



УДК: 544.023.523:664.143.002.62

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ПОЛУФАБРИКАТА ДЛЯ СЛАДКИХ БЛЮД

**О.В. Мороз, Е.П. Пивоваров,
О.П. Неклеса**

*Харьковский государственный
университет питания и торго-
вли, Украина, 61051, г. Харь-
ков, ул. Ключковская, 333*

Проанализированы методы структурирования и их использования в технологиях пищевых продуктов. Проведены исследования процесса образования гранул по принципу смешанного термотропно-ионотропного гелеобразования. Рассмотрены факторы, влияющие на формирование сферических форм в процессе экструзии и формования гранул.

Ключевые слова: гранулированные полуфабрикаты, альгинат натрия, кальций, сахар, диффузия, гранулообразование.

Введение

Структурирование пищевых смесей имеет большое значение в технологиях производства продуктов многих отраслей, таких как кондитерская, молочная, мясная, рыбная и др. Любой продукт имеет свою структуру, будет это желеобразный пудинг или желе, или вязкий соус, или пористый мякиш хлеба. Потребитель, покупая продукт, ожидает определенный результат, в том числе определенную структуру продукта. На сегодняшний день производители все больше корректируют структуру известных продуктов или же вообще придают новую текстуру сырью, которое еще недавно имело совсем другие характеристики и назначение. Одним из ярких примеров структурирования является производство крабовых палочек из мяса сурими и нагетсов из мяса рыбы и моллюсков. С внедрением технологии структурирования и реструктурирования значительно расширился не только ассортимент новых полуфабрикатов и продуктов, но и область их применения [1–6]. Структурирование охватывает большой ряд методов, основанных на использовании потенциала сырья или введении дополнительных компонентов, таких как гелеобразователи и загустители. Процесс осуществляется при участии белков, углеводов, в основном пектинов, агара, каррагинана, альгинатов, камедей и их комбинаций [7, 8].

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследований нами была выбрана технология структурирования гранулированного полуфабриката для сладких блюд по принципу смешанного термотропно-ионотропного гелеобразования производства. В работе использованы реологические методы исследования структурно-механических свойств жидкостей и твердых тел [9–12].

Результаты и их обсуждение

Процесс образования гранул реализован нами на принципе смешанного гелеобразования, где сетки смешанного геля образуются параллельно: термотропная – за счет возникновения надмолекулярных водородных сшивок термотропных полисахаридов – агара или каррагинана и ионотропных – за счет образования хелатных комплексов альгината натрия с ионами кальция. Эти два процесса происходят одновременно во времени, но с разными скоростями. Взаимодействие альгината натрия с кальцием – мгновенная реакция и сопровождается образованием альгината кальция с момента касания альгината натрия раствора хлористого кальция, за счет чего на поверхности капли образуется оболочка, которая удерживает сферическую форму и внутреннее жидкое содержимое. Ионотропное гелеобразование происходит с учетом законов диффузии и массопереноса из внешней среды, благодаря чему, ионы кальция постепенно диффундируют из внешней среды в центр сферической формы, которая с течением времени превращается в сплошной гель. Скорость процесса диффузии кальция в гранулу зависит от многих факторов, в том числе свойств раствора альгината натрия и его состава, концентрации кальция в формирующем растворе, соотношения концентраций альгината натрия и кальция, рецептурной смеси. На рисунке 1 приведена динамика золь-гель перехода альгината

натрия в альгинат кальция с образованием гранулы для концентраций альгината натрия – 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%, 3.5%, 4.0%.

