

УДК 663.5

UDC 663.5

05.00.00 Технические науки

Technical Sciences

**ХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КОНФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ВОДА –
ВАРЕННЫЙ БЕЛОК ПРИ СУШКЕ**

**CHRONOLOGICAL STUDY OF
CONFIGURATION OF A WATER – BOILED
PROTEIN SYSTEM WHEN DRYING**

Данильченко Александра Сергеевна
ассистент, SPIN-код: 1470-5800
*Кубанский государственный технологический
университет, г.Краснодар, Россия*

Danilchenko Aleksandra Sergeevna
assistant
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Короткова Татьяна Германовна
д.т.н., профессор, SPIN-код: 3212-7120
*Кубанский государственный технологический
университет, г.Краснодар, Россия*

Korotkova Tatyana Germanovna
Dr.Sci.Tech., professor
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Устюжанинова Таисия Аркадьевна
к.т.н., доцент, SPIN-код: 4513-4921
*Майкопский государственный технологический
университет, г.Майкоп, Россия*

Ustjuzhaninova Taisija Arkadieвна
Cand.Tech.Sci., assistant professor
*Maikop State Technological University, Maikop,
Russia*

Седой Юрий Николаевич
к.т.н., доцент, SPIN-код: 9661-6678
*Кубанский государственный технологический
университет, г.Краснодар, Россия*

Sedoy Yury Nikolaevich
Cand.Tech.Sci., assistant professor
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Приведены исследования по сушке суспензии, состоящей из дистиллированной воды и мелко нарезанного вареного белка куриного столового яйца. Суспензия помещена в сушильный шкаф Memmert, в котором выставлена температура 60 °С. В процессе удаления влаги при высушивании суспензии вода – вареный белок, исследована кинетика ее сушки и выполнено хронологическое фотографирование конформации системы вода – вареный белок. Конечная масса белка, оставшегося после испарения влаги, составила 0,06 г, что соответствует 26 % от массы исходного вареного белка в количестве 0,23 г. Анализ внешнего вида системы вода – вареный белок при испарении воды показал, что первоначально белый цвет белка не претерпевает каких-либо изменений вплоть до 35 мин сушки, т.е. когда основной массой является вода. При дальнейшем высушивании суспензии, начиная с 40 мин вареный белок словно «тает» в остатках окружающей воды, и по мере ее исчезновения становится всё более и более прозрачным. При этом формы белка округляются и принимают форму жидких кристаллов. Конечной фазой белка является твердая прозрачная пленка

The article presents results of research on drying a slurry consisting of distilled water and finely chopped cooked chicken protein of table eggs. The suspension is placed in a Memmert oven, which has temperature of 60 °C. In the process of removing moisture when drying the slurry of water - boiled protein we examined kinetics of its drying and performed chronological photographing of conformation of the system of water - boiled protein. The final weight of the protein remaining after evaporation, was 0.06 g corresponding to 26% by weight of cooked protein source in an amount of 0.23 g. The analysis of the system appearance including the evaporation of the water showed that the protein was originally white, and this color does not undergo any changes until 35 minutes of drying, i.e. when the main base is water. Upon further drying of the suspension, starting with 40 minutes, boiled protein literally "melts" in the surrounding water residues; and as it is disappearing, becoming more and more transparent. Meanwhile, the forms of the protein are becoming round and transforming into the form of liquid crystals. The final phase of the protein is a solid transparent film

Ключевые слова: **ВАРЕННЫЙ ЯИЧНЫЙ БЕЛОК,
СУШКА, АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ
БЕЛКА**

Keywords: **BOILED EGG WHITE, DRYING,
PROTEIN AMINO ACID COMPOSITION**

Doi: 10.21515/1990-4665-122-061

Интерес к науке о белке, называемой протеомикой, побуждает исследователей проводить эксперименты, которые на первый взгляд могут показаться экзотическими. Известно, что каждая клетка продуцирует тысячи белков, а набор белков клетки называется ее протеомом. Структура белковых молекул намного сложнее, чем молекул ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты). Об этом свидетельствует хотя бы тот факт, что молекулы ДНК линейны, а белковая молекула представляет собой цепочку из 22 элементов (аминокислот), соединенных в последовательности, закодированной в нуклеотидах соответствующего гена [1].

