

Исследование влияния пористых лиотропных студней на качество комбинированных колбасных фаршей и готовой продукции

В.Т. ДИАНОВА, Н.Г. КРОХА, В.Б. ТОЛСТОГУЗОВ

Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова, Москва

В последние годы в мировом производстве продовольствия возникло новое направление - получение новых форм пищи. Задачи этого направления многоаспектны. Важнейшая из них связана с актуальной проблемой повышения содержания белков в рационе питания населения. Ряд других задач заключается в производстве пищевых продуктов заданного состава, в том числе для целей детского, диетического, лечебного и профилактического питания, а кроме того, продуктов с необходимым комплексом технологических свойств. В связи с этим является весьма актуальной проблема получения комбинированных мясопродуктов, т.е. продуктов, полученных совместной переработкой натуральных мясных фаршей и белковых текстуратов.

При переработке белковых текстуратов в комбинированные мясопродукты выдвигаются вопросы изучения физико-химических и в том числе реологических свойств комбинированных фаршей и их корреляции с качественными показателями готовой продукции. Другая группа вопросов связана с оптимизацией процесса производства комбинированных мясопродуктов и возможностью их производства на существующем технологическом оборудовании. Эти две группы вопросов являются предметом настоящего исследования. В предыдущем сообщении эти исследования были проведены на примере текстуратов, полученных на основе белков молока (I).

В данной работе были использованы два вида белкового сырья: изоляты, полученные из субпродуктов 2-ой категории (легких крупного рогатого скота) путем обработки соевыми растворами высокой ионной силы; изоляты, полученные из соевых бобов в результате экстракции растворами гидроксида натрия при pH 9.

Пористые лиотропные студни (ПЛС) были получены при замораживании водных суспензий изоэлектрических изолятов, химический состав и функциональные свойства ПЛС представлены в табл. I.

Таблица I Table I

Химический состав и функциональные свойства пористых лиотропных студней изолятов легких и изолятов сои.

Chemical analysis and functional properties of porous lyotropic jellies of lungs and soy isolates

ПОКАЗАТЕЛИ Parameters	Пористые лиотропные студни: Porous lyotropic jellies of:				
	изолята легких lungs isolate		!	изолята сои soy isolate	
	x	±	!	x	±
Гидратированные пористые лиотропные студни: hydrated porous lyotropic jellies					
влага, % water	66	2,24	!	66	2,05
белок, % protein	25	2,35	!	25	2,14
зола, % ash	1,5	0,12	!	2,5	0,08
pH	5,84	0,06	!	5,78	0,09
водосвязывающая способность, % waterbinding capacity	83,6	2,75	!	77,5	2,68
жирсвязывающая способность, % fatbinding capacity	67,4	3,17	!	88,3	3,21
потери массы при t = 80°C, % weight losses at	15,84	0,99	!	16,17	1,02
активность воды water activity	0,955	0,03	!	0,941	0,04
Сухие пористые лиотропные студни: dry porous lyotropic jellies					
степень набухания, %: в воде degree of swelling in water	473	3,09	!	456,7	3,12
в жире in fat	120	3,74	!	149,5	3,87

Исследование влияния содержания ПЛС на реологические свойства комбинированного фарша были проведены на модельных фаршах с постоянным содержанием липидов и влаги, в которых в качестве мясного сырья выбрана длиннейшая спинная мышца - *Longissimus dorsi*. Образца комбинированных фаршей и вареных колбас готовили по рецептуре колбасы "Говяжьей", согласно технологической схеме, описанной ранее (I). Модельные и комбинированные фарши с требуемой массовой концентрацией ПЛС готовили путем смешения фаршей натурального мяса с гидратирован-



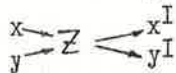
Использовали метод расчета состава комбинированного фарша, применяемый при определении состава смеси двух растворов различной концентрации. Так, если:

