

Исследование функциональных свойств белковых волокон, полученных методом бесфильтрного прядения

В.Т. ДИАНОВА, В.Б. ТОМСТОУЗОВ, В.К. ВАХРАМЕЕВ

Ордена Ленина институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова АН СССР, Москва, СССР

В последние десятилетия широкое развитие получило производство новых видов мясных изделий, называемых комбинированными мясопродуктами (1). Их получают в результате переработки смеси традиционного мясного фарша со структурированными (или текстурированными) формами белка. Основное требование к последним заключается в том, чтобы, будучи белковыми элементами структуры комбинированных фаршей или готовых изделий, они как можно меньше искажали структуру традиционных пищевых систем, не меняя или изменяя в желаемом направлении их технологические и потребительские свойства. В этом случае структурированные белки можно рассматривать как "белковые разбавители мясопродуктов", которые по аналогии с известным принципом: "подобное растворяется в подобном" могут быть введены в фарши в значительных количествах (30-70%) и совместно с ними переработаны в высококачественные комбинированные мясопродукты. Возможность такой совместной переработки, очевидно, в значительной мере определяется соотношением функциональных свойств белкового разбавителя (структурированного белка) и традиционного мясного фарша, а также характером взаимодействия их компонентов в сложной комбинированной системе. В этой связи большой интерес представляет разработка способов получения структурированных белков (гелей, пористых гелей, волокон и т.д.), позволяющих регулировать их функциональные свойства, а также изучение функциональных свойств и структуры комбинированных пищевых систем и выяснение основных функциональных характеристик, определяющих качество готовых изделий. В общем случае функциональные свойства белков, белковых элементов структуры пищевой системы или продукта, а также белковых студнеобразующих систем (например, фаршей, теста и т.п.) представляют собой широкий комплекс физико-химических характеристик, определяющих роль белка в формировании структуры и комплекса свойств перерабатываемых пищевых систем и готовых изделий (2). При этом, как правило, существенно то обстоятельство, что в сложных традиционных системах, например, фаршах, весьма затруднительно или невозможно независимое регулирование отдельных функциональных характеристик, а потому и выяснение ключевых параметров, определяющих качество готовых изделий. Поэтому включение в состав фаршей белковых разбавителей, отличающихся по тем или иным функциональным свойствам от свойств фарша, представляется весьма перспективным в плане выяснения ключевых характеристик, определяющих свойства готовых изделий. С другой стороны, возможность получения белковых разбавителей, различающихся в весьма широких пределах по отдельным функциональным свойствам, позволяет приступить к разработке высококачественных комбинированных мясопродуктов с высоким содержанием белковых разбавителей, т.е. к продуктам с высоким уровнем замены мясного сырья, но также и перейти к регулированию

функциональных свойств мясного фарша по ключевым структурным и физико-химическим характеристикам и получению мясных изделий с заданными свойствами независимо от функциональных свойств перерабатываемого фарша или мясного сырья.

Данное сообщение посвящено изучению функциональных свойств белковых волокон, получаемых методом бесфильтрного прядения, в связи с их использованием в качестве белковых разбавителей мясопродуктов. Принимая во внимание результаты исследований в области переработки фаршей в мясные изделия, свидетельствующие о том, что наиболее важными функциональными характеристиками фаршей, определяющими свойства готовых изделий, являются растворимость белка, влагопоглощательная и влагоудерживающая способность, pH и реологические свойства, определяющие аналогичные функциональные свойства белковых волокон, а также оценивали их аминокислотный состав и относительную биологическую ценность следующими методами:

- растворимость по методу, предложенному Шмандке (3), растворимость определялась при температуре 20°C и 30°C;
- влагопоглощательная способность весовым методом;
- влагоудерживающая способность по методу Смита Г. (4);
- определение величины напряжения сдвига проводили на универсальной испытательной машине "Интрон-ТМ- SM - L " в режиме с постоянной скоростью нагружения $8,3 \times 10^{-6}$ м;
- аминокислотный состав методом ионнообменной хроматографии;
- относительную биологическую ценность - микробиологическим методом на тест-объекте *Tetrahymena pyriformis* по методике Игнатьева А.Д. (5);
- степень атакуемости протеолитическими ферментами *in vitro* по методике Покровского и Ертанова (6).

