

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С СУХИМ ЯИЧНЫМ БЕЛКОМ

Юрчак В.Г, д.т.н., профессор, Евсеенко Т.П, к.т.н., ассистент,
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев,
Альсаид А.А., к.т.н.,
Университет Алеппо (Сирийская Арабская Республика)

Расширение ассортимента макаронных изделий, повышение их пищевой ценности является актуальной задачей предприятий отрасли. Традиционно для обогащения макаронных изделий белком использовались яйца, меланж или яичный порошок, а также молочные продукты – сухое обезжиренное молоко, сухая молочная сыворотка и др. Однако эти виды сырья, наряду с повышением пищевой ценности, несколько снижают качество продукции – уменьшается прочность изделий, они становятся хрупкими, ухудшаются некоторые показатели варочных свойств – увеличивается переход сухих веществ в варочную воду.

В Национальном университете пищевых технологий (г. Киев) разработаны макаронные изделия с использованием нового для макаронной отрасли вида сырья – сухого яичного белка (СЯБ). В настоящее время сухой яичный белок используется преимущественно в кондитерской промышленности как пенообразователь. На рынке Украины широко представлен сухой яичный белок разных зарубежных производителей: «Птицефабрика РОСКАР» (Российская Федерация), «IGRECA» (Франция) и других (табл. 1). У разных производителей сухой яичный белок практически не отличается по показателям содержания белка (82 %), пенообразующей способности, микробиологическим показателям. Однако белок разных производителей несколько отличается содержанием липидов, редуцирующих веществ, активной кислотностью. Различие в содержании редуцирующих веществ обусловлено тем, что при производстве сухого яичного белка с целью обессахаривания его обрабатывают ферментами (глюкооксидазой и каталазой), поскольку присутствие глюкозы в СЯБ сокращает срок его хранения, снижает пенообразующую способность растворимость в воде за счет труднорастворимых комплексов – меланоидинов [1]. Для увеличения растворимости белков и сохранения физико-химических свойств при производстве СЯБ используют бактерии и органические кислоты [2].

Требования к показателям безопасности отличаются у каждого производителя, в частности, это касается общего содержания микроорганизмов. Обязательно регламентируется содержание патогенных микроорганизмов. Наиболее чистым в микробиологическом отношении есть СЯБ российского производства.

Различия в технологии получения сухого яичного белка может в определенной степени влиять на качество макаронных изделий. Так, нами

установлено, что наивысшее качество имели макаронные изделия с добавлением СЯБ российского и французского производства.

Авторами установлено, что СЯБ в количестве 2,5 – 3,5 % улучшает качество макаронных изделий как по сравнению с изделиями без дополнительного сырья, так и по сравнению с яичными изделиями с увеличенным количеством яиц (15,2 %). При этом повышается прочность изделий, их стекловидность, изделия имеют янтарный цвет, улучшаются варочные свойства – возрастают коэффициенты увеличения объема и массы изделий, они не слипаются и не теряют форму. Наилучшее качество изделий достигается в случае дозировки СЯБ 3,5 %.

Таблица 1.

Характеристика сухого яичного белка

Показатель качества и безопасности	Производитель сухого яичного белка		
	“Meringue” IGRECA (Франция)	“Belovo S.A” (Бельгия)	“Птицефабрика РОСКАР” (Россия)
1	2	3	4
Массовая доля влаги, %	8,0	8,0	6,0
Белок, %	82,0	82,0	82,0
Липиды, %	0,50	0,05	н.д.
Углеводы, %	н.д.	н.д.	н.д.
Редуцирующие сахара, %	4,0	1,0	н.д.
Активная кислотность, од. рН	6,0 – 8,5	6,0 – 8,5	6,6
Клетчатка, %	5,0	5,0	-
Пенообразующая способность, %	280	280	280
Число МАФАНМ, КОЕ/г, не более	1×10^4	1×10^4	1×10^5
БГКП (колиформы)	макс. 10 в 1 г	макс. 10 в 1 г	не допускается в 0,1 г
Патогенные, в т.ч. сальмонелла	не допускается в 25 г	не допускается в 25 г	не допускается в 25 г
Proteus	не регламентируется	не регламентируется	не допускается в 1 г
Staphylococcus aureus	не допускается в 1 г	не допускается в 1 г	не допускается в 1 г
Дрожжи и плесень	макс. 10 в 1 г	макс. 10 в 1 г	макс. 10 в 1 г

