

УДК 664.69

БЕЗОТХОДНАЯ ПЕРЕРАБОТКА СОИ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЕВОЙ ОКАРЫ В МАКАРОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Г.А. ОСИПОВА, Л.А. САМОФАЛОВА*, доктора технических наук
Н.А. БЕРЕЗИНА, Т.В. СЕРЕГИНА, кандидаты технических наук

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
И.С. ТУРГЕНЕВА»

* ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Исследована окара из зерна районированного сорта сои Мезенка селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур». Изучено влияние режимов высушивания соевой окары на содержание в ней белка. Представлены результаты исследований влияния соевой окары на варочные свойства макаронных изделий, количество и качество сырой клейковины пшеничной муки, реологические показатели макаронного теста. Определено содержание белка и пищевых волокон в составе готовой продукции.

Ключевые слова: безотходные технологии, соевая окара, макаронное производство

Общемировой проблемой является дефицит продуктов, содержащих белки с полноценным аминокислотным составом, основным источником которых – пищевые ресурсы животного происхождения. Поиск альтернативных источников полноценного пищевого белка растительного происхождения, в первую очередь, обусловлен значительной эффективностью выделения и концентрации их протеинов. Однако качество белка растительного происхождения уступает животному белку по аминокислотному составу и усвояемости. Исключением являются только белки сои, аминокислотный состав которых очень близок к составу животного белка.

Усвояемость белков сои увеличивается после термической обработки до 86%-95%. В связи с этим соевые продукты имеют большие перспективы в питании населения мира [1]. Диетологи считают, что соя в XXI веке займёт ведущее место в рационе современного человека.

Соевое питание в России используется более двух столетий, в связи с чем данная культура занимает важнейшее место в системе продовольственной безопасности страны. В последние годы она стала приобретать статус производственной культуры и в новых нетрадиционных районах возделывания, что связано с созданием и внедрением в производство сортов со строгой агроэкологической адресностью.

Соевая окара представляет собой рассыпчатую влажную массу бледно-желтого цвета, напоминающую пшеничную кашу и является ценным низкокалорийным диетическим полуфабрикатом [2]. По химическому составу окара фактически является концентратом высококачественного соевого белка 4,0-5,5% и пищевой диетической клетчатки (3%), а также в ней содержится 4% ненасыщенного жира, макро-, микроэлементы, витамины и изофлавоны [2, 3, 4, 5].

Главной особенностью окары считается практически полное отсутствие вкуса и аромата продукта, вследствие чего она хорошо впитывает вкусоароматические свойства основных компонентов пищи и хорошо сочетается практически со всеми пищевыми продуктами [3].

Материалы и методика исследований

В качестве основного сырья использовали макаронную муку – крупку (г. Оренбург) по ГОСТ 31463-2012: массовая доля влаги – 11,0±0,1%; кислотность – 2,0 град.; массовая доля сырой клейковины – 28,6±0,2 %; массовая доля сухой клейковины – 11,84±0,2%; когезионная

способность сырой клейковины – 9,6 Н; качество сырой клейковины – 59,5 ед. пр. ИДК; водопоглотительная способность сырой клейковины – $142 \pm 0,1\%$; содержание каротиноидных пигментов – 0,037 мг; гранулометрический состав – 200-350 мкм.

Соевая окара из сорта сои Мезенка в замороженном виде поступала от опытного производства ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Высушивание окары осуществляли на электронной сушилке (модель VMD-2).

Исследование свойств сырой пшеничной клейковины, анализ свойств макаронного теста, качественных показателей макаронной продукции осуществляли по общепринятым методикам с использованием следующих технологических приборов: СЭШ-3М, Кварц-21М, «Структурометр СТ-1» (режимы 2 и 3). Когезионную способность сырой пшеничной клейковины определяли с помощью прибора «Структурометр СТ-1» (режим 3: начальное усилие – 0,5 Н; конечное усилие – 95 Н; продолжительность применения нагрузки – 300 секунд). Содержание каротиноидных пигментов – по ГОСТ 8756.22–80. Гранулометрический состав пшеничной муки – на лабораторном сите с частотой вращения 180-200 об./мин [6].

Исследования реологических свойств макаронного теста проводили на приборе структурометр СТ-1М (режим 4, методика 13). В качестве тела погружения использовали конус с углом при вершине 45° .