Бесфильтрный способ получения белковых волокон основан на явлении деформации дисперсных частиц двухфазных жидких систем в потоке (6). Их получают мокрым прядением двухфазной жидкой системы с переводом дисперсной среды в студнеобразное состояние. Белковое макроволокно по своей структуре является анизотропным студнем, наполненным капиллярным, ориентированным в направлении сдвига. Общая схема образования студней капиллярной структуры приведена в работе (7).

Внешний вид исходных макроволокон диаметром $120-240 \times 10^{-6}$ м, полученных на основе изолята "Пронин Д", показан на рис. 1. На рис. 2 приведена микротография поперечного среза макроволокна, которое представляет собой студень капиллярной структуры.

Исследование изменения свойств белковых макроволокон в зависимости от pH волокон выполнено в интервале pH 4,5-II. При отклонении pH от величины, отвечающей ИЭТ белка (pH=4,5), до нейтрального влагопоглощательная способность макроволокон возрастает в 4 раза и их влагоудерживающая способность в 6 раз (Рис. 3).

Растворимость белковых волокон при увеличении pH от 4,5 до II возрастает до 85-100% (Рис. 4). Изменение прочностных характеристик белковых волокон в зависимости от величины их pH также носит S-образный характер. При повышении pH от 4 до 8 напряжение сдвига белковых макроволокон снизилось в 1,8-3 раза (Рис. 5).

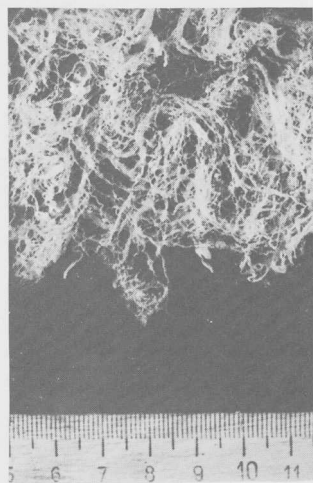


Рис.1. Внешний вид макроволокон, полученных на основе
изолята "Промин Д"

Fig. 1 Appearance of macrofibres obtained on the basis of isolate "Promine D"



Рис.2. Микрофотография поперечного среза
микроволокна. Кратность увеличения $\times 600$.

Fig. 2. Microphotographs of microfibre
cross cut-off. Ratio of magnifica-
tion $\times 600$

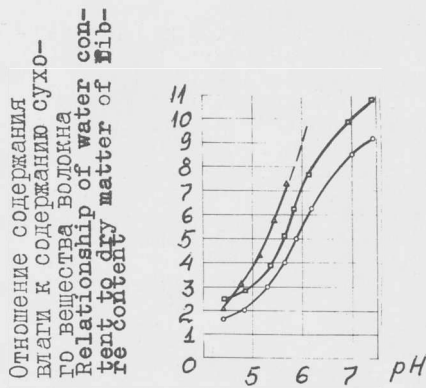


Рис.3а. Влияние pH на влагопоглощающую и влагоудерживающую способность белковых волокон, выдержанных при $t = 4^{\circ}\text{C}$.

- Δ — Δ влагопоглощающая способность
- $\square$ — $\square$ влагопоглощающая способность при тепловой обработке
- $\circ$ — $\circ$ влагоудерживающая способность
- — — — — неограниченное набухание

Fig. 3a pH influence on waterabsorption & waterholding capacity of protein fibres, stored at 4°C .

- Δ — Δ waterabsorbing capacity
- $\square$ — $\square$ waterabsorbing capacity under heat treatment
- $\circ$ — $\circ$ waterholding capacity
- — — — — unlimited swelling

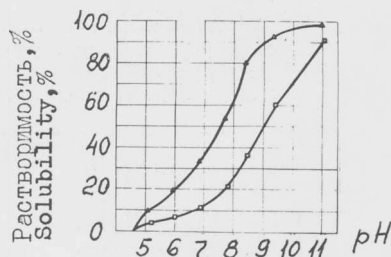


Рис.4. Влияние pH на растворимость белковых волокон.