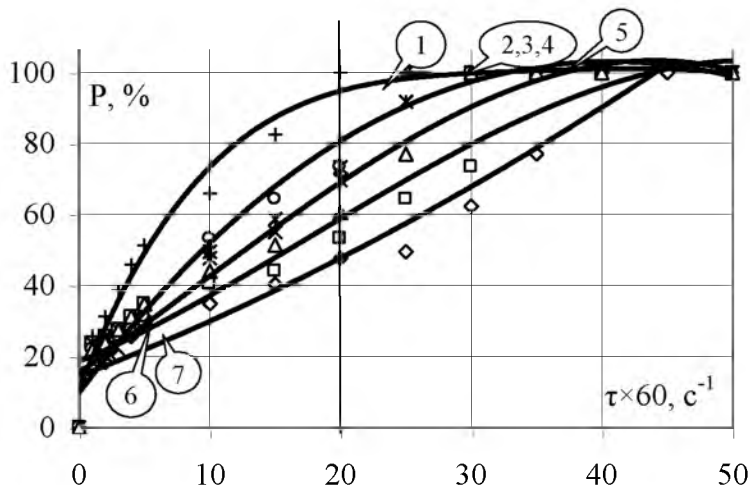


Рис. 1. Динамика золь–гель перехода альгината натрия в альгинат кальция ($CCaCl_2=0.65\%$) при концентрации альгината натрия, %: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0, соответственно

Скорость процесса гранулообразования можно корректировать как с помощью времени выдержки в формирующем растворе, так и концентраций участников процесса (рис. 2).

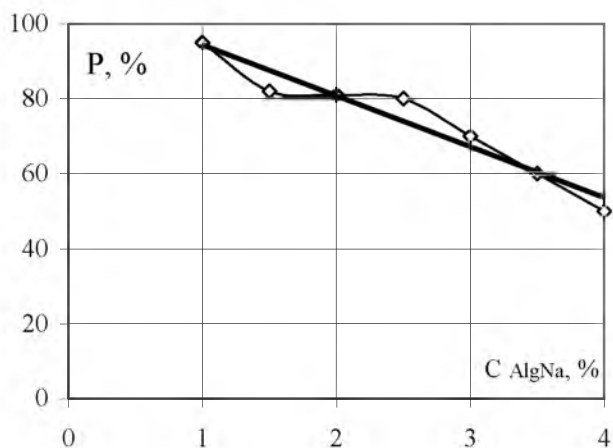


Рис. 2. Зависимость степени гелеобразования (%) ($\tau=20 \times 60 \text{ c}^{-1}$, $CCaCl_2=0.65\%$) от концентрации альгината натрия

и желаемыми органолептическими свойствами. Структуру гранулы можно корректировать путем внесения термотропных полисахаридов, которые образуют гели с понижением температуры ниже точки гелеобразования, что является очень перспективным решением в технологии получения гранулированного полуфабриката. Из широкого ассортимента термотропных гелеобразователей перспективно использовать в технологии гранулированных полуфабрикатов сульфитированные полисахариды – агар и λ -карагинан, последний способен образовывать слабые гели с кальцием. Учитывая, что повышение концентрации сухих веществ в смеси для гранулирования замедляет процесс гелеобразования, что описано ранее, существует вероятность того, что внесение термотропных полисахаридов будет препятствовать процессу гелеобразования. Так как сетки геля термотропных и ионотропного гелеобразователей развиваются отдельно, без взаимодействия между собой, плотность геля будет расти и, вероятно, проникающая способность кальция внутрь гранулы снизится. Проведенные исследования показывают, что содержание термотропных гелеобразователей в смеси влияет на динамику процесса образования оболочки гранулы (рис. 4), а именно замедляет этот процесс.

При анализе данных рисунка 3, видно, что с увеличением концентрации ионов кальция в формирующем растворе при одинаковом сроке выдержки (3 и 10 минут), толщина оболочки капли увеличивается. Так с уменьшением срока выдерживания каплей альгината натрия в формирующем растворе в три раза, толщина оболочки уменьшается на 30%, а для достижения образования гранулы по всему объему необходимо увеличить концентрацию хлористого кальция в 1.5 раза. Процесс гелеобразования, связанный с диффузией Ca^{2+} , сопровождается повышением упругости, но при определенных концентрациях Ca^{2+} продукт может приобретать нежелательные органолептические свойства, в т. ч. консистенцию. Учитывая это, возникает необходимость образования сферической формы гранул с меньшим содержанием кальция

