

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ

Фурс И.Н.,

к.т.н., Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Коляда Е.В.,

Белорусский государственный экономический университет, г. Минск

Современный рынок пищевых продуктов требует от производителей выпуска продукции высокого качества, с приемлемой для населения ценой и функциональными свойствами.

В Республике Беларусь разработана Национальная политика в области здорового питания до 2015 года, затрагивающая все сферы деятельности человека, связанные с выращиванием, производством, хранением и потреблением пищи, стратегическая цель которой заключается в содействии улучшению здоровья всех граждан республики, повышению качества жизни, сохранении здоровья генофонда нации и предоставлении каждому члену общества возможности контролировать собственное здоровье через полноценное и безопасное питание.

В настоящее время в рационе питания населения Республики Беларусь преобладает доля хлебных продуктов как наиболее доступного вида продовольствия. Однако традиционные сорта хлеба характеризуются недостаточной пищевой и биологической ценностью, несбалансированностью белков и углеводов.

Перспективным направлением, наиболее эффективным, экономически доступным, оптимально сочетающим и объединяющим пути решения задачи стабильного обеспечения населения хлебом хорошего качества и высокой пищевой ценности, является обогащение; в том числе создание и использование в производстве хлеба комплексных компонентов. В связи с этим данные компоненты, улучшающие качество хлеба, должны быть многофункциональными, а именно: обогащать хлебобулочные изделия дефицитными в рационе питания веществами; не ухудшать органолептические свойства; способствовать повышению технологических и экономических показателей процессов хлебопекарного производства.

Качество готового продукта, и в первую очередь его основные показатели пищевая и биологическая ценность, функционально зависит от качества всех составляющих его ингредиентов (белок, жир, углеводы, минеральные вещества, витамины и др.). Для выработки высококачественного, функционального хлеба необходим подбор оптимального состава всех этих компонентов. Нами использовался системный подход, обуславливающий выбор основных критериев обогащения хлеба и хлебобулочных изделий.

В ходе выполнения этой программы были сформулированы требования к хлебобулочным изделиям, определен выбор добавляемых макро- и микронутриентов, витаминов, рекомендуемые уровни обогащения, технологичность, экономическая эффективность.

В соответствии с существующей международной практикой было установлено, что содержание вносимых компонентов в обогащаемых продуктах должно находиться на уровне, обеспечивающем поступление со средней суточной порцией этого продукта не менее 30–50 % рекомендуемого среднего суточного потребления данных компонентов человеком.

Этот принцип исходит из того, что реальный дефицит минеральных веществ и витаминов в обычном рационе современного человека находится в пределах 30–50 % от их регламентируемого уровня потребления. Следовательно, обогащенный в соответствии с этим принципом продукт позволяет эффективно восполнить имеющийся дефицит, поскольку остальные 50–70 % необходимых витаминов и минеральных веществ поступают с другими входящими в рацион продуктами, обычными или обогащенными.

Научный подход к созданию новых видов комбинированных комплексных компонентов для производства хлебобулочных изделий, которые по своей пищевой и биологической ценности максимально соответствуют физиологическим нормам, предопределил наши исследования.

В качестве компонентов композиций было выбрано и использовано следующее сырье: побочные продукты мукомольного производства – отруби пшеничные, зародышевые хлопья; отходы пивоваренной промышленности – пивная дробина; побочные продукты овощеперерабатывающих предприятий – свекольный, морковный, яблочный жом, а также вторичное молочное сырье – сухое обезжиренное молоко.

Выбор сырья в решающей степени определяется содержанием в нем биологически активных веществ, кроме того, за счет достаточно высокого их содержания данное сырье является ценным и в то же время дешевым. С этой целью нами были проведены исследования по изучению химического состава данных продуктов.