- Δ — Δ — волокна, выдержанные при $t = 4^{\circ}\text{C}$
- $\square$ — $\square$ — волокна, выдержанные при $t = -18^{\circ}\text{C}$

Fig. 4 pH influence on protein fibres solubility

- Δ — Δ — fibres stored at 4°C
- $\square$ — $\square$ — fibres stored at -18°C

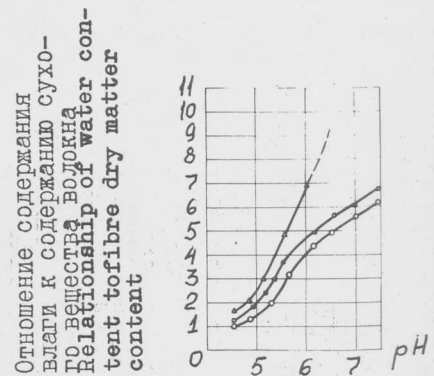


Рис.3б. Влияние pH на влагопоглощающую и влагоудерживающую способность белковых волокон, выдержанных при $t = -18^{\circ}\text{C}$.

Fig. 3b pH influence on waterabsorption & waterholding capacity of protein fibres, stored at -18°C

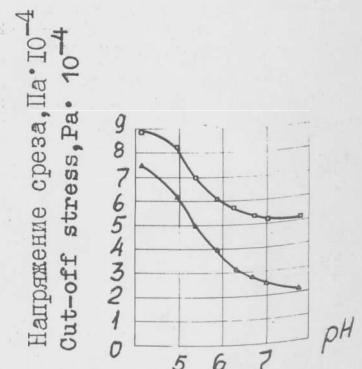


Рис.5. Напряжение среза белковых волокон при различной величине pH.

Fig. 5 Cut-off stress of protein fibres at various pH values

замораживание и последующее оттаивание анизотропных студней капиллярной структуры (макроволокон) приводит к их расщеплению на микроскопические белковые волокна аналогично тому, что наблюдалось в случае анизотропных студней слоистой структуры (8). В результате удавалось получить пучки тонких белковых волокон нецилиндрической формы. Функциональные свойства таких волокон представляют большой интерес в связи с их малым диаметром нецилиндрической формы (т.е. развитой поверхностью), плотной укладкой в пучках и возможностью регулировать в широких пределах геометрические параметры, состав волокон и концентрацию в них белка. Изменение макроволокон при их замораживании проводили при термостатировании макроволокон (рис. 4, 5) при температурах -18°C . В результате каждое макро волокно (рис. 1) распадается на пучки тонких волокон, микроструктура которого приведена на рис. 6. Этот процесс сопровождается отделением водной фазы в результате необратимого концентрирования белкового студня, образуемого макро волокна. Полученные таким образом пучки тонких белковых волокон существенно отличаются по функциональным свойствам. Водопоглощительная способность макроволокон (т.е. студней капиллярной структуры) в 2 раза выше, чем для пучков макроволокон. Напротив, они менее устойчивы к изменению pH и тепловой обработке, чем пучки макроволокон. Необратимое набухание и растворение при тепловой обработке (кипячение в воде в течение 30 мин.) наблюдали для макроволокон при pH выше 5,6, для пучков макроволокон при pH выше 6,2. Устойчивость макроволокон при 200°C и pH 7 в 3 раза выше, чем для пучков макроволокон. Приведенные исследования показывают возможность регулировать функциональные свойства белковых волокон, получаемых методом бесфильтрованного прядения. Однако, при этом возникает вопрос об изменении аминокислотного состава и биологической ценности изолята "Промин Д" при переработке в волокна бесфильтрным способом. В этой связи проведено сравнительное исследование аминокислотного состава, степени протеолиза протеолитическими ферментами и относительная биологическая ценность исходного изолята и изолята в составе пучков макроволокон. Результаты представлены в табл. I. Макро волокна не отличаются от исходного белка по содержанию незаменимых аминокислот. Исключение составляет цистин, содержание которого снижается в 1,7 раза. Не обнаружено достоверных различий в степени протеолиза изолята и волокон на его основе, а также в относительной биологической ценности. Таким образом есть основание полагать, что переработка изолята в макро волокна бесфильтрным способом, протекающая в существующих мягких условиях, чем при традиционном мокром прядении, не сопровождается заметным изменением его биологической ценности и позволяет регулировать в широких пределах функциональные свойства получаемых белковых волокон. Макро волокна капиллярной структуры, так и пучки макроволокон изолята "Промин Д" в интервале pH 5,0-6,2 способны удерживать значительное и регулируемое (режим получения и pH) количество влаги, выдерживать тепловую обработку (в условиях совместной с фаршами переработки), нейтральны по вкусу, белого цвета, не имеют постороннего запаха. В связи с этим они представляют практический интерес в качестве белкового разбавителя для комбинированных мясопродуктов.