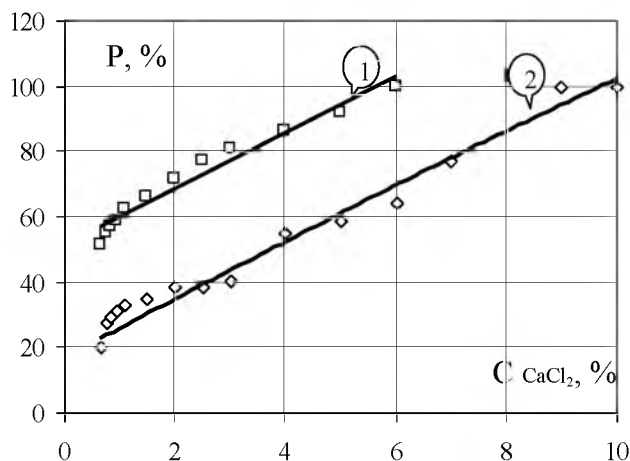


Рис. 3. Зависимость степени гелеобразования альгината натрия, % (CAlgNa=4.0%) от концентрации CaCl₂ при экспозиции в растворе хлористого кальция (CCaCl₂=0.65%): 1 – 10×60 с., 2 – 3×60 с.

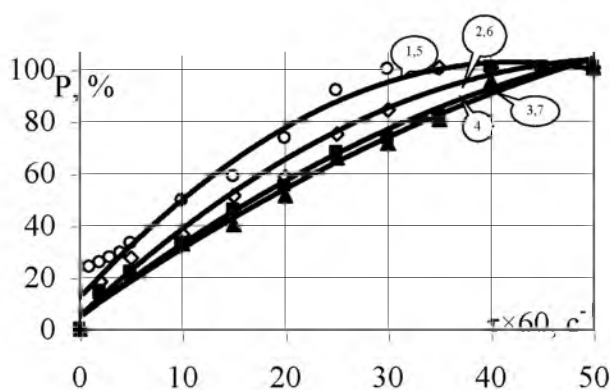


Рис. 4. Динамика золь-гель перехода альгинат натрия в альгинат кальция (CAlgNa=2.0%, CCaCl₂=0.65%) при концентрации агара, %: 1, 2, 3, 4 – 0; 0.5; 1.0; 1.5 и j-карагинана, % 5, 6, 7 – 0.5; 1.0; 1.5, соответственно

Содержание агара при концентрации 0.5–1.5% снижает скорость образования гранулы на 24–25% (см. рис. 4, кривая 2), в то время как содержание j-карагинана при концентрации 0.5% почти не мешает процессу, о чем свидетельствует кривая 5 (см. рис. 4). Дальнейшее повышение концентрации j-карагинана также снижает скорость гранулообразования на 12–15%, что не существенно, и может быть компенсировано длительностью обработки в формирующей среде (рис. 5). Разницу в результате действия агара и карагинана, вероятно, можно объяснить способностью j-карагинана к взаимодействию с кальцием за счет реализации химического потенциала, что не возможно для агара, который не взаимодействует с ионами кальция и является в смеси гелеобразователей химически инертным веществом.

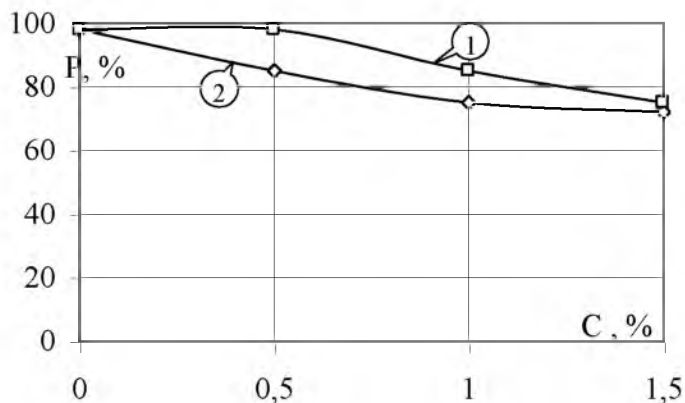


Рис. 5. Зависимость степень золь-гель перехода альгината натрия в альгинат кальция (CAlgNa=2.0%, CCaCl₂=0.65%) от концентрации термотропного полисахарида: 1 – j-карагинана, 2 – агара

Фотомониторинг образования гранулы за счет золь-гель перехода альгината натрия в альгинат кальция приведен на рисунке 6. Из данных, представленных на рисунке 6 видна динамика образования гранулы за счет диффузии ионов кальция из окружающей среды в середину капли альгината натрия. Результаты подтверждают, что процесс сорбции ионов кальция происходит всей поверхностью капли, о чем свидетельствует равномерная оболочка из альгината кальция.