Исследования содержания белкового азота и сырой клетчатки проводили совместно с «Инновационным научно-исследовательским испытательным центром» ОрелГАУ.

Определения белкового азота – по ГОСТ 10846-91. Сущность метода заключается в минерализации органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сульфата аммония, разрушении его щелочью с выделением аммиака, отгонке аммиака водяным паром в раствор серной или борной кислоты с последующим титрованием (коэффициент пересчета на белок 6,25).

Определение содержания клетчатки – по ГОСТ 31675-2012. Сущность метода заключается в определении содержания сырой клетчатки с использованием полуавтоматических систем типа «Фибертек». Метод основан на последовательной обработке испытуемой пробы растворами кислоты и щелочи, озолинии и количественном определении органического остатка весовым методом. Опыты и анализы проводились в трёхкратной повторности. Контрольный образец макаронных изделий изготавливали из макаронной муки крупки без добавления окары.

Цель данной работы состояла в исследовании возможности использования вторичного сырья переработки сои – окары в макаронном производстве для повышения пищевой и биологической ценности макаронных изделий.

Результаты исследований и их обсуждение

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи: высушивание окары при различных температурных режимах; определение содержания белка и пищевых волокон (клетчатки) в составе сырой и высушенной окары; определение рациональных дозировок окары в рецептуры макаронных изделий, путем исследования влияния на свойства сырой пшеничной клейковины, реологические показатели тестовых заготовок и варочные свойства готовых изделий; определение содержания белка и пищевых волокон (клетчатки) в составе готовой макаронной продукции и удовлетворения суточной потребности в данных пищевых веществах (расчетным путем).

Любые добавки или дополнительное сырье в макаронной отрасли перед пуском в производство либо смешиваются с мукой, либо растворяются в воде. В связи с тем, что соевую окару невозможно растворить в воде, её размораживали, а затем высушивали до влажности, соответствующей влажности пшеничной муки (не более 15,5%). Высушивание осуществляли в трех режимах, при температуре 40, 60 и 80°C. Продолжительность высушивания от 30 минут до 5,5 ч, с интервалом 30 минут (табл. 1).

Установлено, что увеличение температуры сушки на 20°C сокращает продолжительность этого процесса на 1 ч. Причем, скорость высушивания возрастает: если в варианте 1 за первый час высушивания влажность снижается на 2,6%, то в варианте 2 – на

3,3%, а в варианте 3 – на 4,9%. То же самое относится и ко второму часу. К третьему часу высушивания скорость снижения влажности выравнивается, однако первый вариант к этому времени достигает влажности 44,2%; второй – 32,8%, а третий ≈ 11,0%.

Таблица 1

Изменение влажности окары при высушивании

Продолжительность высушивания, мин.	Влажность соевой окары, % (m±1,5) при температуре высушивания, °С		
	40 (вариант 1)	60 (вариант 2)	80 (вариант 3)
0	64,00	68,00	69,60
30	62,00	65,00	66,67
60 (1 час)	59,45	61,70	61,70
90	56,58	56,70	53,24
120 (2 часа)	53,02	50,80	42,96
150	49,20	43,98	29,70
180 (3 часа)	44,17	32,80	10,99
210	38,80	23,60	
240 (4 часа)	33,08	10,70	
270	26,38		
300 (5 часов)	18,06		
330	11,68		

Следует отметить, что использование соевой окары (или пищевого соевого обогатителя) предполагалось именно как обогатителя, т.е. с целью увеличения содержания полноценного белка и пищевых волокон, источником которых, в первую очередь, она и является. В связи с этим, экспериментально определили, насколько температура высушивания повлияла на количество белка в составе уже высушенной окары (табл. 2).

Таблица 2

Содержание протеина в образцах соевой окары после высушивания

Варианты опыта	Общий азот, % (m±0,25)	Протеин, %
Контроль	1,16	7,22
1	1,11	6,93
2	1,10	6,86
3	1,12	6,97

В соответствии с информацией на упаковке, содержание белка в сырой окаре составляет 5,5 г на 100 г продукта. Однако известно, что компонентный состав соевой окары непостоянен [5]. По результатам наших исследований, количество белка в сырой окаре чуть больше – 7,22%, т.е. 7,22 г на 100 г продукта. По сравнению с контрольным образцом содержание белка во всех опытных образцах несколько ниже: на 0,29%; 0,36% и 0,25%, что фактически находится в пределах погрешности опыта. Однако следует отметить, что в самих опытных образцах количество белка незначительно отличается друг от друга, из чего следует, что предпочтительнее использовать высушивание соевой окары при температуре 80 °С, поскольку именно в этом случае максимально сокращается продолжительность этого процесса. Высушенная соевая окара с целью её дальнейшего использования при производстве макаронных изделий измельчалась до размера частиц, сопоставимого с размером частиц макаронной муки, и просеивалась.