Изменение содержания незаменимых аминокислот, степени протеолиза и относительной биологической ценности белков, подвергнутых структурированию
Change of essential aminoacids content, proteolysis degree and relative biological value of proteins, under structurization

Таблица I
Table I

Показатели Characteristics	Исследуемые образцы examined samples	
	Белковые пищевые волокна $x^{\pm}$ protein food fibres	Белки, не подвергнутые обработке $x^{\pm}$ proteins not treated

Содержание незаменимых аминокислот/100г aminoacids content /100 g		
Изолейцин Isoleucine	8,42 $\pm$ 0,44	8,53 $\pm$ 0,16
Лейцин Leucine	13,50 $\pm$ 0,32	13,21 $\pm$ 0,24
Лизин Lysine	8,18 $\pm$ 0,10	8,34 $\pm$ 0,41
Метионин Methionine	1,69 $\pm$ 0,08	1,75 $\pm$ 0,07
Цистин Cystine	0,86 $\pm$ 0,03	1,03 $\pm$ 0,01
Треонин Threonine	6,95 $\pm$ 0,23	6,41 $\pm$ 0,21
Триптофан Tryptophan	1,23 $\pm$ 0,02	1,17 $\pm$ 0,05
Валин Valin	7,25 $\pm$ 0,22	8,11 $\pm$ 0,35
Фенилаланин Phenilalanine	8,35 $\pm$ 0,34	7,92 $\pm$ 0,14
Тирозин Tyrosine	4,31 $\pm$ 0,16	4,19 $\pm$ 0,23

Степень протеолиза, % by pepsine пепсином	17,30 $\pm$ 0,22	17,43 $\pm$ 0,16
панкреатин панкреатином	19,41 $\pm$ 0,14	19,65 $\pm$ 0,19
Относительная биологическая ценность (ОБЦ) (casein-100%) relative biological value	63,0 $\pm$ 0,70	64,5 -0,40

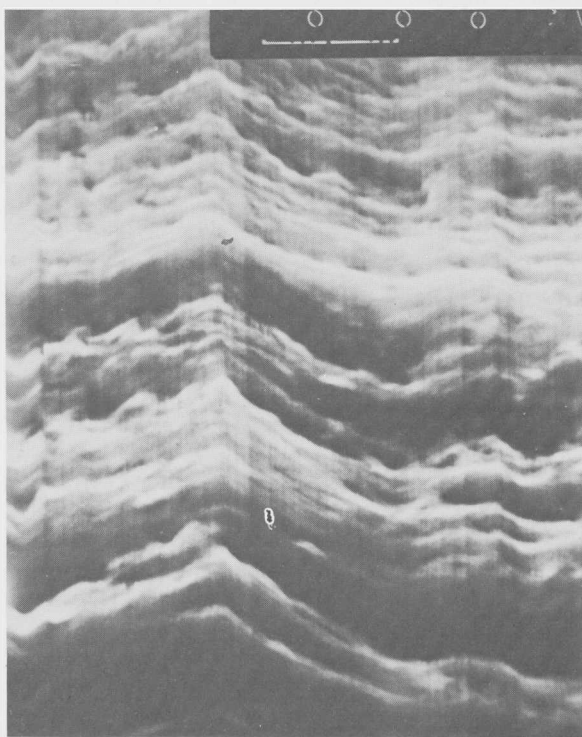


Рис.6. Микрофотография волокна, выдержанного при $t = -18^{\circ}\text{C}$. Кратность увеличения $\times 10000$.