н.д.– данные не приведены в сертификате соответствия

Кислотность макаронных изделий с сухим яичным белком не отличается от кислотности изделий без дополнительного сырья как сразу после изготовления, так и после 12 месяцев хранения, в то время как изделия яичные имеют более высокую кислотность на 0,4 – 0,6 град. Однако изделия с сухим яичным белком требуют более продолжительной варки – на 3 – 4 мин. больше.

Для достижения оптимального качества изделий, управления технологическими процессами важно изучить влияние сухого яичного белка на структурно-механические свойства теста, обосновать рациональные режимы подготовки сырья, тестоприготовления и формования изделий.

При изготовлении макаронных изделий сыпучее дополнительное сырье можно дозировать как в сухом виде при наличии соответствующих дозирующих устройств, так и в виде водообогатительной смеси, то есть в виде раствора или суспензии этого сырья во всем количестве воды, необходимым по рецептуре. Хотя дозаторы для дозирования сыпучих компонентов существуют,

однако в случае невысоких дозировок обеспечить точное дозирование проблематично. Поэтому чаще дополнительное сырье вносят в виде водообогатительной смеси. Ранее нами показано [1, 2], что некоторые добавки в зависимости от способа внесения по-разному влияют на свойства теста и качество изделий. При внесении пектина в виде водообогатительной смеси он связывает воду, набухая, поэтому в тесте ее недостаточно для набухания клейковины. В этом случае для достижения оптимальных реологических свойств теста необходимо увеличивать его влажность.

С целью обоснования способа подготовки сухого яичного белка изучали влияние на свойства теста при внесении его в количестве 2,5 % в сухом виде и в виде водообогатительной смеси (ВОС). Исследование проводили на модельном тесте с влажностью 43,8 %. Из этого же теста отмывали клейковину и определяли ее качество. В опытах были использованы партии СЯБ разных производителей. Определяли деформационные характеристики теста (общую и пластическую деформации, релаксацию напряжений и время релаксации), а также оценивали консистенцию теста с помощью прибора «Структурометр» (НПФ «Радиус» (Россия).

Релаксация напряжений является видом пластической деформации. Протекание пластической деформации в условиях релаксации напряжений приводит к снижению упругих и повышению пластических свойств теста. Длительность релаксации соответствует времени, в течение которого тесто из неравновесного состояния переходит в практически уравновешенное.

Как показывают данные табл. 1, при использовании СЯБ российского и французского производства в сухом виде тесто становится менее упругим и более пластичным по сравнению с тестом, в которое белок вносится в виде водообогатительной смеси. Релаксация напряжений и время релаксации при этом также выше, что свидетельствует о повышении пластичности теста. Более пластичное тесто способствует снижению затрат энергии на формование изделий, улучшению состояния поверхности и цвета изделий.

В случае применения водообогатительной смеси снижаются показатели общей деформации, пластической деформации, релаксации напряжений и времени релаксации. Снижение пластичности теста подтверждается органолептической оценкой консистенции теста. Однако СЯБ производства фирмы “Belovo S.A” (Бельгия), наоборот, при внесении в сухом виде образует менее пластичное тесто. Это объясняется тем, что он имеет более низкое содержание липидов и редуцирующих веществ, которые проявляют пластифицирующее действие на тесто [3].

