

Теоретические и практические аспекты переработки смесей дисперсных систем с целью получения на их основе комбинированных мясопродуктов

В.Т.ДИАНОВА, Н.Г.КРОХА, В.В.ТОЛСТОГОУЗОВ

Институт элементоорганических соединений

Показан общий подход к решению проблемы получения комбинированных мясопродуктов. Изучены структура и свойства смеси дисперсных систем: традиционных (мясных фаршей) и новых (водных суспензий белков соевых бобов - глицининов, дисперсную фазу которых составляют студнеобразные белковые частицы: изотропные или анизотропные, а дисперсионную среду - растворы белков). Определены оптимальные параметры ряда физико-химических процессов: во-первых, процесса выделения изолята белка с функциональными свойствами, необходимыми для его текстурирования; во-вторых, процесса текстурирования белковых суспензий с функциональными свойствами, комментарными традиционным белковым системам; в-третьих, процесса получения комбинированных мясопродуктов, включая определение допустимых пределов смешивания дисперсных систем. Освещены основные физико-химические задачи, возникающие при изучении свойств смесей дисперсных систем. Установлены ключевые функциональные характеристики, оказывающие преобладающее влияние на свойства смесей дисперсий студней. Установлен допустимый предел смешивания дисперсных систем при производстве комбинированных вареных колбас - традиционных (70%) и новых (30%).

Theoretical and practical aspects of processing mixed disperse systems aimed at yielding combination meat products

A general approach to the problem of manufacturing combination meat products is disclosed. The structure and properties of mixed disperse systems, viz., traditional ones (minced meat) and new ones (aqueous suspensions of soy proteins glycinines) have been studied. The optimum parameters of some physico-chemical processes (soy protein isolation with functional properties required for texturization, protein suspensions texturizing, combination meat products preparation). The key functional characteristics which predominantly influence the properties of gel dispersion mixtures have been revealed. The permissible limit of mixing disperse systems in the manufacture of combination cooked sausages has been determined, it being 70% for traditional products and 30% for new ones.

Общая физико-химическая проблема, возникающая в связи с получением комбинированных пищевых продуктов, заключается в изучении и регулировании структуры и свойств смеси дисперсных систем: традиционных и новых. В качестве новых дисперсных систем могут быть использованы водные белковые суспензии. Их дисперсную фазу обычно составляют студнеобразные белковые частицы: изотропные или анизотропные, а дисперсионную среду - растворы белков. Физико-химические свойства смеси двух дисперсных систем очевидно, определяются соотношением функциональных свойств (ФС) их дисперсных фаз и дисперсионных сред. В этой связи важное значение приобретает характер взаимодействий и структурной совместимости, соотношения размеров, формы и свойств дисперсных частиц в сложной дисперсной системе, определяющих по-видимому, подобие или комплементарность новых и традиционных дисперсных систем по ФС.

Термин "структурная совместимость" предусматривает способность дисперсных частиц распределяться в пространственной сетке студня без заметного искажения структуры и свойств. Под комплементарностью двух белковых дисперсных систем по ФС понимается оптимальное их соотношение, предопределяющее высокие ФС студней, полученных на их основе.

При изучении свойств смеси дисперсных систем возникают три физико-химические задачи: во-первых, выяснение ключевых функциональных характеристик, оказывающих превалирующее влияние на свойства смесей дисперсий и студней; во-вторых, регулирование комплекса ФС новых и традиционных дисперсных систем; в-третьих, согласование ФС смешиваемых дисперсных систем при получении студней на их основе.

Отметим, что к настоящему времени общая физико-химическая теория смесей дисперсных систем еще не развита в той мере, чтобы предсказывать ФС смесей дисперсных систем, а тем более свойства студней на их основе.

В то же время, мы полагали, что получение белковых суспензий с необходимыми ФС, согласованными с ФС традиционных дисперсных систем, открывает возможность смешивать их в различных соотношениях и получать на их основе комбинированные пищевые продукты заданного состава и высокого качества.

Ранее нами было показано, что комплекс требований, предъявляемый к ФС белков и студней на их основе специфичен для каждой конкретной смеси дисперсных систем.

