

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СЕМЯН ЛЬНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

С.И. Конева

Статья посвящена исследованию особенностей использования льняной муки и семян льна при производстве хлебобулочных изделий. Теоретически и экспериментально изучено комплексное влияние продуктов переработки семян льна на компоненты углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплексов пшеничной и ржаной муки. По результатам экспериментальных исследований определены рецептуры хлебобулочных изделий и основные режимы технологического процесса. Показано, что активные компоненты льняного семени – пищевые волокна, ненасыщенные жирные кислоты и лигнаны – могут использоваться с целью направленного обогащения хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: льняная мука, семена льна, хлебобулочные изделия, углеводно-амилазный комплекс, белково-протеиназный комплекс, пищевая ценность.

Проблема полноценной и здоровой пищи всегда была одной из самых важных для человечества. Современные тенденции формирования здорового рациона питания диктуют необходимость создания новых пищевых продуктов с повышенной биологической и физиологической ценностью. Одним из путей обеспечения здорового питания населения Российской Федерации является обогащение базовых продуктов недостающими функциональными ингредиентами растительного сырья (витаминами, минеральными веществами, полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами и другими) и разработка новых технологий получения этих продуктов.

Одним из таких традиционно русских видов растительного сырья является семя льна. В России лён культивируют во многих областях Нечерноземья и в Сибири.

Лён возделывается человеком с древнейших времен. На протяжении многих веков лён был особой культурой на Руси, он кормил, лечил, согревал. И если говорят, что хлеб всему голова, то будет справедливо сказать, что лён – всему душа.

Повышенный интерес к льняному семени обусловлен содержащимися в нем физиологически активными компонентами. Семена льна рассматриваются современными диетологами как ценный источник белка, пищевого масла, богатого α -линоленовой кислотой (до 57 % в составе масла), растворимых и нерастворимых пищевых волокон [1, 2] и лигнанов [3].

Белки семян льна представлены водорастворимыми (от 46 % до 65 %), солерастворимыми (от 16 % до 28 %) и щелочерас-

творимыми (от 13 % до 17 %) фракциями. Спирторастворимая фракция – проламины – отсутствует в составе льняного белка. Белки льна имеют высокую биологическую ценность, так как обладают достаточно сбалансированным аминокислотным составом. По содержанию таких незаменимых аминокислот, как валин, метионин, лейцин, цистеин, триптофан, треонин и фенилаланин, они не уступают «идеальному» белку. Дефицитными для белков льняного семени являются лизин и изолейцин [4, 6, 7].

Семена льна являются самым богатым растительным источником жизненно важных ненасыщенных жирных кислот – линолевой кислоты (омега-6) и α -линоленовой (омега-3). Эти эссенциальные кислоты являются незаменимыми, обладают биологической активностью и необходимы для нормального функционирования организма. Они повышают иммунитет, укрепляют стенки кровеносных сосудов, повышая их эластичность, с их помощью проводят лечение и профилактику атеросклероза и кишечных заболеваний [8]. α -Линоленовую кислоту, определяющую высокую физиологическую ценность льняного масла, называют природным эликсиром молодости.

Углеводы составляют значительную долю от всех питательных веществ льняного семени. Они состоят из моносахаридов (от 0,04 % до 0,06 %), олигосахаридов (от 1,9 % до 4,0 %) и полисахаридов (клетчатки, гемицеллюлозы, пектиновых веществ – в сумме от 6,2 % до 9,5 %). Содержание клетчатки находится в пределах от 3,1 % до 4,5 %, гемицеллюлозы – от 3,1 % до 5,6 %. Такое по-

вышенное содержание полисахаридов обусловлено высоким содержанием оболочки в семенах. Специфической особенностью семян льна является наличие в них значительного количества слизи (от 5 % до 12 % от массы сухих семян). Считается, что слизи льна обладают умеренными иммунозащитными и радиопротекторными свойствами [7, 9].

Лигнаны семян льна относятся к классу фитоэстрогенов, проявляют эстрогеноподобную активность в организме человека. Научные данные подтверждают, что лигнаны семян льна обладают антиаллергической активностью, обладают мощным антиоксидантным действием. На этом свойстве основано использование семян льна в коррекции атеросклероза и коронарной сердечной недостаточности [7, 10].

Анализ содержания физиологически активных компонентов семян льна позволяет с уверенностью считать их идеальным обогастителем пищевых продуктов. Белки семян льна по аминокислотному составу более полноценные, чем белки пшеничной и ржаной муки и могут дополнять последние, повышая ценность хлебобулочных изделий. Полисахариды льняного семени представляют практический интерес, так как могут выступать в качестве водоудерживающих агентов и связующих элементов в производстве хлебобулочных изделий, оказывая при этом протекторное действие на пищеварительную систему. Пищевые волокна льняного семени представляют значительный интерес, так как одним из способов повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий является обогащение их растительными пищевыми волокнами в виде отрубей либо в виде цельно смолотой муки [5].

В связи с вышеизложенным, нами были проведены исследования по изучению особенностей использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки. В качестве контрольного образца брали рецептуру хлеба из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта в соотношении 60:40.