Многолетние исследования, изложенные в работе [2], позволили обнаружить новые факты простым наглядным способом. Авторы сравнивали поведение системы белок – вода при ее высыхании в различных термодинамических условиях: открытых неравновесных и закрытых, более равновесных. Изменялась скорость испарения воды из коллоидного раствора белка и характер процесса. Использовались различные методы микроскопии: оптический, поляризационный, электронный сканирующий, конфокальный лазерный и др. Определялись электрические и магнитные свойства, проводился рентгеноструктурный анализ и т.д. Опыты показали, что только в открытой, далекой от термодинамического равновесия, системе белок – вода в динамике появлялось множество пространственно-временных структур со свойствами, присущими процессам самоорганизации материи в неравновесном состоянии. Было установлено, что самоорганизация белка *in vitro* в отсутствии важнейших ингредиентов живых систем, т.е. без ДНК, АТФ (Аденозинтрифосфат) и др. приводила к образованию структур, аналогичных с различными волокнами живого организма (мышечными, нервными и т.д.). В противоположность этому в закрытой, более равновесной, системе возникали двумерные сетчатые кристаллические

структуры, которые не имели аналогов в живых биологических объектах. Данные рентгеноструктурного анализа доказали наличие наноструктур в неравновесном состоянии белка. Белковые структуры «таяли» и пропадали из вида при гидратации. Это происходило, когда вода добавлялась в первоначально высохшую систему белок – вода. В присутствии воды белок снова превращался в невидимую фазу, словно растворялся. Дальнейшие исследования показали, что при высыхании белок сохранял свои свойства. Обнаружена способность белка в неравновесном состоянии (в отличие от кристаллической формы) автономно без других ингредиентов живого генерировать автоволновые процессы, выполняя энергетическую и информационную роль.

В работе [3] изложены современные представления о конформационной динамике белков, сопоставлены механические свойства белковых глобул, их упругость и микровязкость. В предложенной модели армированной капли белковая глобула не похожа ни на твердые кристаллические тела, ни на простые жидкости. Разрешение этого парадокса привело к представлениям о механизме ограниченной диффузии для движений белковых групп. При комнатной температуре эффективная микровязкость белковой глобулы 100 пуаз, а при той же температуре вязкость воды составляет 0,01 пуаз. Автором [3] величина вязкости 100 пуаз сравнивается с застывающей в жаркий летний день капелькой сосновой смолы. При понижении температуры до минус 100 °С микровязкость глобулы возрастает более чем в 100 раз и белок переходит в замороженное стеклообразное состояние. Но в отличие от жидкостей атомные группы в белке прочно связаны и могут перемещаться в весьма ограниченных пределах, как это происходит в твердых телах. Приводится известный факт того, что в водном растворе при изменении pH многие белки денатурируют, т.е. переходят из компактной глобулярной формы в форму рыхлого клубка, т.е. принимают структуру со случайными

конформациями звеньев. При обратном изменении рН происходит восстановление строго определенной третичной структуры белковой глобулы. Процессы денатурации и ренатурации происходят за счет конформационных движений полипептидной цепи.

В работе [4] исследовано влияние термической обработки на пищевое куриное яйцо, богатое белком, для обеспечения его микробной безопасности, снижения негативного воздействия тепла на технологические свойства яичного белка и получения желательных органолептических признаков. Обнаружено, что когда яичный белок подвергается воздействию тепла, то его глобулярные белки склонны к изменениям в структуре и конформации.

Роль белков теплового шока (БТШ) в устойчивости клеток к тепловому стрессу обсуждается в работе [5]. БТШ помогают клетке выжить в условиях температурного стресса и вернуться после его прекращения к нормальной жизни. Показано, что БТШ являются у растений одним из компонентов программ, вызываемых стрессом и необходимых для выживания клеток в стрессовых условиях. Приведены фотографии под микроскопом, иллюстрирующие изменения в инфраструктуре растительных клеток при действии теплового шока. Рассмотрены общность структуры, функции и регуляции синтеза БТШ у всех живых организмов.

