. Загуститель или желеобразователь. Чистый вкус. Обычно требует наличие кислоты и сахар.	Ягодные джемы, желе, начинки. Глазури. Желейные конфеты.



Источники:

Paula Figoni How baking works. – John Wiley & Sons.Inc, New-York, 2008

http://baker-group.net/raw-materials-and-ingredients/744-soy-flour-starches-soy-protein.html

http://hlebopechka.ru/index.php?option=com_smf&Itemid=126&topic=1632.0

http://food-chem.ru/lektsii-po-izmeneniyu-uglevodov-pri-kulinarnoj-obrabotke-produktov/275-sostav-i-stroenie-kraxmalnogo-zerna.html

http://www.vokrugsveta.ru/quiz/546/

http://food-chem.ru/lektsii-po-izmeneniyu-uglevodov-pri-kulinarnoj-obrabotke-produktov/278-nabuxanie-i-klejsterizaciya-kraxmala.html

Elena Tsoy (Tsoy)

Готовлю торты, пирожные, зефир и панеттоне на заказ

ТЕЛЕФОН **+7 911-213-67-68**

ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛ **@ТелеЦойка** ·

https://t.me/tsoikaeast