На первом этапе исследований было изучено изменение хлебопекарных свойств смеси пшеничной, ржаной и льняной муки. Льняная мука добавлялась в количестве от 5,0 % до 20,0 % взамен ржаной муки в смеси.

Для изучения влияния льняной муки на белково-протеиназный и углеводно-амилазный комплекс композитной смеси исследовали изменение количества и качества клейковины, водопоглотительной способности (ВПС),

числа падения и кислотности.

Было установлено, что увеличение доли льняной муки в смеси ее с пшеничной снижало количество отмываемой клейковины (таблица 1). Как известно, в белковом комплексе льняной муки отсутствуют спирторастворимые белки проламины, которые способны во время замеса и брожения интенсивно набухать и участвовать в образовании упругой, способной растягиваться массы – клейковины [6].

Таблица 1 — Количество и качество клейковины

Содержание льняной муки, % от общей массы муки	Массовая доля сырой клейковины, %	Качество клейковины, условных единиц прибора ИДК
0,0	30,0	75,0
5,0	27,0	65,0
10,0	21,0	55,0
15,0	19,0	50,0
20,0	17,0	35,0

Качество отмываемой клейковины с увеличением доли льняной муки изменялось в сторону укрепления упругих свойств, причем при внесении 20,0 % льняной муки, клейковина становилась неудовлетворительно крепкой. Укрепление клейковинного каркаса, очевидно, связано с влиянием полиненасыщенных жирных кислот, которыми богата льняная мука, на процессы формирования клейковинных белков при образовании теста. При окислении кислородом воздуха непредельных жирных кислот, таких как линолевая и линоленовая, образуются гидропероксиды. Они в свою очередь окисляют сульфгидрильные группы белков с образованием дисульфидных связей-мостиков, обуславливающих упрочнение структуры белковой молекулы [6, 7].

Таким образом, при добавлении льняной муки количество отмываемой клейковины в смеси снижается, а качество клейковины изменяется в сторону значительного укрепления упругих свойств.

Изменение водопоглотительной способности (ВПС), кислотности, и числа падения композитной смеси ржаной, пшеничной и льняной муки представлено в таблице 2.

Добавление льняной муки приводило к увеличению кислотности мучных смесей. Кислотность муки обусловлена присутствием жирных кислот, кислых фосфатов, образующихся в результате распада фосфорорганических соединений, и органических кислот

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СЕМЯН ЛЬНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

(молочной, уксусной, щавелевой). Кислотность также зависит от выхода муки. Высокое содержание оболочек, жирных кислот в льняной муке объясняет повышение кислотности смеси.

Таблица 2 – Кислотность, водопоглотительная способность и число падения мучных смесей

Содержание льняной муки, %	Смесь из ржаной, пшеничной и льняной муки		
	Кислотность, град	ВПС, %	Число падения, с
0,0	4,0	60,0	164
5,0	5,4	62,0	205
10,0	6,8	63,0	270
15,0	8,0	66,0	340
20,0	10,0	70,0	420

С увеличением доли льняной муки водопоглотительная способность смесей также возрастала. Как известно, водопоглотительная способность зависит от исходных свойств муки и от крупности ее помола. Часть углеводов льняной муки представлена растворимыми в воде полисахаридами – пентозанами, являющимися водосвязывающими агентами, характерной особенностью которых является их способность легко пептизироваться в воде с образованием вязких гелей [4, 6]. Льняная мука, по сравнению с пшеничной первого сорта и ржаной обдирной, содержит большее количество оболочек, способных хорошо поглощать воду. Кроме того, внесение льняной муки приводило к укреплению клейковины. Следовательно, суммарная величина водопоглотительной способности смеси муки в значительной степени возрастала с увеличением доли льняной муки.

Число падения, характеризуемое действием амилολитических, протеолитических и липолитических ферментов, зависит как от количества и активности ферментов, так и от размеров, характера и состояния частиц муки, а также крахмальных зерен, белковых веществ, липидов. В льняной муке отсутствуют α - и β -амилазы. С увеличением доли льняной муки в смеси количество амилολитических ферментов снижается, липолитических возрастает, что повысило значение числа падения.

Таким образом, добавление льняной муки к смеси ржаной и пшеничной приводило к значительному изменению хлебопекарных свойств смеси, что, безусловно, будет влиять

на реологические свойства теста. Установлено, что с увеличением доли льняной муки вязкость теста возрастает, что, очевидно, связано с наличием дополнительного белка, слизи, обладающих высокой гидрофильностью, и ПНЖК, выступающих в роли размягчителя. Такие изменения свойств теста могут создавать определенные особенности, приводя к необходимости использования специальных технологических режимов приготовления теста, расстойки и выпечки хлеба.

Хлеб из смеси ржаной, пшеничной и льняной муки готовили на заквасках. Экспериментально установлено, что внесение льняной муки в ржаную производственную закваску нецелесообразно, приводило к замедлению ее созревания. Густая закваска плохо увеличивалась в объеме, кислотонакопления не происходило. Очевидно, высокое содержание липидов, органических кислот, низкое содержание сахаров в льняной муке подавляло жизнедеятельность молочнокислых бактерий.