В рассмотренных работах [2-5] речь идет о белках живой клетки и его конформационных перестройках. А что можно сказать о конформационных перестройках, если белок, например, куриного яйца, сварить?

В работе [6] нами приведены наглядные экспериментальные данные по изменению конформации вареного яичного белка. В качестве исходного было взято сырое яйцо куриное столовое АО «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева. Вареный белок был подвергнут процессу сушки до постоянного

веса в сушильном шкафу Memmert (Германия). Приведенные фотографии иллюстрируют процесс «высыхания» белка. По мере испарения влаги белок потерял белый цвет и стал прозрачным. Высохший белок вареного куриного яйца приобрел вид жидких кристаллов, причем крупинки белка словно «расплавились». Масса белка составила 16 % от массы исходного белого вареного белка.

В настоящем исследовании взят вареный белок куриного столового яйца, разрезан на мелкие кусочки и залит дистиллированной водой. Полученная суспензия поставлена в сушильный шкаф Memmert, в котором выставлена температура 60 °С. Данная температура характерна для сушки спиртовой барды, являющейся отходом спиртового производства и содержащей белки, жиры, углеводы и др. ценные компоненты, необходимые для полноценного развития животных и птицы [7, 8]. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные сушки смеси вода – вареный белок

Масса чашки Петри, г			120,52
Масса чашки Петри с водой (≈ 10 мл), г			130,49
Масса чашки Петри с водой и вареным белком (≈ 10 мл), г			130,72
Масса воды и вареного белка, г			10,2
Масса вареного белка, г			0,23
Температура в сушильном шкафу, °С			60
Объем дистиллированной воды, мл			10
Продолжительность испарения (сушки)			Масса, г
час:мин:сек	сек	мин	
10:28:00	0	0	10,20
10:33:41	341	5,683	8,62
10:37:55	595	9,917	7,30
10:42:55	895	14,917	5,95
10:48:16	1216	20,267	4,66
10:53:05	1505	25,083	3,23
10:58:00	1800	30,000	1,90
11:03:34	2134	35,567	1,46
11:08:11	2411	40,183	0,47
11:13:05	2705	45,083	0,12
11:18:24	3024	50,400	0,06

В процессе удаления влаги при высыхании суспензии вода – вареный белок исследована кинетика её сушки и выполнено хронологическое фотографирование конформации системы вода – вареный белок. Конечная масса белка, оставшегося после испарения влаги, составила 0,06 г, что соответствует 26 % от массы исходного вареного белка в количестве 0,23 г. На рисунках 1-13 показано хронологическое визуальное наблюдение за конформацией системы вода – вареный белок при сушке и измерение массы высыхающей суспензии.



Рисунок 1 – Масса пустой чашки Петри



Рисунок 2 – Масса чашки Петри с водой



Рисунок 3 – Масса чашки Петри с водой и вареным белком



Рисунок 4 – Внешний вид вареного белка в дистиллированной воде



Рисунок 5 – Масса после 5 мин сушки



Рисунок 6 – Масса после 10 мин сушки



Рисунок 7 – Масса после 15 мин сушки



Рисунок 8 – Масса после 20 мин сушки



Рисунок 9 – Масса после 35 мин сушки



Рисунок 10 – Масса после 40 мин сушки



Рисунок 11 – Масса после 45 мин сушки



Рисунок 12 – Масса после 50 мин сушки



Рисунок 13 – Масса после удаления влаги

Анализ внешнего вида системы вода – вареный белок при испарении воды показывает, что первоначально белый цвет белка не претерпевает каких-либо изменений вплоть до 35 мин, т.е. когда основной массой является вода. При дальнейшем высыхании суспензии, начиная с 40 мин (рисунок 10) вареный белок словно «тает» в остатках окружающей воды, и по мере ее исчезновения становится всё более и более прозрачным (рисунки 11 и 12). При этом формы белка округляются и принимают форму жидких кристаллов. Конечной фазой белка является твердая прозрачная пленка (рисунок 13), вес которой составил 0,06 г.