- а - требуемая концентрация белка в комбинированном фарше (вес, %);
- в - масса комбинированного ПЛС;
- с - масса гидратированного продукта;
- х - концентрация белка в ПЛС;
- у - масса фарша натурального мяса;
- z - концентрация белка в мясе,

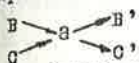
тогда при  $v + c$

$$v = \frac{A(a-c)}{v-c} = \frac{C(a-c)}{v-a}; \quad c = \frac{B(v-a)}{a-c} = \frac{A(v-a)}{v-c}$$

При приготовлении фарша натурального мяса с концентрацией белка из разного состава мяса х и у с различной концентрацией белка x и y, состав фарша x и y может быть рассчитан также по правилу креста.



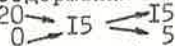
Так например, весовые части ПЛС (в) и фарша натурального мяса (с), которые при смешении дают комбинированный фарш с необходимым содержанием белка (а), определяли с помощью правила креста:



комбинированного фарша записывается в месте пересечения двух линий, слева у концов записывается концентрация белка в натуральном фарше (с), а у правых концов сверху и снизу записывается, стоя на каждой линии чисел, означющих весовые доли ПЛС и натурального фарша, которые необходимо смешать, чтобы получить комбинированный фарш требуемой концентрации.

Если необходимо разбавить водой комбинированный фарш или один из его компонентов до требуемой концентрации белка, то слева внизу вместо меньшей концентрации ставят нуль.

Например, для получения комбинированного фарша с концентрацией белка 20% необходимо взять 5 весовых частей ПЛС с концентрацией белка 30% и смешать с 10 весовыми частями натурального мясного фарша с концентрацией белка 15%. Если комбинированный фарш с 20%-ным содержанием белка требуется разбавить до 15%-ного содержания белка, то на 15 весовых частей фарша следует добавить 5 весовых частей воды:



Изменение основных реологических характеристик колбасных фаршей и готовых изделий в зависимости от концентрации ПЛС определяли с помощью следующих приборов и методик:

- для фарша исследования реологических свойств проводили на ротационном вискозиметре типа

"Растест-2", определяя при этом эффективную вязкость и предельное напряжение сдвига (ПНС) образцов. ПНС фаршей определяли также на полуавтоматическом пенетрометре ПП-4. Адгезионно-когезионные свойства фаршей определяли на приборе конструкции ВНИИМП; для готовых изделий кривые ползучести образцов снимали на пенетрометре "Лабор" (Венгрия) в течение 20 минут при постоянной нагрузке равной 0,1 кг. Изучали поведение тех же самых образцов при простом сдвиге на универсальной испытательной машине "Инстрон-ТМ-М" (Англия) в режиме с постоянной скоростью нагружения 8,3 · 10 м/с. На машине "Инстрон" образцы вареных колбас также были испытаны на срез с помощью ножа в качестве подвижного пуансона.

На рис. 1 показано изменение реологических свойств модельных фаршей в зависимости от содержания ПЛС. Для фаршей, содержащих до 30% ПЛС, полученных на основе изолята легких, величина эффективной вязкости при градиенте скорости равном единице, практически не изменяется. Увеличение содержания ПЛС в системе до 50% вызывает повышение значений эффективной вязкости. Характер изменения ПНС аналогичен изменению зависимости эффективной вязкости от содержания ПЛС в системе. Введение ПЛС до 30% в модельную систему фарша незначительно влияет на его адгезионно-когезионные свойства, которые с большей интенсивностью снижаются по мере увеличения содержания ПЛС в системе. Для систем модельный фарш-ПЛС, полученных на основе изолята легких, характер изменения рассмотренных реологических зависимостей аналогичен. Однако численные значения этих характеристик несколько ниже по сравнению с модельным фаршем, наполненным ПЛС на основе изолята легких.