Лучше всего вносить льняную муку в смеси с пшеничной при замесе теста. Несмотря на то, что основные углеводы льняной муки представлены водорастворимыми пентозанами – слизями, которые в соединении с белками и липидами образуют сложные высокомолекулярные комплексы, способные тормозить брожение теста, добавление льняной муки в смеси с пшеничной ускоряло созревание теста. Режимы тестоприготовления хлеба из смеси ржаной, пшеничной и льняной муки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Режимы технологического процесса тестоприготовления

Наименование показателей	Дозировка льняной муки, и значения показателей			
	0	10,0	15,0	20,0
Массовая доля влаги теста, %	47,0	48,0	49,0	50,0
Температура теста, °С	30,0	30,0	30,0	30,0
Продолжительность брожения, мин	90	70	50	40
Конечная кислотность теста, град	6,5	7,0	7,5	8,5
Продолжительность расстойки, мин	50,0	40,0	30,0	25,0

С учетом особенностей хода технологического процесса тестоприготовления, были разработаны рецептуры хлеба с добавлением льняной муки в количестве от 5,0 до 20,0 %. Влияние добавления льняной муки на качество хлеба представлено в таблице 4.

Установлено, что с увеличением дозировки льняной муки, влажность мякиша хлеба увеличивалась, однако мякиш хлеба оставался эластичным. Данный фактор в дальнейшем можно использовать для увеличения выхода хлеба с добавлением льняной муки.

Снижение значения пористости и удельного объема, отмечающееся при увеличении до-

зировки льняной муки, связано со значительным содержанием частиц оболочек семян льна, под действием которых и происходит некоторое уплотнение структуры мякиша, а также с укрепляющим действием ненасыщенных жирных кислот на структуру белковой молекулы.

Большое влияние льняная мука оказывала на такие органолептические показатели, как цвет мякиша и вкус хлеба. По сравнению с контрольными образцами, добавление льняной муки придавало мякишу более темный цвет. Вкус и аромат с увеличением доли льняной муки во всех образцах характеризовался, как приятный.

Таблица 4 — Физико-химические показатели качества хлеба с добавлением льняной муки

Наименование показателя	Характеристика показателя			
	контроль	образец с добавлением 10 % льняной муки	образец с добавлением 15 % льняной муки	образец с добавлением 20 % льняной муки
Влажность, %	46,0	47,0	48,0	49,0
Кислотность, град	6,0	6,5	7,0	7,5
Пористость, %	62,0	60,0	59,0	56,0
Удельный объем, см ³ /г	2,05	2,0	1,9	1,8

Таким образом, проведенные исследования показали, что корректировка хода технологического процесса приготовления хлеба из смеси ржаной, пшеничной и льняной муки позволяет получить изделия, обладающие хорошими органолептическими и физико-химическими показателями. Добавление льняной муки обогащает хлебобулочные изделия незаменимыми компонентами и дает возможность расширить ассортимент хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности.

СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ

1. Enzifst, L. E. Flaxseed (Linseed) fibre – nutritional and culinary uses – a review / L. E. Enzifst, M. E. Bveo // Food New Zealand. – 2014. – Issue april/may. P. 26–28.
2. Ganorkar, P. M. Flaxseed – a nutritional punch / P. M. Ganorkar, R. K. Jain // International Food Research Journal. – 2013. – № 20 (2). – P. 519–525.
3. Touré, A. Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits / A. Touré, X. Xueming // Comprehensive Reviews in Food Sciences and Food Safety. Institute of Food Technologists. – 2010. – № 9 (3). – P. 261–269.
4. Миневи́ч, И. Э. Использование семян льна в хлебопечении / И. Э. Миневи́ч, В. А. Зубцов, Т. Б. Цыганова // Хлебопродукты. – 2008. – № 3. – С. 56–57.
5. Конева, С. И. Исследование влияния пшеничных отрубей на качество хлеба повышенной пищевой ценности / С. И. Конева, Э. П. Могучева // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3/2. – С. 141–144.

6. Миневи́ч, И. Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Миневи́ч Ирина Эдуардовна. – М., 2009. – 234 с.
7. Зубцов, В. А. Биологические и физико-химические основы использования льняной муки для разработки хлебобулочных изделий / В. А. Зубцов, И. Э. Миневи́ч // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 3. – С. 10–13.
8. Пащенко, Л. П. Функциональные свойства семян масличного льна / Л. П. Пащенко, Л. А. Коваль, В. Л. Пащенко // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 10. – С. 98–99.
9. Шалтумаев, Т. Ш. Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности / Т. Ш. Шалтумаев, М. П. Могильный, М. А. Сигарева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2015. – № 5-6. – С. 42–45.
10. Калинина, И. В. К вопросу использования льняной муки в хлебопекарном и кондитерском производстве / И. В. Калинина, Р. И. Фаткуллин, Н. В. Науменко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2014. – № 4. – С. 50–56.

Конева Светлана Ивановна, к.т.н., доцент кафедры технологии хранения и переработки зерна ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, г. Барнаул, ул. Ленина, 46, e-mail: skoneva22@mail.ru, тел.: (3852) 29-07-55.