Со временем скорость диффузии кальция снижается, за счет возникновения «запирающего» слоя альгината кальция, который имеет проникающую способность гораздо ниже чем альгинат натрия. Из данных и на рисунке 6 видно, что первые 5 минут экспозиции капли альгината натрия в растворе хлористого кальция обеспечивают образование 40...45% плотной оболочки геля альгината кальция. Дальнейший процесс сшивания капли кальцием и превращения ее в сплошной гель замедляется во времени (рис. 6 д, е, ж, з).

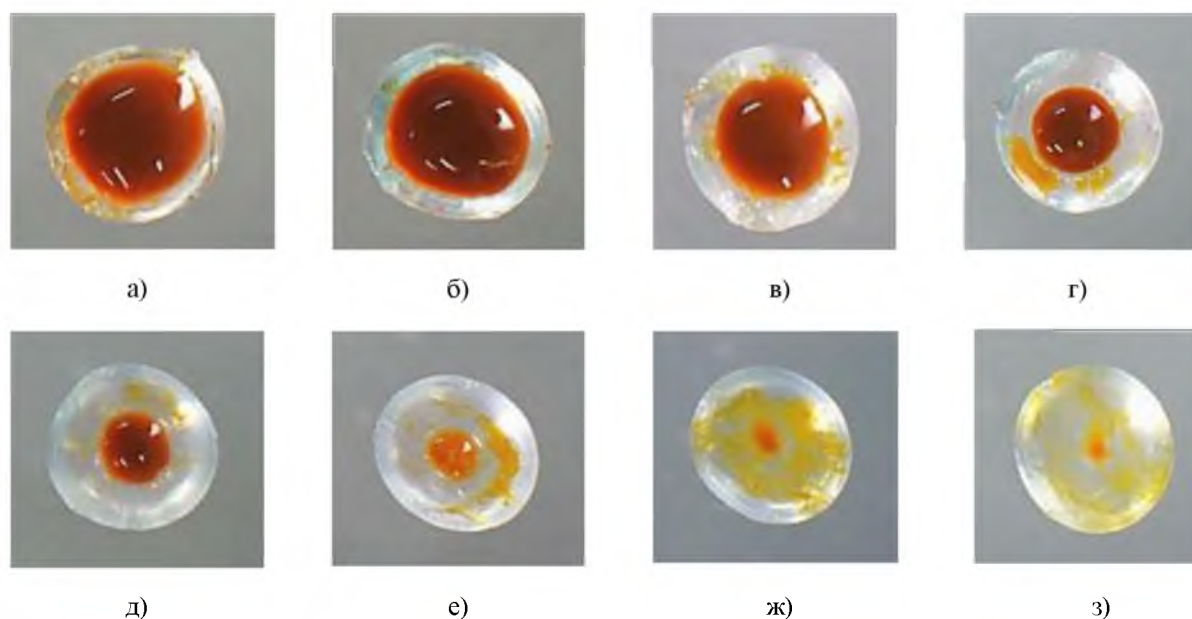


Рис. 6. Фотоиониторинг изменения структуры капли альгината натрия ($C=3.0\%$) в растворе хлорида кальция ($CCaCl_2=0.65\%$), $\times 60$ с.: а, б, в, г, д, е, ж, з – 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, соответственно

Нами установлены закономерности диффузии сахара ($C=10-30\%$) из смешанных гелей в водные среды, что важно при изучении влияния свойств гелей на усвоение иммобилизованных в них пищевых компонентов.

Из данных, представленных на рисунке 6, также видно, что потеря 95–98% сахара гелем в водную среду происходит за 14–16 часов экстрагирования при температуре 20°C и гидромодуле 1:3, что свидетельствует о полной проницаемости гелей. Однако, если увеличить удельную поверхность экстрагирования путем измельчения геля, процесс будет происходить быстрее при тех же условиях (рис. 8). Из данных рисунка 8 видно, что окончательная диффузия сахара в условиях измельчения быстрее в 6.5–7 раз.