Fig. 6 Microphotograph of fibre stored at -18°C . Ratio of magnification $\times 10000$.

Литература:

1. Rosenfield D., Hartmann W.E. Spun-Fiber Textured Products. J. of Amer. Oil Chem. Soc. 1974, v.51, №1, p. 91A-94A.
2. Толстогузов В.Е. Искусственные продукты питания. - М., Наука, 1978, стр.231.
3. Schmandke M. und Schmidt G. Zur Untersuchung und Beeinflussung funktioneller Eigenschaften von Protein - stoffen und Proteinfasern. 1. Mitt Untersuchungen zur Löslichkeit von Ackerbohnenproteinisolat, Casein und daraus hergestellten Proteinfasern in Abhängigkeit von pH-Wert. Die Nahrung, 1977, 21, 5, 205-208.
4. Smith G.C., Marshall W.H., Carpenter Z.L., Horansson R.S., Meinke W.W. Textured soy proteins for use in blended ground beef patties. J. of F.Sci. 1976, 41, 5, 1148-1152.
5. Игнатъев А., Исаев М., Долгов В. и др. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью реснитчатой инфузории Тетра-химена пириформис - Вопросы питания, 1980, №1, стр.70-71.
6. Покровский А., Ертанов Н. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами - Вопросы питания, 1965, №3, стр.38-45.
7. Liquid Two-phase Water-protein-polysaccharide Systems and Their Processing into Textured protein Products. Antonov, Grinberg, Zhuravskaya, Tolstogusov. J. of Tex. Stud. 1980, 11, 199-215.
8. Tolstogusov, Mzelsky, Lulov. On the Preparation of Anisotropic Gels of Capillary Structure. Vysokomolek. solyd. B. 1973, 15, 824.

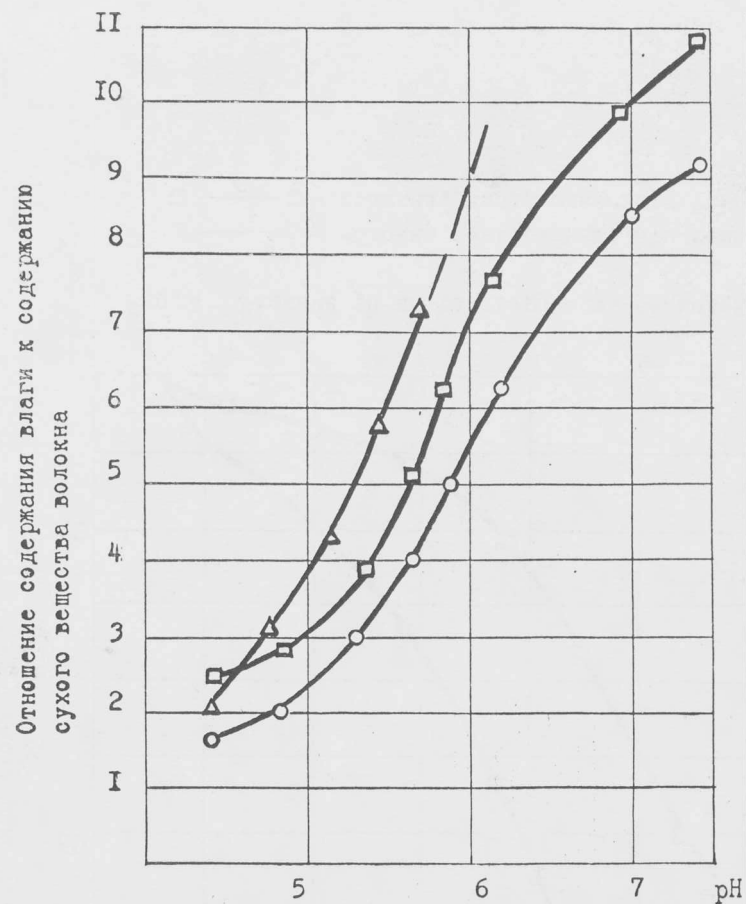


Рис. 3а. Влияние рН на влагопоглощательную и влагоудерживающую способность белковых волокон, выдержанных при температуре 4°C.