На рисунке 14 приведена кинетика убывания влаги при высыхании раствора вода – вареный белок. На оси ординат отложено значение массы воды с вареным белком. Положение экспериментальных точек характерно для периода удаления свободной влаги до 30 мин и периода удаления связанной влаги, примерно после 35 мин. Известно, что первый период сушки характеризуется линейной зависимостью изменения влагосодержания во времени, что наблюдается на рисунке 14. Вторым периодом сушки представлен на рисунке 15 в координатах влагосодержание – время.

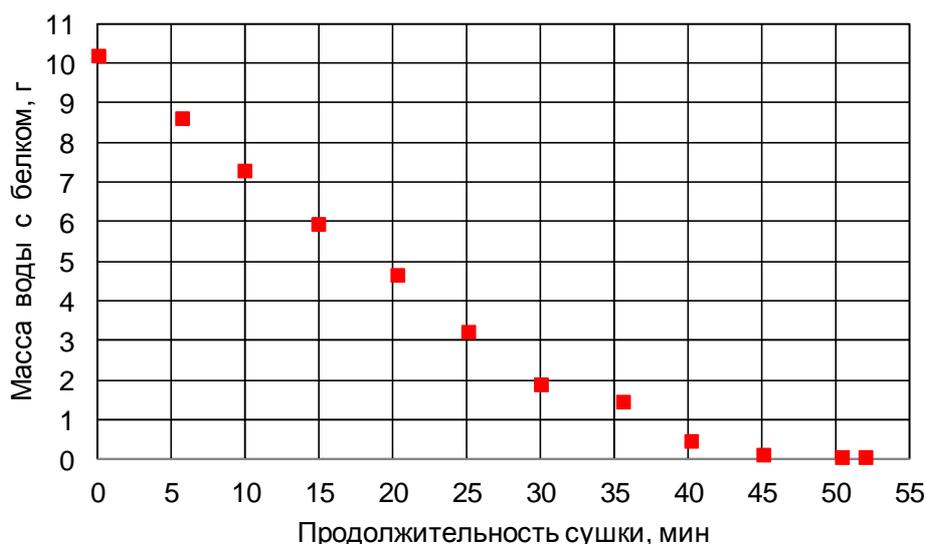


Рисунок 14 – Зависимость массы воды с вареным белком от продолжительности сушки

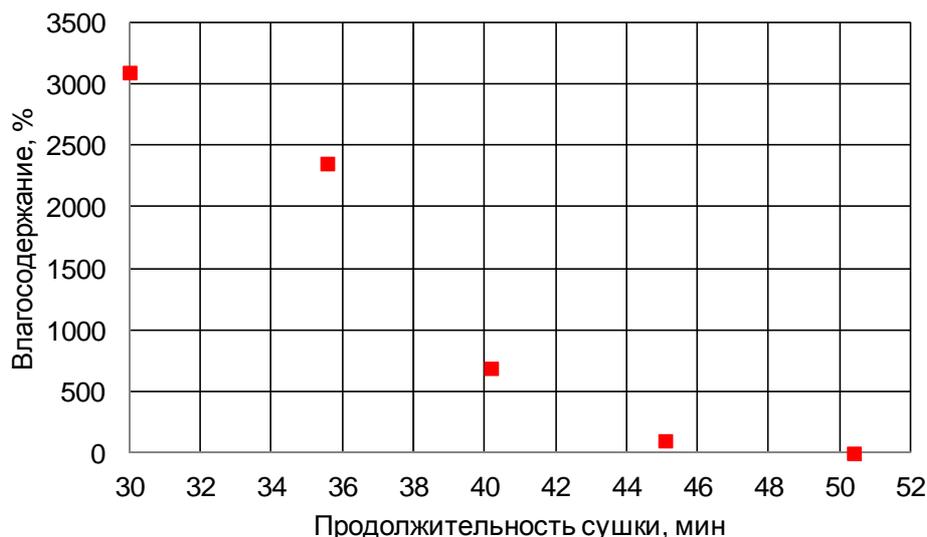


Рисунок 15 – Изменение влагосодержания во времени в период падающей скорости сушки смеси вода – вареный белок

Выводы. Исследование процесса сушки суспензии вода – вареный белок показало, что при испарении воды вареный белок теряет белый цвет и становится прозрачным. Формы белка округляются и принимают форму жидких кристаллов. Конечной фазой белка является твердая прозрачная пленка. Положение экспериментальных точек показывает наличие первого и второго периодов сушки, что характерно для жидкофазных растворов.