В качестве ключевых функциональных характеристик белка были выбраны его растворимость и способность к студнеобразованию.

На рис. I представлены зависимости растворимости белков соевых бобов - глицининов от величины pH, температуры экстрагента и длительности экстрагирования. При pH 8 и температуре 20°C независимо от длительности экстракции глицинины соевых бобов обладают 100% растворимостью. Такой же растворимостью обладают глицинины, экстрагированные в диапазоне pH 8-II в течение 180 с. Повышение температуры экстрагента вызывает понижение растворимости белков. Растворимость белков, выделенных в более жестких условиях, резко падает.

На рис. 2 представлены зависимости способности глицининов соевых бобов к студнеобразованию от величины pH, температуры экстрагента и длительности экстрагирования. Студни на основе белков, полученных при кратковременном воздействии реагентов при значениях pH в интервале от 8 до II и температуры 20–60°C, обладают высокими прочностными свойствами. Модуль сдвига таких студней равен  $13,5 \cdot 10^{-4}$  Па. Невысокие величины pH 8 и температуры – 20°C не влияют на прочностные свойства студней. Длительное воздействие на белок реагентов с высоким pH (pH II) при повышенной температуре – 60°C вызывает понижение способности белка к студнеобразованию.

Способность белков соевых бобов к студнеобразованию водных суспензий также при замораживании изучалась в зависимости от состава и концентрации белка в системе, а также условий студнеобразования.

На рис. 3 представлены микрофотографии белковой суспензии, замороженной при температуре -20°C; на рис. 4 – при температуре -70°C. При более быстром замораживании образуются кристаллы льда более мелких размеров разветвленной дендритной формы. Гистологические и электронномикроскопические исследования структуры белковых студней, полученных после плавления кристаллов льда, показали соответствие размера и формы пор в студне и кристаллов льда в замороженной суспензии.

На рис. 5 представлена зависимость количества образующихся кристаллов льда от температуры замораживания и концентрации белка в системе. Наибольшее количество кристаллов образуется в системах с низким содержанием белка и при более высоких температурах замораживания.

Студни, полученные при криоконцентрировании белковых суспензий, классифицируются как лиотронные. По-видимому, механизм образования таких студней связан с выпораживанием растворителя, приводящим к концентрированию дисперской фазы и развитию межмолекулярных и межагрегатных взаимодействий, носящих необратимый характер. В результате этих взаимодействий после удаления кристаллов льда остается трехмерный каркас с порами той или иной степени асимметрии, отвечающими по размерам и форме кристаллам льда.

В результате этих исследований был разработан ряд физико-химических процессов, во-первых, процесса выделения изолята белка с ФС, необходимыми для его текстурирования, во-вторых, процесса текстурирования белковых суспензий с ФС, комплементарными традиционным дисперсным системам, в-третьих, процесса получения комбинированных продуктов, включая определение допустимых пределов смешивания дисперсных систем.

Был разработан процесс получения изолятов белка с повышенным содержанием липидов (ИБЗЛ) из соевых бобов водной экстракцией, т.к. предполагалось использование их в продуктах с высоким содержанием липидов.

В качестве критериев оптимизации процесса были выбраны выход белка (рис. 6), наряду с растворимостью и способностью к структурообразованию, а величина pH, температура экстрагента и длительность экстрагирования, как варьируемые факторы. Несмотря на то, что выход белка не