Результаты исследований реологических характеристик комбинированных фаршей в зависимости от содержания ПЛС представлены на рис. 1б. При общем небольшом абсолютном изменении реологических свойств комбинированных фаршей по сравнению с контролем вплоть до 30% содержания ПЛС характерным является более существенное различие свойств комбинированных фаршей, содержащих два разных вида ПЛС. Это различие особенно заметно выявляется при 30-50%-ном содержании ПЛС в комбинированных фаршах. Так как величины изменения реологических свойств исследуемых модельных и комбинированных фаршей с концентрацией ПЛС до 30%, не выходящие за пределы ошибки эксперимента, незначительно отличаются от аналогичных характеристик контрольного фарша, то можно полагать, что перевод белка в студнеобразное состояние в (ПЛС) приводит к потере специфичности свойств белков различного происхождения. Можно полагать, что этот факт отражает структурное и физико-химическое подобие элементов структуры традиционного фарша и измельченных ПЛС. Подобной картины не наблюдается при введении этих белков в виде изолятов. Последующие изменения, наблюдаемые при более высоких концентрациях ПЛС, могут быть средством в различии размеров частиц, их физико-химических свойств и термодинамических характеристик. Изменения свойств фарша при более высоких значениях ПЛС (прежде всего липкости) могут быть обусловлены общим изменением состава модельных и комбинированных фаршей, в частности содержанием растворимого белка. Эти эффекты могут быть компенсированы совместным использованием текстуратов и изолятов белков (табл. 2).

Учитывая, что различия по составу между модельными и комбинированными фаршами могут быть в первом приближении сведены к различию в содержании липидов (табл. 2), о чем свидетельству-



ют известные сведения об изменении реологических свойств традиционных мясных фаршей в зависимости от содержания липидов (2), при этом существенное значение имеет также форма связывающих липидов, можно полагать, что наблюдаемый эффект обусловлен также различием в жирорастворяющей способности двух видов исследуемых ПЛС (табл. 1).

Таблица 2 Table 2

Химический состав комбинированного фарша, содержащего пористые лиотропные студни  
Chemical analysis of combined communitated meat containing porous lyotropic jellies

Объект исследования subject of investigation	Содержание ПЛС porous lyotropic pic jellies content	Влага, % water			Белок, % protein			Жир, % fat			pH		
		$\bar{x}$	$\pm$	$s'$	$\bar{x}$	$\pm$	$s'$	$\bar{x}$	$\pm$	$s'$	$\bar{x}$	$\pm$	$s'$
Фарш, содержащий ПЛС на основе изолята легких communitated meat containing porous lyotropic jellies on the basis of lungs isolate	20	73,30	2,35	13,51	2,15	12,03	1,48	5,98					
	30	73,90	2,28	13,28	2,19	11,74	1,17	5,93			0,3		
	40	74,70	2,24	14,03	2,29	10,92	2,03	5,90			0,1	0,2	
Фарш, содержащий ПЛС на основе изолята сои communitated meat containing porous lyotropic jellies on the basis of soy isolate	20	73,50	2,09	13,46	2,02	12,05	2,24	5,94			0,1		
	30	73,80	2,34	13,50	2,04	11,62	1,96	5,91			0,3		
	40	74,27	2,27	13,47	2,31	10,02	2,05	5,88			0,1		
К О Н Т Р О Л Ь control	0	73,70	2,17	13,48	2,07	12,70	1,48	5,98			0,3		

В сложных традиционных дисперсных системах, которыми являются натуральные мясные фарши, весьма затруднительно независимое регулирование отдельных функциональных характеристик, а потому и выяснение ключевых параметров, определяющих качество готовых изделий. Включение в состав колбасных фаршей ПЛС, отличающихся по тем или иным функциональным свойствам от свойств фарша, представляется интересным в плане выяснения основных характеристик, определяющих свойства комбинированных изделий. Кроме того, определение ключевых структурных характеристик и физико-химических характеристик модельных систем позволяет перейти к регулированию функциональных свойств традиционных мясных фаршей за счет их совместной переработки с текстурантами и, следовательно, получение готового продукта с заданными свойствами, независимо от функциональных свойств перерабатываемого сырья.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что введение в состав фарша ПЛС до 30% не вызывает существенных изменений ключевых реологических характеристик фарша. Можно предположить, что в процессе структурообразования фарша ПЛС проявляют себя как активные наполнители. Проведенные исследования позволили количественно оценить основные реологические характеристики комбинированных колбасных фаршей, которые необходимо учитывать при расчете рабочих органов технологического оборудования. Поскольку показатели адекватны аналогичным значениям реологических характеристик для традиционных мясных систем, возможна их переработка на существующем оборудовании.