Анализ химического состава вторичных продуктов переработки позволил установить, что данные продукты содержат большое количество минеральных веществ (кальций, фосфор, магний, марганец, железо, медь, цинк, йод, бром), витаминов (тиамин, рибофлавин, пиридоксин, ниацин, биотин, токоферол), липотропных веществ (лецитин, линолевая кислота, холин). Их углеводы складываются из крахмала, клетчатки, гемицеллюлозы, лигнина, гумми, пентозанов и растворимых углеводов, в числе которых сахароза, левулезида и свободно редуцирующие сахара. Очень ценно то, что вторичные продукты переработки зерна имеют высокое содержание белка, сбалансированного по аминокислотному составу и перевариваемого на 90–95 %.

Липидные фракции вторичных продуктов переработки зерна в основном представлены ненасыщенными кислотами, на долю которых в отрубях пшеницы приходится 88,8 %, в зародышевых хлопьях – 79,8% от общего количества жирных кислот. Соответственно на долю полиненасыщенных жирных кислот приходится 71,0 % и 63,6 %.

По абсолютному содержанию полиненасыщенных жирных кислот в липидных фракциях следует выделить зародышевые хлопья (в среднем 5538 мг в 100 г зародышей по сравнению с 834 мг в 100 г отрубей).

Приведенные данные показывают, что пшеничные отруби и зародышевые хлопья являются хорошим сырьем для получения функциональных компонентов. Комбинирование данных зерновых компонентов с другими компонентами (морковный, свекловичный, яблочный жом, сухая клейковина, СОМ) значительно повысит не только пищевую, но и биологическую ценность комплексных компонентов.

Изучение отдельных пищевых веществ вторичных сырьевых ресурсов позволяет сделать вывод о целесообразности их применения при конструировании порошкообразных пищевых комплексных смесей функциональной направленности в результате комбинирования сырья. На их основе можно разработать физиологически полноценные продукты здорового питания.

Нами был оптимизирован аминокислотный состав белоксодержащих ингредиентов продукта, рассчитан их аминокислотный скор (табл. 1).

Аминограммы ингредиентов основного сырья, используемых при проектировании комплексных функциональных компонентов, обладают наименьшей биологической ценностью, у муки пшеницы высшего сорта лимитирующими аминокислотами являют-

ся лизин (45,4 %), серосодержащие – метионин и цистин (дефицит в которых прослеживается и для животных белков) и треонин (67,5 %). Мука первого сорта имеет более высокое содержание аминокислот, а лимитирующими являются лизин (48,2 %) и треонин (79,5 %).

Аминокислотный состав вторичных сырьевых ресурсов сбалансирован лучше, чем основное сырье – мука зерновых: на 39,6–84,6 % может быть дополнено содержание дефицитной аминокислоты лизина, на 12–25 % – валина. Уменьшен дисбаланс по содержанию лейцина, изолейцина, триптофана.

Из особенностей аминокислотных составов белков вторичных сырьевых ресурсов следует их важная роль как источника серосодержащих аминокислот, дефицит в которых прослеживается и для животных белков. Они содержат эти аминокислоты в достаточных или даже больших количествах, чем «идеальный» белок по шкале FAO/WHO.

Аминокислотный состав вторичных сырьевых ресурсов сбалансирован лучше, чем основное сырье – мука зерновых. Белок вторичных зерновых продуктов содержит на 39,6–84,6 % больше дефицитной аминокислоты лизина и на 12–25 % – валина., чем мука. Уменьшен также дисбаланс по содержанию лейцина, изолейцина, триптофана.

Из особенностей аминокислотных составов белков вторичных сырьевых ресурсов следует их важная роль как источника серосодержащих аминокислот, дефицит в которых прослеживается и для животных белков. Они содержат эти аминокислоты в достаточных или даже больших количествах, чем «идеальный» белок по шкале FAO/WHO.

Данные сведения учитывались при составлении комплексных компонентов. Во внимание принимался принцип взаимного дополнения лимитирующих аминокислот.