Изменение растворимости белков соевых бобов от режимов экстракции

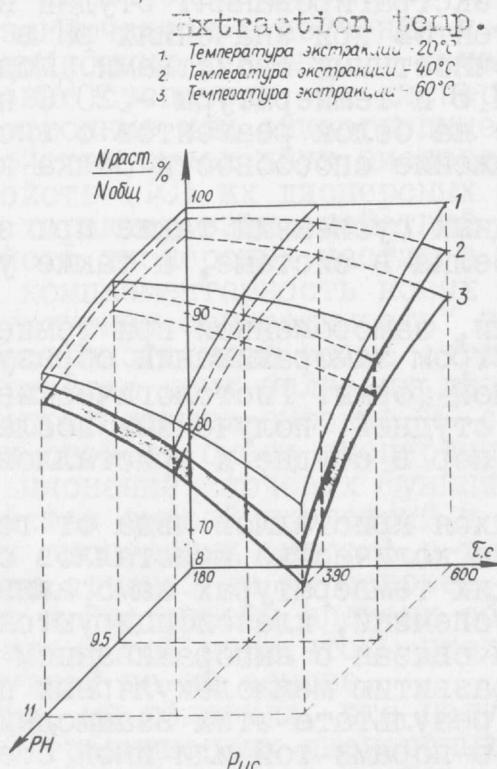


Рис.1. Изменение растворимости белков соевых бобов - глицинов от величины pH, температуры экстрагента и длительности экстрагирования.

Fig.1. Changes in soy protein solubility (glycines) as related to pH, extractant temperature and extraction time

Влияние режимов экстракции на способность белков соевых бобов к структурообразованию.

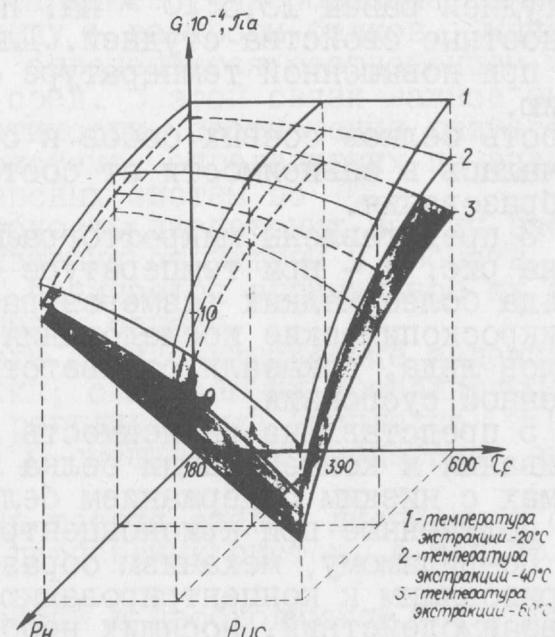


Рис.2. Изменение способности глицинов соевых бобов к студнеобразованию от величины pH, температуры экстрагента и длительности экстрагирования.

Fig.2. Changes in the gelling capacity of glycines as related to pH, extractant temperature, extraction time

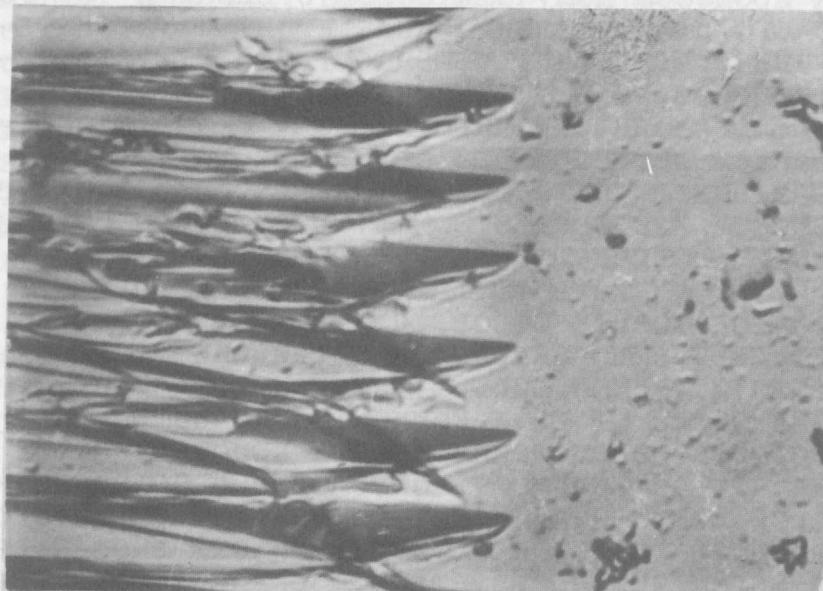


Рис. 3. Зависимость кристаллообразования в супензии глицинов соевых бобов при температуре замораживания  $-70^{\circ}\text{C}$ .