Высушенные при разных температурах образцы окары смешивали с пшеничной макаронной мукой в количестве 8,5%; 10% и 11,5% к массе муки.

Замес теста осуществляли на лабораторной месильной машине У1-ЕТК. Влажность теста принимали 39%. Продолжительность замеса 45 минут. Формование полуфабрикатов макаронных изделий проводили с помощью лапшерезки фирмы Bekker. Сушку изделий

Таблица 3

Качественные показатели готовых макаронных изделий

Наименование показателя Варианты опыта	Влажность, % ($\pm 0,1$)	Время варки, мин	Сохранность формы, %	Коэффициент увеличения массы	Сухое вещество, перешедшее в варочную воду, % ($\pm 0,20$)
Контроль	11,0	9,1	100	1,70	3,67
Содержание в муке окары, высушенной при 40 °С, % к массе муки:					
8,5	10,4	8,5	100	2,20	3,60
10,0	11,0	9,0	100	2,20	3,50
11,5	11,0	9,0	100	2,23	3,20
Содержание в муке окары, высушенной при 60 °С, % к массе муки:					
8,5	10,0	8,0	100	1,91	3,98
10,0	9,5	9,0	100	2,13	3,35
11,5	10,0	8,4	100	1,80	3,08
Содержание в муке окары, высушенной при 80 °С, % к массе муки:					
8,5	10,2	8,3	100	1,85	3,55
10,0	10,0	8,6	100	1,80	3,38
11,5	10,0	8,3	100	2,10	3,25

Установлено, что время варки опытных образцов макаронных изделий практически не отличается от продолжительности варки контрольного образца. Повышение коэффициента увеличения массы у опытных образцов на 5,88%-31,20% объясняется, вероятно, составом введенной в рецептуру окары (наличием высокого содержания пищевых волокон (клетчатки), обладающих высокой водопоглощительной способностью).

Основной показатель варочных свойств – сухое вещество, перешедшее в варочную воду, для контрольного образца составляет всего 3,67%, т.е. полностью соответствует требованиям нормативного документа (не более 6%). Введение в рецептуру макаронных изделий окары незначительно снижает данный показатель: на 0,07%-0,59%, что, возможно, связано, с дополнительным переходом водо- и солерастворимых белков, входящих в состав окары и встроившихся в структуру клейковинной решетки, в варочную воду.

Таким образом, на основании данных исследований можно говорить о возможности применения окары при производстве макаронных изделий. Вывод о её рациональной дозировке можно будет сделать после изучения влияния соевой окары на свойства и количество сырой клейковины пшеничной муки и реологические показатели макаронного теста. Результаты исследования влияния соевой окары на свойства сырой клейковины макаронной муки представлены в таблице 4.

При введении в рецептуру макаронного теста соевой окары содержание сырой клейковины несколько снижается во всех опытных образцах, что связано со снижением количества макаронной муки и, соответственно, сырой клейковины в 100 г смеси. Однако обращает на себя внимание тот факт, что в образце с окаркой, высушенной при 40 °С, доля сырой клейковины всё же выше, чем в других опытных образцах, что, скорее всего, связано с температурой высушивания соевой окары (возможная тепловая денатурация белков приводит к снижению или полной потере ими гидрофильных свойств, а также фактически выше, чем должно быть по теоретическим расчетам, что связано, вероятно, с тем, что, во-первых, белки соевой окары, преимущественно глобулины и альбумины, отличающиеся меньшей молекулярной массой, по сравнению с белками пшеничной муки, участвуют в