Важным этапом в технологии производства вареных колбас является переход тиксотропного фарша к готовому продукту, т.е. процесс термотропного структурообразования. При переводе фаршей в термотропные студни введение ПЛС может вызвать изменения реологических свойств готовых образцов. В связи с этим представлялось целесообразным изучить зависимость реологических характеристик комбинированных колбас от уровня замены в них мясной части ПЛС.

Результаты исследований, представленные на рис. 2а, свидетельствуют об увеличении прочностных свойств термотропного студня, полученного из модельного фарша по мере увеличения концентрации вводимых ПЛС. С увеличением концентрации вводимых ПЛС возрастают величины модуля среза и предельного напряжения среза.

Изменение реологических свойств вареных комбинированных колбас (рис. 2б) по характеру кривых аналогичны образцам термотропных студней. Более низкие численные значения реологических характеристик вареных колбас обусловлены наличием в них повышенного содержания липидов.

С точки зрения физической химии комбинированные фарши можно рассматривать как наполненные студни биополимеров. Наполнение можно определить как сочетание полимеров с твердыми веществами, которые относительно равномерно распределяются в объеме образующейся композиции и имеют четко выраженную границу раздела с непрерывной полимерной фазой (матрицей) (3). Традиционные пищевые студни могут быть наполнены значительными количествами белка и других пищевых веществ в молекулярно диспергированном состоянии и в виде жидких и твердых частиц. Белковые наполнители мясных фаршей обычно служат инертными или активными наполнителями (4), или компонентами пространственных сеток студней, неменяющими или меняющими их характеристики, например консистенцию, водо- и жиродерживающую способность. В данном случае активность наполнителей, очевидно, связана с прочностью сетки студня, а также упорядоченностью ее структуры. Являясь активными наполнителями сетки термотропного студня, ПЛС могут вносить существенный вклад как в организацию сетки студня, образованного мышечными белками (т.е. образующими комплексные студни), либо могут увеличивать прочностные свойства термотропного студня за счет более прочного собственного каркаса (т.е. образовывать смешанные студни). Наблюдаемые при этом деформационные изменения образцов подтверждают вышесказанное.

Графическое сравнение величин консистенции исследуемых образцов вареной колбасы органолептическими методами (по значениям предельного напряжения среза, деформационных изменений и модуля) дало возможность оценить уровень замены мясной части фарша ПЛС. Так, например, не происходит изменений в балловой оценке консистенции и значений модуля, предельного напряжения среза, деформации при добавлении ПЛС, полученных на основе изолята легких - до 30% и на



основе изолята сои - 20% в исследуемых образцах. Эти результаты подтверждают выводы, сделанные на основе изучения микроструктуры ПЛС.  
 Результаты исследований химического состава и выхода контрольного и опытного образцов колбасных изделий с различным уровнем замены мясной части ПЛС, полученных на основе изолята легких и изолята сои, показали, что по мере возрастания концентрации вводимых ПЛС количество влаги в образцах увеличивается, а содержание липидов несколько снижается, причем в образцах, содержащих ПЛС на основе изолята сои, это снижение более значительное. Этот факт, очевидно, объясним пониженным содержанием липидов в ПЛС вообще и в большей мере в ПЛС на основе изолята сои.  
 Для установления оптимального количества вводимых ПЛС на органолептические показатели готовых изделий была проведена дегустационная оценка вареных колбас. По мнению дегустационной комиссии образцы, содержащие 30% ПЛС на основе изолята легких и изолята сои, приемлемы к употреблению.  
 Результаты определения важнейших аминокислот, а также значение их аминокислотного сдвига, полученного по отношению к содержанию тех же аминокислот в "идеальном" белке по формуле, предложенной ФАО/ВОЗ, приведены в табл. 3 и свидетельствуют о том, что аминокислотный состав комбинированных колбас изменяется относительно контрольного образца в соответствии с аминокислотным составом ПЛС и их содержанием (30%).