Fig.3. Crystal formation in soy glycine suspensions at the freezing temperature of  $-70^{\circ}\text{C}$ .

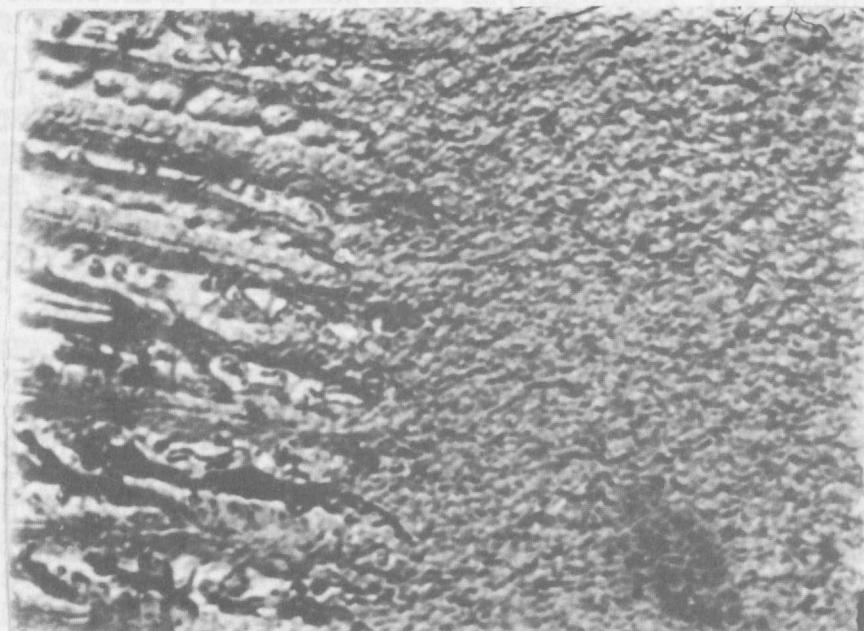


Рис.4. Зависимость кристаллообразования в супензии глицинов соевых бобов при температуре замораживания  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Fig.4. Crystal formation in soy glycine suspensions at the freezing temperature of  $-20^{\circ}\text{C}$ .

является экстремальным, условия эксперимента были ограничены, т.к. при более высоких значениях pH, температуры экстрагента, длительности процесса получали белок с низкими ФС. Режимы экстракции выбраны в результате математического планирования эксперимента. Математическая обработка данных позволила получить уравнения регрессии, решением которых установлены оптимальные параметры экстракции: pH 8,0; температура 60°C; длительность 10 мин, обеспечивающие 60% выхода белка с необходимыми ФС. Белковые препараты, полученные в оптимальных условиях, характеризуются высоким содержанием растворимого белка (около 70%). Интересно отметить, что одновременно с нами задача выделения белка из бобов сои без применения органического растворителя решалась в Техасском Университете США. Результаты оптимизации условий экстракции, полученные нами, полностью совпадают с результатами недавно опубликованной работы американских ученых.

Был разработан также процесс текстурирования изолятов соевых бобов. Для текстурирования белка был использован метод получения пористых студней замораживанием-оттаиванием белковых суспензий. С целью исследования этого процесса были изучены (рис. 7) зависимости скорости перемещения фронта кристаллизации водной суспензии белка от pH и концентрации белка, а также температуры замораживания. Более низкие скорости перемещения фронта кристаллизации наблюдаются при pH, равной изоэлектрической точке, что по-видимому, обусловлено более низкой степенью гидратации белка. С этой целью процесс получения белкового текстурата методом замораживания-оттаивания был оптимизирован. В качестве критерия оптимизации был выбран размер пор сетки белкового текстурата, а в качестве переменных параметров - режим замораживания и состав суспензии (pH и концентрация белка). Решение системы уравнений регрессии позволило установить условия получения студня с необходимыми размерами пор - 70 мкм. Изменение такого студня обеспечивает получение суспензии с размерами дисперсных частиц, идентичными размерам частиц колбасного фарша. Оптимальными условиями являются: температура минус 30°C, величина pH 4,7; концентрация белка 14%. Полученные в этих условиях текстураты обладают следующими функциональными свойствами (табл. I).