Таблица 4

Влияние соевой окары на свойства сырой клейковины макаронной муки

Варианты опыта	Количество сырой клейковины, % (±0,2)	Количество сухой клейковины, % (±0,15)	ИДК, ед. пр.	ВПС, %
Контроль	28,61	11,84	59,5	142
Содержание в муке окары, высушенной при 40 °С, %				
8,5	27,04	11,45	55	154
10,0	27,20	11,39	55	159
11,5	27,28	11,35	53	159
Содержание в муке окары, высушенной при 60 °С, %:				
8,5	27,02	11,40	59	147
10,0	27,12	11,33	55	152
11,5	27,28	11,28	50	175
Содержание в муке окары, высушенной при 80 °С, %:				
8,5	26,64	11,44	59	147
10,0	26,84	11,40	57	164
11,5	27,12	11,35	53	165

Во-вторых, вносимые в составе окары пищевые волокна, в частности пектиновые вещества (более 7%) и клетчатка, способны участвовать в образовании клейковинной матрицы, взаимодействуя с пшеничными белками, и при этом обладают высокой водопоглощательной способностью, тем самым, увеличивая количество отмываемой сырой клейковины [10]. При этом, количество сухой клейковины в опытных образцах ниже, чем в контрольном, на что повлияло снижение количества пшеничной муки в смеси, но при этом в составе сухой клейковины частично присутствуют белковые вещества соевой окары и её пищевые волокна, встроившиеся в белковую матрицу при отмывании сырой клейковины. Показатель ИДК опытных образцов сырой клейковины свидетельствует об её укреплении по сравнению с контрольным образцом (на 0,5-9,5 ед. пр.). В связи с присутствием в составе сырой клейковины пищевых волокон соевой окары в силу их взаимодействия с клейковинными белками водопоглощательная способность сырой клейковины повысилась на 5%-23%.

Установленные изменения упругих свойств сырой клейковины макаронной муки и наличие в составе соевой окары достаточно большого количества клетчатки (25,5% на 100 г сырой окары) непременно окажут влияние на реологические характеристики макаронного теста. С целью подтверждения этого проведены исследования по определению основной реологической характеристики макаронного теста – предельного напряжения сдвига (табл. 5).

Результаты проведенных исследований показали, что при введении в рецептуру макаронного теста соевой окары его реологические свойства повышаются (значение предельного напряжения сдвига увеличивается на 3,6%-35,7%), что объясняется и укреплением клейковины, и более высокой водопоглощательной способностью соевой окары. Причем, в образцах, высушенных при одинаковой температуре, данный показатель возрастает по мере возрастания дозировки окары.

Таким образом, по результатам проведенных исследований с учетом качества основного сырья максимально возможной дозировкой соевой окары является 11,5% к массе муки. Однако при большем содержании сырой клейковины в пшеничной муке (до 36%), дозировка окары может быть увеличена до 38% [10].

Влияние соевой окары на реологические свойства макаронного теста

Варианты опыта	Предельное напряжение сдвига, кПа
Контроль	118,86
Содержание в муке окары, высушенной при 40 °С, %:	
8,5	123,10
10,0	152,82
11,5	152,82
Содержание в муке окары, высушенной при 60 °С, %:	
8,5	140,08
10,0	144,33
11,5	161,31
Содержание в муке окары, высушенной при 80 °С, %:	
8,5	118,86
10,0	135,84
11,5	144,33

Введение соевой окары в рецептуру макаронных изделий изменит их химический состав, в частности содержание в них белка и клетчатки, тем самым изменит и пищевую ценность макаронной продукции. Содержание клетчатки в окаре, не подвергавшейся сушке, составило 25,5% (при влажности окары 64%). Расчетные данные с учетом содержания протеина и клетчатки в составе соевой окары представлены в таблице 6.

Таблица 6

Содержание белка и клетчатки в составе макаронных изделий

Варианты опыта	Содержание белка, %	Содержание клетчатки, %
Контроль	12,00	3,70
Содержание в муке окары, высушенной при 40 °С, %:		
8,5	11,56	8,20
10,0	11,48	8,96
11,5	11,41	9,67
Содержание в муке окары, высушенной при 60 °С, %:		
8,5	11,51	8,29
10,0	11,42	9,02
11,5	11,35	9,73
Содержание в муке окары, высушенной при 80 °С, %:		
8,5	11,56	8,27
10,0	11,49	9,01
11,5	11,41	9,71

При внесении соевой окары к массе муки часть сухих веществ муки заменяется сухими веществами окары. Поскольку содержание белка в составе макаронной муки выше, чем в окаре, суммарное его содержание в опытных образцах изделий становится ниже, чем в контроле. Однако, с учетом аминокислотного состава белков пшеничной и соевой муки, белок опытных образцов более полноценен, нежели белок контрольного образца [11].