Такое влияние способа внесения СЯБ на реологические свойства теста можно объяснить тем, что при внесении его в сухом виде белок в тесте конкурирует с клейковиной за воду, поэтому клейковина связывает больше влаги, а белок – меньше, чем в случае применения ВОС. Если же использовать водообогатительную смесь, СЯБ более гидратирован, для набухания клейковины влаги недостаточно, поэтому она менее гидратирована, и тесто образуется более упругое, менее эластичное. Это может иметь положительное значение при использовании муки средней по силе.

Влияние способа подготовки СЯБ на реологические свойства теста

Показатель реологических свойств теста	Способ внесения СЯБ разных производителей, в виде					
	ЗАО «Птицефабрика РОСКАР» (Россия)		«Meringue» IGRECA (Франция)		«Belovo S.A» (Бельгия)	
	сухом	ВОС	сухом	ВОС	сухом	ВОС
Консистенция (органолептически)	мягкое	более упругое	мягкое, пластичное	более упругое, твердое	мягкое	мягкое, пластичное
Общая деформация, мм	12,3±0,1	10,9±0,1	12,0±0,1	10,9±0,1	11,2±0,1	12,9±0,2
Пластическая деформация, мм	11,0±0,1	9,3±0,2	10,4±0,1	9,4±0,2	9,9±0,1	11,5±0,1
Перемещение при релаксации напряжений, мм	12,7±0,2	11,9±0,1	13,4±0,2	10,1±0,1	11,7±0,1	12,0±0,1
Длительность релаксации, с	16±1	10±1	23±1	17±1	17±0,5	16±1

Определяющим фактором при выборе способа внесения сухого яичного белка в тесто является влияние СЯБ на качество изделий. Исследованиями влияния СЯБ на качество изделий подтверждено, что при внесении в составе водообогатительной смеси СЯБ способствует улучшению качества макаронных изделий, что может быть следствием как более равномерного распределения, так и проявления его структурообразовательной способности. В большей степени такой эффект проявляет добавление СЯБ «Meringue» производства фирмы «IGRECA» (Франция) и СЯБ «Птицефабрика «РОСКАР» (Россия).

Таким образом, более целесообразно использовать СЯБ в виде водообогатительной смеси.

Для пояснения механизма влияния сухого яичного белка на структурно-механические свойства теста исследовали изменение количества и качества клейковины в тесте. Белок «Meringue» (IGRECA, Франция) вносили как в сухом виде, так и в виде ВОС. Дозировка СЯБ составляла 2,5 % к массе муки.

Установлено (табл. 2), что добавление сухого яичного белка приводит к незначительному уменьшению общего количества сухой клейковины. Растяжимость клейковины и показатели упругих деформаций в определенной степени увеличиваются, что свидетельствует о некотором расслаблении клейковины. Очевидно, водорастворимые белки СЯБ как поверхностно активные вещества взаимодействуют с клейковинными белками муки и расслабляют ее упругие свойства. Согласно [4], неионогенные поверхностно-активные вещества (ПАВ) способны расслаблять структуру клейковины. Белки являются амфотерными соединениями, и в зависимости от среды могут диссоциировать в водных растворах на ионы. Поскольку в макаронном тесте рН-среда близка к нейтральной, то белки СЯБ не диссоциируют и влияют как неионогенные ПАВ. Такие дезагрегированные белки больше гидратируются,

очевидно, за счет иммобилизированной влаги. Поэтому гидратационная способность клейковины в тесте с СЯБ выше. Способ внесения СЯБ не влияет на показатели качества клейковины.

Таблица 2

Влияние сухого яичного белка на свойства клейковины

Показатели	Значение показателей клейковины теста		
	без дополнительного сырья	с СЯБ, 2,5 % (в сухом виде)	с СЯБ, 2,5 % (в виде ВОС)
Количество сырой клейковины, %	25,0	23,9	24,7
Количество сухой клейковины, %	8,9	8,4	8,5
Растяжимость, см	14,5	17	15
Эластичность	хорошая	хорошая	хорошая
Упругость на ИДК-1, ед. пр.	56	58	62
Гидратационная способность, %	182	184	190

Изменение свойств клейковины может повлиять на перераспределение воды в тесте между его компонентами и на водопоглотительную способность теста.