Последний раздел работы связан с разработкой комбинированных мясных и молочных продуктов и в большей степени носит технологический характер. Здесь исследовались смеси белковых суспензий с традиционными дисперсными системами, а именно, мясными фаршами и молоком.

В качестве ключевых функциональных характеристик смеси дисперсных систем были выбраны их реологические свойства, в частности, на рис. представлены зависимости эффективной вязкости, предельного напряжения сдвига и адгезии комбинированного мясного фарша от состава смеси дисперсных систем.

Было показано, что содержание ПЛС в смеси дисперсных систем до 30% не изменяет величины эффективной вязкости, предельного напряжения сдвига и адгезии. Увеличение содержания ПЛС в смеси до 50% вызывает повышение величины реологических характеристик колбасного фарша: эф-

Фективной вязкости, предельного напряжения сдвига и снижение адгезии, что, по-видимому, является следствием некоторого различия размеров частиц, их физико-химических и термодинамических характеристик по сравнению с элементами структуры традиционной дисперсной системы. На рис. 10 представлены зависимости предельного напряжения среза и модуля упругости готовых изделий, получаемых при тепловой обработке дисперсной системы комбинированного мясного фарша от состава смеси дисперсных систем. Величина предельного напряжения среза и модуля упругости термотропных студней возрастают с увеличением содержания ПЛС в составе комбинированного фарша, что свидетельствует о структурной совместимости дисперсных частиц мясного фарша и белкового текстурата. Оценка качества комбинированных колбас органолептическими методами подтвердила результаты инструментальных исследований (коэффициент корреляции равен 0,98).

Таким образом, исследования в области физико-химических свойств дисперсных систем и их смесей позволили разработать общий подход к решению проблемы получения комбинированных пищевых продуктов.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ТЕКСТУРИРОВАННЫХ БЕЛКОВ  
Functional properties of textured proteins

| Показатели<br>Indices                                      |             | Текстурированные белки сои<br>Textured soy proteins |
|--|-------------|---|
| Степень набухания: swelling rate                           |             |   |
| в воде, %  | in water, % | 456,7±3,12  |
| в жире,  | in fat      | 149,5±3,87  |
| Водосвязывающая способность, % WHC, %                      |             | 77,5±2,68   |
| Жиросвязывающая способность, % FHC, %                      |             | 88,3±3,21   |
| Потери массы при температуре 80°C, % Weight losses at 80°C |             | 16,17±1,02  |
| Активность воды Water activity                             |             | 0,941±0,04  |