Таблица 1. Содержание аминокислот, г в 100 г белка, аминокислотные скоры белков основного и дополнительного сырья, %

Аминокислоты	Пшеничные отруби (ПО)	Зародышевые хлопья (ЗХ)	Сухая пшенич. клейковина (СПК)	Пивная дробина (ПД)	Сухое обезжиренное молоко (СОМ)	Мука пшеничная в/с	Мука пшенич. 1 сорт
Валин	4,5 / 90	3,2 / 64	5,15/103	3,2/ 63,6	4,7 / 93	3,9 / 78	5,1 /102
Изолейцин	3,1 / 78	2,7 / 68	4,9 / 122	2,4 /59,3	5,1 / 127	4,3/107,5	5,3/132,5
Лейцин	6,6 / 94	6,9 / 99	8,2/ 117	5,6 /80,1	9,4 / 134	8,1 / 115	8,8/125,7
Лизин	4,7 / 85	6,0/ 109	1,9 / 35	2,6 /46,9	7,2 / 130	2,5 / 45,4	2,7/48,18
Метионин +цистин	3,7 / 105	2,7 / 77	3,7 / 106	2,9 /82,3	3,9 / 111	3,0 / 85,7	4,0/114,3
Треонин	3,9 / 98	4,7/ 118	2,9 / 72	2,3 /57,8	4,1 / 103	2,7 / 67,5	3,2/ 79,5
Триптофан	1,1 / 110	1,0/ 100	0,95 / 95	1,9 /198	0,79 / 79	1,0 / 100	1,2 / 120
Фенилаланин +тирозин	6,8 / 113	6,6/ 110	9,66/161	5,5 /92	4,2 / 70	7,5 / 125	8,2/136,7
Итого НАМ	34,4 / 96	33,8/ 94	37,3/103,7	26,4 /73	39,3/109,2	32,9/91,5	38,4/106,8

Нами были составлены комплексные компоненты функционального назначения с повышенным содержанием пищевых волокон, со сбалансированным аминокислотным, минеральным и витаминным составом, дополнительно обогащенных рядом макро- и микроэлементов. При этом использовались основные научные принципы и подходы к обогащению пищевых продуктов, разработанных отечественной и зарубежной наукой.

При разработке комплексных смесей уделялось внимание гармонизации белковых профилей и повышению эффективности белков, поэтому произвели оценку ами-

нокислотной сбалансированности составленных композиций. На базе имеющейся научно-технической информации, обширных статистических данных определена дозировка компонентных смесей.

В настоящее время появилось много новых расчетных методов оценки белковой составляющей продуктов.

Опыт, накопленный учеными в данной области исследований, свидетельствует, что наиболее перспективным методом для реализации этапа проектирования состава композитных смесей, а именно для оценки их биологической ценности является метод, предусматривающий расчет потенциальной или теоретической ценности белка (показатель утилизируемой аминокислоты, рассчитанный не только путем определения уровня дефицитной аминокислоты в белке, но и нахождением разности значений скоров).

Расчет указанных характеристик проводили для 50 вариантов комплексных компонентов, нами были выбраны оптимальные варианты, имеющие более высокую потенциальную (теоретическую) ценность белка (показатель биологической ценности близок к 100 %).

Для определения соотношения компонентов в композициях, обеспечивая при этом оптимальное содержание пищевых волокон, минеральных веществ, витаминов мы использовали программу Microsoft Excel, позволяющую оптимизировать химический состав композиции, обеспечивая при этом содержание функциональных веществ, максимально приближенное к нормам потребления данных веществ.