Исследования водопоглотительной способности теста проводили на фаринографе «Брабендер». Суть методики заключается в определении количества воды, которое необходимо ввести в тесто для достижения им определенной консистенции. Методика позволяет получить дополнительные данные касательно структурно-механических свойств теста (его стойкости, степени разжижения и длительности образования). Поскольку на этом приборе можно анализировать тесто с большей влажностью, чем макаронное, то полученные результаты нужно рассматривать не как абсолютные показатели, а как модельные опыты, которые дают представление об общих закономерностях влияния дополнительного сырья на коллоидные процессы. Исследования водопоглотительной способности теста осуществляли при внесении СЯБ “Merinque” в сухом виде в количестве 2,5; 3,5 и 4,5 % к массе муки.

Результаты расшифровки фаринограмм показывают (табл. 3), что водопоглотительная способность теста с СЯБ снижается на 10 – 13 %. Это можно объяснить тем, что с СЯБ вносятся водорастворимые белки, которые связывают влаги меньше, чем белки муки. Таким образом, для получения теста необходимой консистенции нужно создавать более низкую влажность. Это имеет позитивное технологическое значение, поскольку меньшее количество воды нужно удалять при сушке.

На длительность образования теста, то есть время, на протяжении которого величина консистенции исследуемого теста достигает своего максимума, СЯБ влияет незначительно.

Таблица 3

Результаты расшифровки фаринограмм теста с сухим яичным белком

Показатели	Дозировка белка, %
------------	--------------------

	0	2,5	3,5	4,5
Водопоглотительная способность теста, %	58,7	52,7	52,3	51,5
Длительность образования теста, мин.	2,0	2,0	1,5	1,5
Стойкость теста, мин.	0,0	0,0	0,5	0,5
Разжижение теста, ед. фар.	110	100	75	75
Валориметрическая оценка, ед. фар.	36	40	44	42

Стабильность (стойкость) теста, которая характеризует длительность сохранения тестом максимального уровня консистенции при замешивании, увеличивается незначительно по сравнению с тестом без дополнительного сырья. Но при этом степень разжижения теста, которая характеризуется разницей между максимально достигнутой при замешивании консистенцией и консистенцией в конечный момент замешивания, уменьшается с увеличением дозировки СЯБ. Валориметрическая оценка увеличивается, что свидетельствует о структурообразовательной способности яичного белка.

Для обоснования технологии подготовки СЯБ к производству необходимо определить температуру воды для приготовления водообогатительной смеси, соотношение дополнительного сырья и воды, вязкость растворов и другие параметры приготовления ВОС.

Температура водообогатительной смеси зависит от режима тестоприготовления. Поскольку белок яйца денатурирует при температуре выше 50 °С, необходимо подобрать соответствующий температурный режим приготовления макаронных изделий с СЯБ.

Исследовали вязкость раствора восстановленного СЯБ с температурой 20 – 50 °С. Для восстановления сухой яичный белок смешивали с водой, необходимой для приготовления ВОС (гидромодуль сухого яичного белка при условии влажности теста 33 % составлял 1:9,6) и перемешивали при помощи лабораторного встряхивателя в течение 5 минут при частоте вращения 120 мин⁻¹.