Изменение реологических характеристик фаршей, содержащих структурированные белки

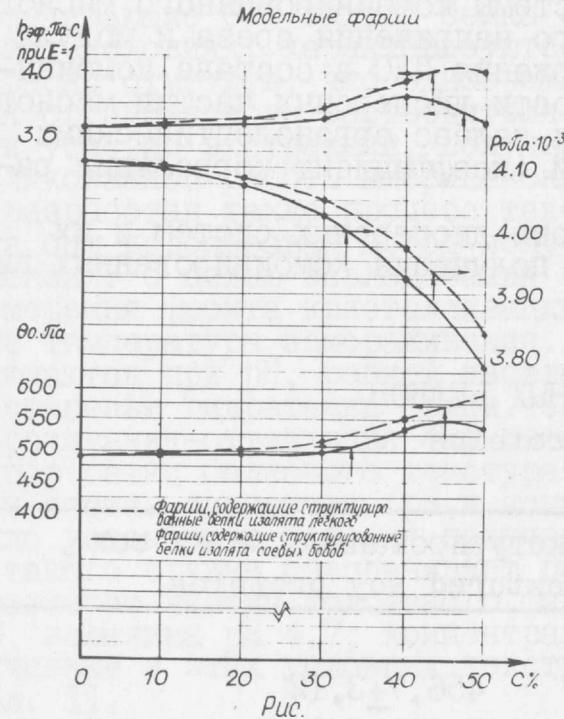
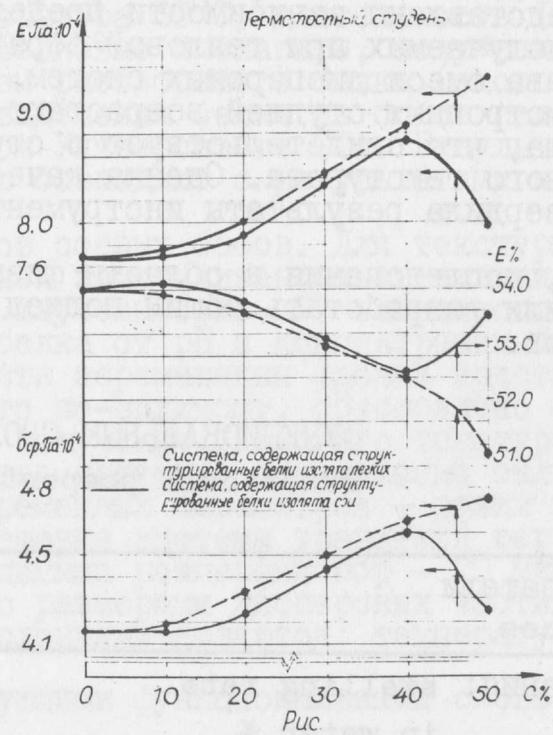


Рис.

Изменение реологических и динамических свойств вареных колбас, содержащих структурированные белки



705

Рис.7. Зависимость реологических характеристик комбинированного колбасного фарша.

Fig.7. Changes in the rheological characteristics of combination sausage mixes.

Рис.8. Зависимость реологических характеристик комбинированных варенных колбас.

Fig.8. Changes in the rheological characteristics of combination cooked sausages.

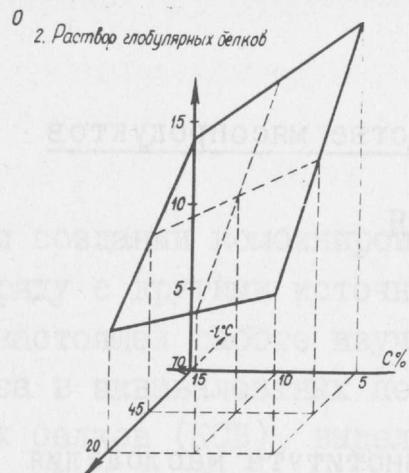


Рис.5. Зависимость количества образующихся кристаллов льда от температуры замораживания от концентрации белка в системе.

Fig.5. Number of ice crystals formed as related to freezing temperature and protein concentration in the system.

## Влияние выхода белка сои от температуры и времени экстракции и pH раствора

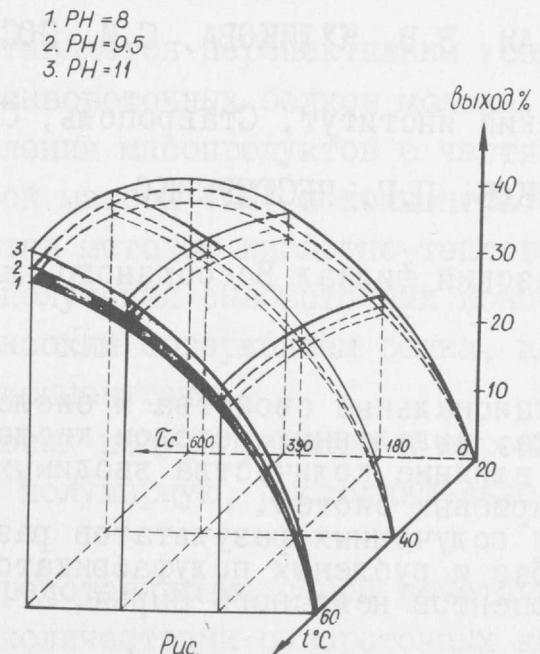


Рис. 6. Изменение выхода белка глицинов - соевых бобов от режимов экстракции.

Fig.6. Changes in the yields of soy glycine proteins as related to extraction conditions.