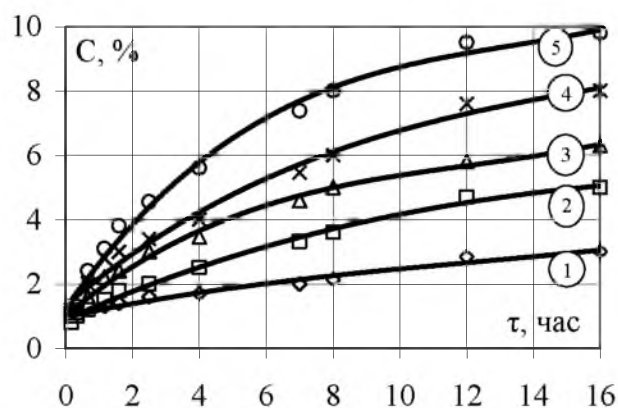


Рис. 7. Динамика диффузии сахара, %: 1, 2, 3, 4, 5 – 10, 15, 20, 25, 30, соответственно, из геля в водную среду (гидромодуль = 1:3)

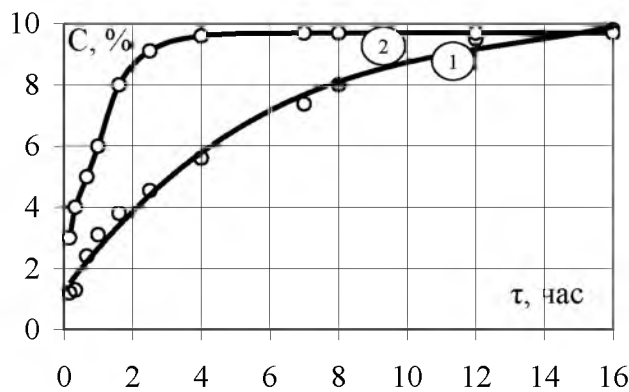


Рис. 8. Динамика диффузии сахара из геля в водную среду (гидромодуль = 1:3) в зависимости от степени измельчения геля ($C_{\text{сахара}}=30\%$): 1 – без измельчения ($S_{\text{пов}}=14 \text{ см}^2$), 2 – с измельчением на пластинки ($S_{\text{пов}}=60 \text{ см}^2$)

Образование гранул достаточно сложный и многофакторный процесс, который зависит от многих параметров. Нами установлено, что вязкость смеси для экструдирования существенно влияет на гранулообразование. Вязкость рецептурной смеси влияет на процесс экструдирования и формирования шарообразных форм в воздухе с помощью распада струи смеси под действием гравитации или принудительного экструдирования. Абсолютное значение величины вязкости диктует рецептурные компоненты смеси и температурный режим. С повышением содержания сухих веществ и снижением температуры вязкость сильно возрастает, а значит распад струи и формирование капель затруднено, что приводит к образованию вытянутых форм в формирующем растворе (рис. 9, кривая 1). Вторым по важности параметром образования правильной шарообразной формы является формирующая способность системы, которую исследовали путем изменения геометрической формы капель альгината натрия, как отношение размера горизонтального к вертикальному в формирующей среде (рис. 9 кривая 2). В случае если формирующая способность (ФС) равна единице, это свидетельствует об отсутствии разницы между вертикальным и горизонтальным размерами, а, следовательно, об образовании шаровидной формы. Из данных, представленных на рисунке 9 (кривая 1) видно, что слишком низкая вязкость приводит к образованию сплюснутых форм капель альгината натрия и низкого модуля упругости гранул. Одновременно при высоких концентрациях альгината натрия (более 3.5%) шаровидные формы капель также не образуются и возникают вытянутые чечевицеподобные гранулы.