Нами установлено, что не все варианты комплексных функциональных компонентов с высокой биологической ценностью имеют полноценный химический состав, содержащий оптимальное количество макро- и микроэлементов, витаминов. На основании полученных результатов выбраны 5 вариантов, наиболее полно отвечающих поставленным целям (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав комплексных функциональных компонентов

Показатель	Композиции				
	70% ПО 10%ПД 20%СПК	55%ПО 20%ПД 20%СПК 5%СЖ*	50%ПО 20%ПД 25%СПК 5%МЖ*	40%3Х 15%ПД 25%СПК 5%ЯЖ* 15%СОМ	20%3Х 40%ПД 20%СПК 20%СОМ
Белок, г	33,39	32,46	36,24	37,65	36,32
жир, г	3,84	4,01	3,56	8,28	6,63
крахмал, г	10,95	9,05	8,97	1,17	6,39
пищевые волокна, г	33,05	38,61	30,45	17,50	27,27
клетчатка, г	9,06	10,27	8,10	5,58	8,44
зола, г	4,09	3,77	3,92	3,64	3,48
тиамин (В1), мг	2,25	2,51	1,84	2,02	2,92
рибофлавин (В2), мг	0,67	0,78	0,73	1,19	1,43
ниацин (РР), мг	23,81	27,74	19,26	14,61	31,61
пиридоксин (В6), мг	1,85	2,77	1,64	3,40	5,18
токоферол (Е), мг	17,49	14,21	12,76	6,63	3,98
пантотеновая кислота (В3), мг	2,42	1,94	1,75	0,95	0,50
кальций, мг	142,20	120,70	216,60	200,88	247,57
магний, мг	302,30	243,66	238,28	140,46	192,55
железо, мг	12,60	12,14	10,27	7,92	8,35
калий, мг	897,12	720,50	788,25	591,72	649,06

* СЖ – свекольный жом; МЖ – морковный жом; ЯЖ – яблочный жом

Полученные характеристики композиций позволяют прогнозировать возможность использования всех разработанных комплексных компонентов в производстве хлебобулочных изделий функционального назначения.

Таким образом, анализируя полученные при расчете данные исходных компонентов и разработанных на их основе композитных смесей, установили, что биологическая ценность данных продуктов достаточно высока. Полученные результаты доказывают, что многокомпонентность комплексных смесей является фактором повышения биологической ценности продуктов.

Для определения хлебопекарных свойств хлебобулочных изделий с использованием комплексных компонентов проводили пробные лабораторные выпечки, которые показали хорошие результаты по сравнению с базовым образцом. Было изучено влияние добавления комплексных компонентов на основные показатели качества готовых изделий.

Нами установлено, что введение комплексных функциональных компонентов в рецептуру хлебобулочных изделий позволяет повысить витаминную ценность, улучшить минеральный состав, обогатить продукт пищевыми волокнами, другими ценными компонентами и при этом незначительно влияет на цену готовых изделий.

Подводя итог изложенному, следует отметить, что проведены комплексные исследования, направленные на разработку комплексных компонентов на основе зернового сырья и определены их функциональные характеристики. Доказана высокая пищевая и биологическая ценность комплексных компонентов с использованием вторичных продуктов переработки и возможность применения их в качестве перспективных обогатителей химического состава сырья. Разработаны основы создания обогащенных комплексными компонентами хлебобулочных изделий повышенной биологической ценности при производстве нового ассортимента изделий здорового питания.

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ, АППРОКСИМИРОВАННЫХ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫМИ МОДЕЛЯМИ

Фурунжиев Р.И.,

к.т.н., профессор,

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Преимущественное большинство проблем инженерных наук, экономики, физики и других разделов человеческого знания удается сформулировать в виде задач на поиск некоторых стационарных состояний для функционалов от неизвестных функций. Введя интерполяцию этих функций, например, используя метод конечных элементов, функционал можно отобразить на функцию от многих переменных. На основе этой методики можно эффективно реализовать известные концепции объектно-ориентированных методов математического моделирования и оптимизации.

Объектно-ориентированные методы лежат также в основе современных баз знаний. Методы оптимизации, основанные на базах знаний, отличаются от стандартных методов математического программирования и обеспечивают значительные преимущества при анализе сложных систем и их оптимизации. Известно много науч-