Таблица 3 Table 3

Биологическая ценность вареных колбас, содержащих пористые лиотропные студни  
 Biological value of cooked sausages containing porous lyotropic jellies

НАЗВАНИЕ АМИНОКИСЛОТ aminoacids	Объект исследования - вареная колбаса, содержащая: subject of investigation - cooked sausage containing:					
	Контроль control		30% ПЛС на основе изолята легких 30% of porous lyotropic jellies on the basis of lungs isolate		30% ПЛС на основе изолята сои 30% of porous lyotropic jellies on the basis of soy isolate	
Содержание незаменимых аминокислот essential aminoacids content						
г/100г белка g/100 g of protein	химический скор chemical score	г/100г белка g/100 g of protein	химический скор chemical score	г/100г белка g/100 g of protein	химический скор chemical score	г/100г белка g/100 g of protein

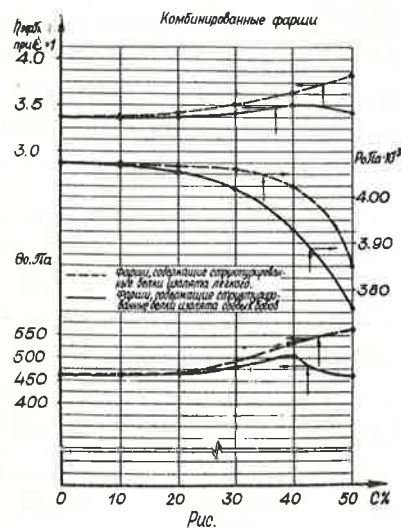
Продолжение таблицы 3  
Cont. table 3

I	1	2	3	4	5	6	7
Изолейцин Isoleucine	$\bar{x}$ ± s	4,71 0,23	II7,75	3,92 0,08	98,00	4,92 0,11	I23,00
Лейцин Leucine	$\bar{x}$ ± s	7,70 0,18	III,00	7,04 0,29	100,57	7,70 0,23	III,00
Лизин Lysine	$\bar{x}$ ± s	6,83 0,19	I24,20	6,28 0,21	II4,18	6,61 0,09	I20,18
Метионин+цистин Methionine+cystine	$\bar{x}$ ± s	2,51 0,04	91,70	2,63 0,12	95,14	2,46 0,10	90,29
Фенилаланин+тирозин Phenylalanine+tyrosine	$\bar{x}$ ± s	5,24 0,10	87,30	5,32 0,07	88,67	6,38 0,13	I06,30
Треонин Threonine	$\bar{x}$ ± s	5,03 0,35	I25,75	4,37 0,26	109,25	4,70 0,21	II7,50
Триптофан Tryptophan	$\bar{x}$ ± s	0,77 0,14	77,00	0,80 0,18	80,00	0,81 0,30	81,00
Валин Valin	$\bar{x}$ ± s	3,91 0,15	78,20	4,01 0,22	80,20	4,35 0,09	87,00
Степень протеолиза, %: proteolysis degree в пепсином by pepsin в панкреатинном by pancreatin		$\bar{x}$ ± s	I7,80 0,15 20,20 0,18		I6,90 0,12 19,24 0,15		I7,30 0,19 18,90 0,17