- Δ — Δ влагопоглощательная способность
 □ — □ влагопоглощательная способность при тепловой обработке
 ○ — ○ влагоудерживающая способность
 - - - - - неограниченное набухание

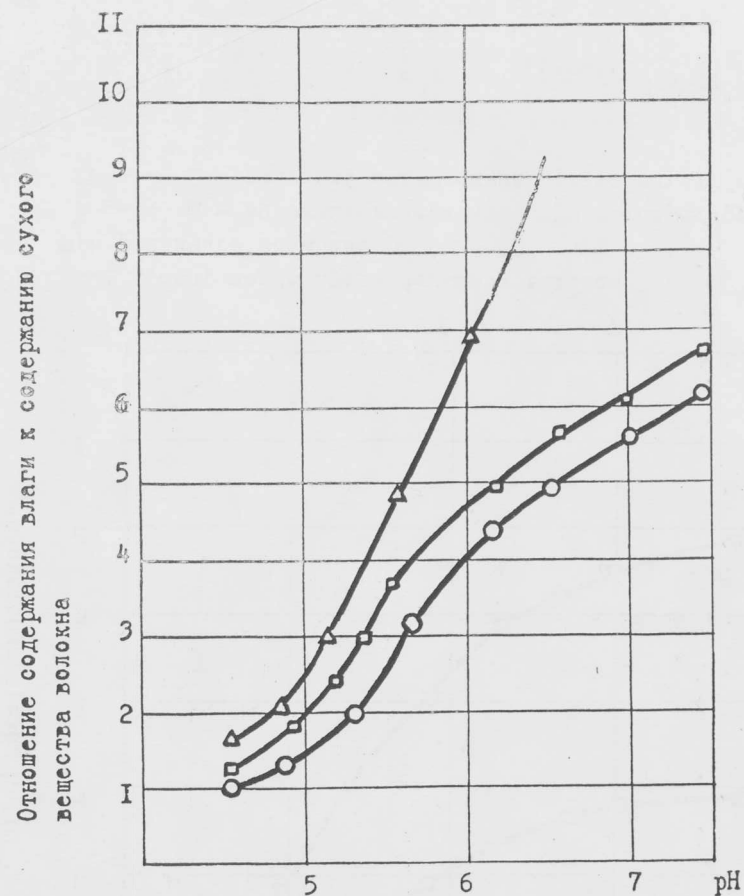


Рис. 3б. Влияние рН на влагопоглощательную и влагоудерживающую способность белковых волокон, выдержанных при температуре минус 18°C.

- Δ — Δ влагопоглощательная способность;
 □ — □ влагопоглощательная способность при тепловой обработке;
 ○ — ○ влагоудерживающая способность;
 - - - - - неограниченное набухание.