Список литературы

1. Протеомика <http://mikrobiki.ru/biotehnologii/biotehnologii/proteomika.html>
2. Рапис Е. Неравновесное состояние наноструктур белка при его самоорганизации // Журнал технической физики, 2006. Т. 76. Вып. 2. С. 121-127.
3. Шайтан К.В. Конформационная подвижность белка с точки зрения физики // Соревольский образовательный журнал, 1999. № 5. С. 8-13.
4. Effect of Heat on Egg White Proteins / Zoubida Akkouche, Lyes Aissat, Khodir Madani // International Conference on Applied Life Sciences (ICALS2012) Turkey, September 10-12, 2012. p. 407-413.
5. Кулаева О.Н. Белки теплового шока и устойчивость растений к стрессу // Соревольский образовательный журнал, 1997. № 2. С. 5-13.
6. Данильченко А.С. Исследование конформационных перестроек белка при сушке / Данильченко А.С., Короткова Т.Г., Мариненко О.В., Артамонов А.М. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №07(121). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/40.pdf>, 0,625 у.п.л. – IDA [article ID]: 1211607040. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-121-040>

7. Короткова Т.Г., Данильченко А.С. Белок барды – ценный корм для животных и птицы // Современный взгляд на будущее науки: сборник статей Международной научно - практической конференции (25 мая 2016 г., Томск). В 5 ч. Ч.4 / - Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – С. 61-62.

8. Егоров И. Послеспиртовая барда и пивная дробина в кормлении птицы / И. Егоров, Ш. Имангулов, Г. Игнатова, П. Паньков, Б. Розанов, С. Кислюк // Комбикорма, 2006. – № 2.

References

1. Proteomika <http://mikrobiki.ru/biotehnologii/biotehnologii/proteomika.html>
2. Rapis E. Neravnovesnoe sostojanie nanostruktur belka pri ego samoorganizacii // Zhurnal tehnicheckoj fiziki, 2006. T. 76. Vyp. 2. S. 121-127.
3. Shajtan K.V. Konformacionnaja podvizhnost' belka s točki zrenija fiziki // Sorovskij obrazovatel'nyj zhurnal, 1999. № 5. S. 8-13.
4. Effect of Heat on Egg White Proteins / Zoubida Akkouche, Lyes Aissat, Khodir Madani // International Conference on Applied Life Sciences (ICALS2012) Turkey, September 10-12, 2012. p. 407-413.
5. Kulaeva O.N. Belki teplovogo shoka i ustojchivost' rastenij k stressu // Sorovskij obrazovatel'nyj zhurnal, 1997. № 2. S. 5-13.
6. Danil'chenko A.S. Issledovanie konformacionnyh perestroek belka pri sushke / Danil'chenko A.S., Korotkova T.G., Marinenko O.V., Artamonov A.M. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №07(121). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/40.pdf>, 0,625 u.p.l. – IDA [article ID]: 1211607040. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-121-040>
7. Korotkova T.G., Danil'chenko A.S. Belok bardy – cennyj korm dlja zhivotnyh i pticy // Sovremennyj vzgljad na budushhee nauki: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii (25 maja 2016 g., Tomsk). V 5 ch. Ch.4 / - Ufa: AJeTERNA, 2016. – S. 61-62.
8. Egorov I. Poslespirtovaja barda i pivnaja drobina v kormlenii pticy / I. Egorov, Sh. Imangulov, G. Ignatova, P. Pan'kov, B. Rozanov, S. Kisljuk // Kombikorma, 2006. – № 2.