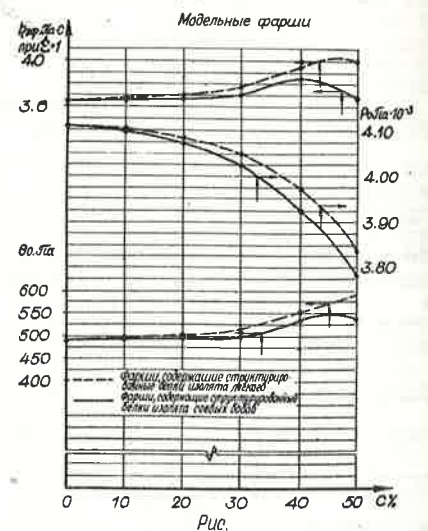
	1	2	3	4	5	6	7
Относительная биологическая ценность (ОБЦ)		$\bar{x} \pm \sigma$	94,10 3,30			79,84 3,29	83,86 3,47
relative biological value							

Данные по определению относительной биологической ценности (табл. 3) свидетельствуют о том, что введение ПЛС благоприятно влияет на биологическую ценность готовых изделий, при этом величина относительной биологической ценности образцов, содержащих ПЛС на основе изолята сои несколько выше, чем для образцов, содержащих ПЛС на основе изолята легких. Результаты исследований ферментативной атакуемости белков контрольных и опытных образцов при воздействии на них системы протеиназ пепсин-панкреатин показали, что образцы подвержены протеолизу в одинаковой степени. Таким образом, на основании комплексных исследований свойств модельных и комбинированных фаршей, содержащих до 40% ПЛС на основе изолята сои и до 50% ПЛС на основе изолята легких, установлено, что их реологические характеристики не претерпевают значительных изменений по сравнению с контрольным фаршем. В результате исследований влияния введения ПЛС на структурно-механические и органолептические свойства, а также пищевую и биологическую ценность комбинированных вареных колбас, обобщена возможность использования ПЛС в количестве до 30% в производстве вареных колбас.

Изменение реологических характеристик фаршей, содержащих структурированные белки



Изменение реологических характеристик фаршей, содержащих структурированные белки



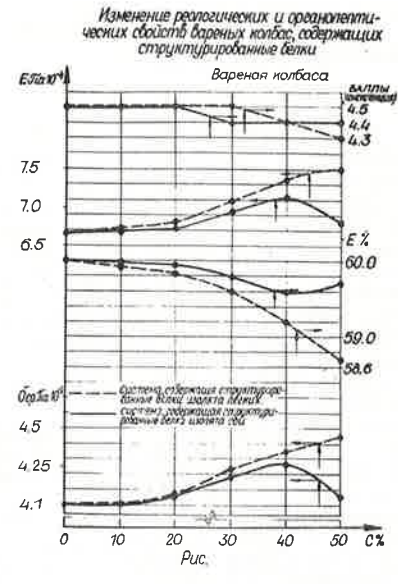
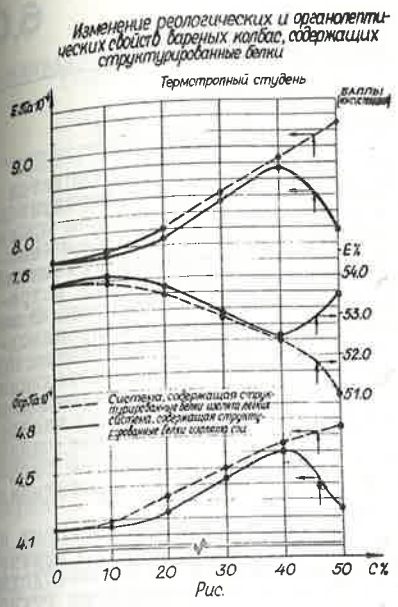
а)

б)

Рис. I

Изменение реологических свойств комбинированных фаршей

Fig. I. Change of rheological properties of combined comminuted meat



а)

б)

Рис. 2

Изменение реологических свойств вареных колбас  
 Fig. 2 Change of rheological properties of cooked sausages