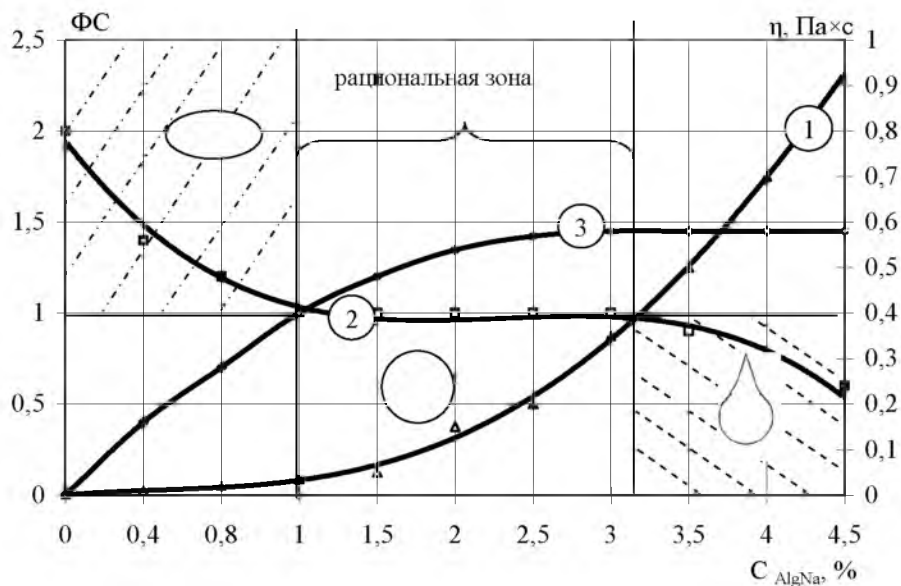


Рис. 9. Комплексная характеристика параметров образования гранул: 1 – вязкость альгината натрия, 2 – формирующая способность альгината натрия ($C_{\text{CaCl}_2}=0.65\%$), 3 – модуль упругости геля

Выводы

С помощью технологии структурирования появляется возможность придавать продуктам новые товарные формы, текстуру, потребительские свойства и др. Методы гранулирования

позволяют переработать плодоовощное, фруктовое и ягодное сырье в новый пищевой продукт. Научно обоснованы параметры получения гранул методом смешанного ионотропно-термотропного гелеобразования.

Список литературы

1. Горальчук А.Б. Технология термостабильных соусов эмульсионного типа: Дис. ... канд. тех. наук. – Харьков, 2008. – 298 с.
2. Кондратюк Н.В. Технология сладких страв з використанням капсульованих продуктів з пробіотичними властивостями: Дис...канд. техн. Наук. – Харків: ХДУХТ, 2012. – 294 с.
3. Пестина А.А. Технология реструктурированного полуфабриката из дыни: Дис...канд. техн. наук. – Харьков: ХГУПТ, 2009 – 295 с.
4. Уайтхауз Ф.К. Выбор и использование гидроколлоидов // Пищевая промышленность. – 2008. – № 10 – С. 76.
5. Пат. 38355 Україна, МПК7 А 23 L 1/328. Спосіб виготовлення ікри чорної зернистої з натуральних продуктів «Фіто ЛП-6» / І.В. Пронін. – № 2000063735; Заявл. 26.06.2000; Опубл. 15.05.2001.
6. Пат. 2139668 Россия МПК А 23 L 1/328 Способ получения пищевой зернистой икры / А.П. Хачатрян, П.Г. Геворгян, Р.Г. Хачатрян. – № 99104095/13; Заявл. 10.03.99; Опубл. 20.10.99.
7. Рябець О.Ю. Технологія аналогу ікри чорної з використанням альгінату натрію: Дис...канд. тех. наук. – Х., 2008. – 284 с.
8. Пивоварова О.П. Технологія напівфабрикатів реструктурованих на основі печериць: Дис...канд. тех. наук. – Х., 2009. – 274с.
9. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навчальний посібник / А.Б. Горальчук та ін. – Харків: Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі., 2006. – 63 с.
10. Виллинс Г.О. Справочник по гидроколлоидам: рук. разработчика. – СПб., ГИОРД. 2006. – 536 с.
11. Реометрия пищевого сырья и продуктов: справочник / Под ред. Мачихина. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 271 с.
12. Кузнецов О.А., Волошин Е.В., Сагитов Р.Ф. Реология пищевых масс: учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 106 с.

GRANULATION PROCESS STUDY FOR THE CREATION OF PREPARED FOOD FOR SWEET DISHES

**O. Moroz, Ye. Pyvovarov,
O. Neklesa**

*Kharkiv State University of Food
Technology and Trade, 333
Klochkiivskaya St, Kharkiv, 61051,
Ukraine*

The methods of structuring and their use in technology of food production have been analyzed. The investigations of the formation of the granules according to the principle of mixed thermotropic ionotropic gelation have been carried out. The factors influencing the formation of spherical shapes during extrusion and shaping the granules have been considered.

Keywords: granular semifinished products, sodium alginate, calcium, sugar, diffusion, granule formation.