По содержанию клетчатки макаронные изделия с окарой существенно превосходят контрольный образец: в 2,2-2,6 раза. Если учесть суточную потребность в пищевых волокнах (20 г), то, употребляя разработанные виды макаронных изделий, суточная потребность в этих

пищевых веществах удовлетворяется на 41,0%-48,7%, т.е. данные изделия могут быть отнесены к изделиям функциональным.

Заключение

Таким образом, побочный продукт переработки сои – соевая окара может служить полезной обогащающей добавкой при производстве макаронных изделий.

Исследования показали, что высушенная соевая окара оказывает определенное влияние на сырую пшеничную клейковину, несколько снижая её количество, но существенно укрепляя основной структурообразующий компонент макаронного теста. Как следствие, установлено и значительное повышение значения основной реологической характеристики макаронного теста – предельного напряжения сдвига. Все это оказало влияние на варочные свойства готовых макаронных изделий, снизив количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, что является крайне важным для потребителя.

Основная цель использования соевой окары в макаронном производстве, а именно повышение пищевой ценности изделий, достигнута. Несмотря на то, что содержание белка в опытных образцах незначительно ниже, чем в контрольном, учитывая аминокислотный состав белков соевой муки, белок опытных образцов более полноценен, чем белок контрольного образца. По содержанию клетчатки макаронные изделия с окарой существенно превосходят контрольный образец (в 2,2-2,6 раза) и могут считаться функциональным продуктом, т.к. суточная потребность в пищевых волокнах удовлетворяется более чем на 40%.

Литература

1. Соя // Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Соя>. Дата обращения 5.05.2018.
2. Садовой В.В., Самылина В. А. Соевая пищевая окара в композиционных рецептурах мясных изделий] // Изв. вузов. Пищевая технология, – 2005. – № 1. – С. 47-48.
3. Что такое окара и с чем ее едят? // Режим доступа: <http://shop.soyka.ru/article/chto-takoe-okara-i-s-chem-ee-edyat>. Дата обращения 25.04.2018.
4. Буянова И.В., Оразова А.М. Технологические аспекты резервирования пищевого соевого обогатителя. // Вестник МАХ: КемТИПП, – 2014. – № 4. – С. 10-14.
5. Буянова И. В., Зиновьева В. А. Компонентный состав, функционально-технологические свойства и пищевая ценность осадка соевого молока окары // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 2. – С. 62-64.
6. Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Олейникова А.Я. Химико-технологический контроль на предприятиях хлебопекарной, макаронной и кондитерской отрасли (теория и практика) // Учебное пособие. – Воронеж, – 2014. – 90 с.
7. Кузнецова А.А., Левочкина Л. В. Использование соевой окары для производства кулинарных изделий из малоценного рыбного сырья // Вестник ТГЭУ. – 2007. – № 3. – С. 68-72.
8. Общая характеристика белков // Режим доступа: <http://poznayka.org/s60256t1.html>. Дата обращения 7.05.2018.
9. Осипова Г. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование разработки новых видов макаронных изделий повышенной пищевой ценности. Диссертация д-ра технических наук – Орел, – 2012. – 419 с.
10. Соевая клетчатка // Режим доступа: <http://shop.soyka.ru/article/soevaya-kletchatka>. Дата обращения 10.06.2017.
11. Совершенствование технологий хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий функционального назначения: монография / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова, Е.В. Хмелева и [др.]; под ред. С.Я. Корячкиной. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», – 2012. – 262 с.

WASTELESS PROCESSING OF SOY:

USE SOYA OKARA IN MACARONI MANUFACTURE

G.A. Osipova, L.A. Samofalova*, N.A. Berezina, T.V. Seregina

FSBEI HE «OREL STATE UNIVERSITY NAMED AFTER I. S. TURGENEV»,

*FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *Okara from grain of zoned varieties of soybeans developed by selection at the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops was studied. The process of drying of soybean okara and the content of protein and cellulose in it have been studied. The results of research on the influence of soybean okara on the cooking properties of pasta, the quantity and quality of gluten of wheat flour, rheological indicators of dough are presented. The content of protein and cellulose in the finished product is determined.*

Keywords: non-waste technologies, soy okara, pasta production.