Вязкость раствора восстановленного яичного белка измеряли, используя вискозиметр Оствальда с диаметром капилляра 1,74 мм. Полученные данные (табл. 4) свидетельствуют, что при увеличении температуры приготовления водообогатительной смеси от 20 до 45 °С ее вязкость закономерно снижается. При температуре 45 °С вязкость раствора восстановленного белка наименьшая и составляет 13,8 кг/м·с, при этом такой белок будет легче транспортироваться по трубопроводам. При температуре 50 °С визуально наблюдалась денатурация белка и резкое загустение ВОС, что делало невозможным измерение вязкости по данной методике. Таким образом, оптимальной температурой для приготовления водообогатительной смеси можно считать 40 – 45 °С.

Таблица 4

Вязкость восстановленного белка в зависимости от температуры

Показатель восстановленного белка	Значения

Температура, °С	20	30	35	40	45	50
Вязкость, кг/м·с	16,47	15,40	14,33	14,11	13,80	не определялась

Кроме того, в работах [5, 6] показано, что при 40 °С яичный белок обладает наиболее низкой пенообразовательной способностью, что в случае приготовления ВОС и ее дозировки имеет положительное технологическое значение.

Установленное оптимальное значение температуры для приготовления водообогатительной смеси с СЯБ 40 °С подтверждается изучением совместного влияния технологических параметров на качество продукции (дозировки СЯБ, температуры ВОС, влажности теста) [7].

Полученные данные учтены при разработке технологических инструкций на макаронные изделия с СЯБ.

Таким образом, установлено, что способ внесения сухого яичного белка влияет на деформационные характеристики и консистенцию теста: СЯБ, внесенный в сухом виде, способствует увеличению пластичности теста, а при добавлении гидратированного белка образовывается более упругое тесто.

Рекомендовано вносить СЯБ в виде водообогатительной смеси с температурой 40 – 45 °С.

При изучении структурно-механических свойств макаронного теста установлено, что сухой яичный белок приводит к некоторому расслаблению клейковины. При этом снижается водопоглотительная способность теста на 10 – 13 %, что имеет положительное технологическое значение. По валориметрической оценке степень разжижения теста уменьшается, что свидетельствует о структурообразовательном воздействии сухого яичного белка.

Список использованных источников:

1. *Обработка* яичной массы перед сушкой ферментами глюкооксидазой и каталазой / Лобзов К.И., Волик В.Т., Чупрасов В.К. и др. // Сб. научн. Тр. Всес. Н.-и. ин-т мясной пром. – М.: ВНИИмясной пром-сти, 1972. – С. 9 – 13.

2. Стоянова Л.Г., Воробьева Л.И., Лобов К.И. Обработка яичного белка микроорганизмами // Прикладная химия и микробиология, т. XII. – 1976. – №4. – С.629 – 635.

1. *Юрчак В.Г.* Влияние улучшающих добавок на коллоидные процессы в макаронном тесте // Хлебопечение России. – 2002. – №5. – С. 41 – 42.

2. *Волощук Г.І., Юрчак В.Г.* Дослідження та обґрунтування механізму поліпшуючої дії пектинових добавок на якість макаронних виробів // Наукові праці УДУХТ. – 2001. – №10. – С. 95 – 96.

3. *Гуськов К.П., Мачихин Ю.А., Мачихин С.А., Лунин Л.Н.* Реология пищевых масс. – М.: Пищевая пром-сть. – 208 с.

4. *Козьмина Н. П.* Биохимия хлебопечения. – М.: Пищевая пром-сть, 1971. – 440 с.
5. *Пурич Ж.В.* Разработка рациональной технологии приготовления выпеченного белково-сбивного полуфабриката для тортов: Дис... канд. техн. наук: 05.18.01. – К., 1982. – 184 с.
6. *Gunningham F.E., Lineveaver H.* Stabilization of egg-white proteins to pasteurising temperatures above 60 °C // Food Technology. – 1985. – 19. – P. 136 – 141.
7. *Юрчак В.Г., Євсеєнко Т.П.* Комплексний показник якості макаронних виробів (з огляду на їх харчову цінність та оптимальні параметри приготування) // Зерно і хліб. – 2005. – №2. – С. 40 – 41.