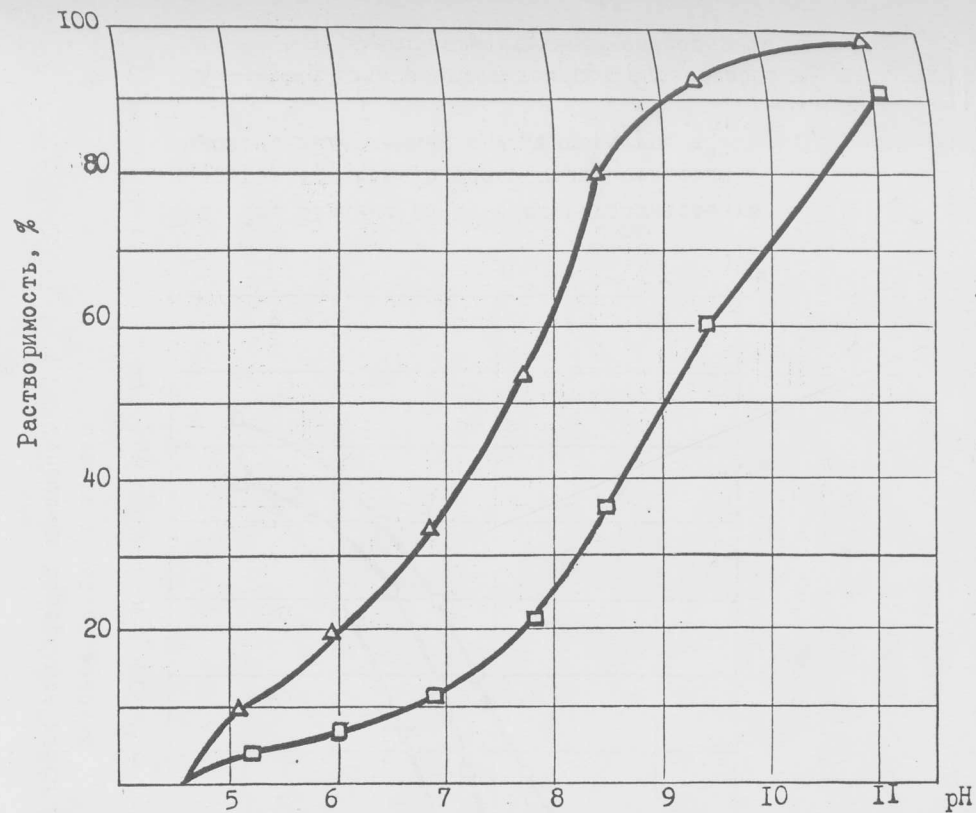


Рис. 4. Влияние pH на растворимость белковых волокон

△ — △ — волокна, выдержанные при температуре 4°C;
 □ — □ — волокна, выдержанные при температуре -18°C.

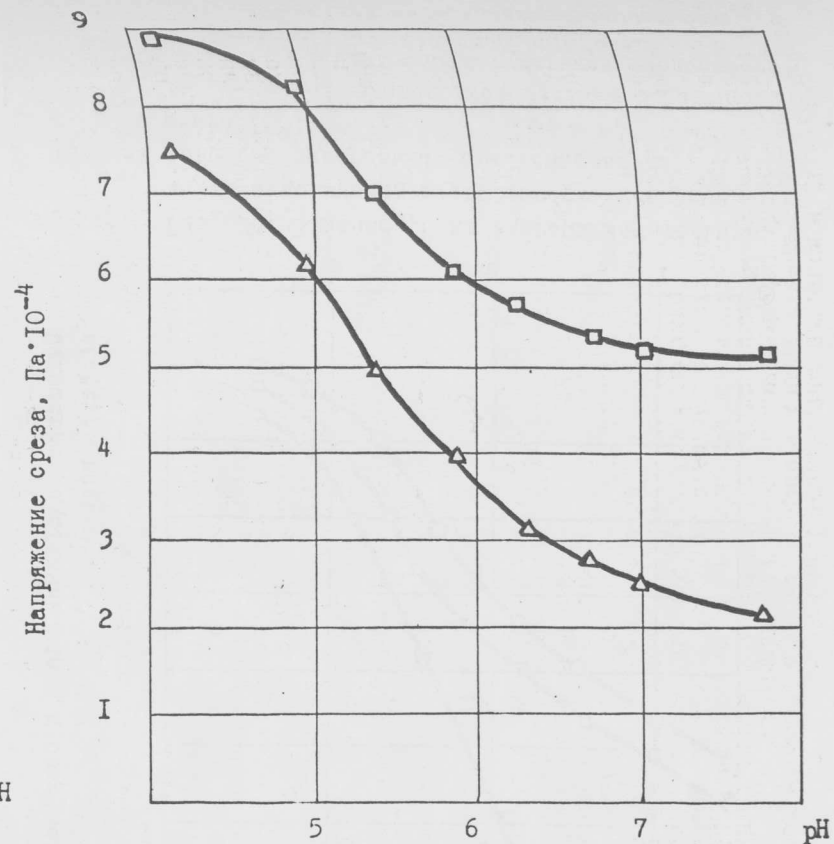


Рис. 5. Напряжение среза белковых волокон при различной величине pH

△ — △ — волокна, выдержанные при температуре 4°C;
 □ — □ — волокна, выдержанные при температуре -18°C.