

МИКРОБИАЛЬНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
МУЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ КВИНОА

T.V. Shchekoldina

MICROBIAL AND ECOLOGICAL SAFETY OF FLOUR MIXTURES
BASED ON QUINOA

Щеколдина Т.В. – канд. техн. наук, доц. каф. технологии хранения и переработки растениеводческой продукции Кубанского государственного университета им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар. E-mail: schekoldina_tv@mail.ru

Shchekoldina T.V. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Technology of Storage and Processing of Crop Production, Kuban State University named after I.T. Trubilin, Krasnodar. E-mail: schekoldina_tv@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы безопасности мучных смесей, предназначенных для больных целиакией – непереносимостью пшеничного белка – глютена. Основу безглютеновых мучных смесей составляет мука квиноа – уникальной культуры, получившей всемирное признание как безглютеновой с высоким содержанием основных пищевых веществ. Смесии представлены в различных композиционных соотношениях для хлебобулочных изделий белого цвета, серого цвета, для мучных кулинарных и кондитерских изделий, для макаронных изделий. Так как безглютеновые мучные смеси не подвергаются тепловой обработке, по химическому составу отличаются высоким содержанием белка, липидов, углеводов, витаминов и минеральных веществ, то контроль роста и развития микрофлоры, для которых это является питательной средой, актуален. Многокомпонентность мучных смесей: мука квиноа, рисовая, кукурузная, гречневая мука – предполагает различные районы и территории их произрастания, поэтому необходим контроль показателей безопасности: токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов и радионуклидов. Цель работы – изучение микробиологических показателей безглютеновых мучных смесей различного назначения: КМА-ФАНМ, БГКП (колиформы), патогенные микроорганизмы (в том числе сальмонеллы), сульфитредуцирующие клостридии, дрожжи и плесени; показателей безопасности: токсичные элементы (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк), микотоксины и пестициды, радионуклиды, а

также изучение изменения общего микробного числа в процессе хранения для рекомендации сроков хранения по данному показателю. Установлено, что микробиологические показатели и показатели безопасности безглютеновых мучных смесей различного назначения соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Изучено изменение общего микробного числа безглютеновых мучных смесей в процессе хранения и определены рекомендуемые сроки хранения в зависимости от их компонентности от 4 до 6 месяцев.

Ключевые слова: мучные смеси, глютен, целиакия, квиноа, безопасность, микробиологические показатели.

In the study the safety of flour mixtures intended for patients with celiac disease, i.e. intolerance to gluten, wheat protein are considered. The basis of gluten-free flour mixes is quinoa flour – a unique culture that has received worldwide recognition as gluten-free with a high content of basic nutrients. The mixes are presented in various compositional ratios for bakery products of white color, gray color, for flour culinary and confectionery products, for pasta. Since gluten-free flour mixtures are not subjected to heat treatment, their chemical composition is characterized by a high content of protein, lipids, carbohydrates, vitamins and minerals, the control of growth and development of microflora, for which it is a nutrient medium, is relevant. The multicomponent of flour mixes: quinoa flour, rice, corn, buckwheat flour involves different areas and areas of

their growth, therefore, monitoring of safety indicators is necessary: toxic elements, mycotoxins, pesticides and radionuclides. The purpose of the research is to study microbiological indicators of gluten-free flour mixtures for various purposes: QMAFAM, BGC (coliforms), pathogenic microorganisms (including Salmonella), sulfite-reducing clostridia, yeast and molds; safety indicators: toxic elements (lead, cadmium, mercury, arsenic), mycotoxins and pesticides, radionuclides, as well as the study of changes in the total microbial number during storage to recommend shelf life for this indicator. It has been established that microbiological indicators and safety indicators of gluten-free flour mixtures for various purposes comply with the requirements of TR TS 021/2011 "On safety of food products". The change in the total microbial number of gluten-free flour mixtures during storage has been studied, and recommended storage periods were determined, depending on their component, from 4 to 6 months.

Keywords: flour mixes, gluten, celiac disease, quinoa, safety, microbiological indicators.

Введение. Порчу любого пищевого продукта можно рассматривать как нежелательные изменения, которые делают его непригодным к употреблению. Из всех типов порчи именно микробиологическая, обусловленная многообразием бактерий, дрожжей и плесеней, может нанести тяжкий вред здоровью, повлечь большое количество отходов и финансовых потерь.

Микробиальные показатели качества являются определяющими для безопасности всех пищевых продуктов, в том числе и мучных смесей. Развитие микробиологических процессов под действием различных факторов в мучных смесях приводит к плесневению, прогорканию, прокисанию и самосогреванию.

Важную роль в безопасности пищевых продуктов играют химические факторы: токсичные элементы и тяжелые металлы. Многолетняя истощенность почв, загрязнение окружающей

среды, внесение минеральных удобрений и использование средств защиты растений могут привести к накоплению их в зерне и продуктах его переработки [1].

Представленные в работе мучные смеси предназначены для создания продуктов питания больным с непереносимостью пшеничного белка – целиакией. Целиакия – наследственное заболевание, связанное с атрофией ворсинок кишечника и невозможностью усваивать пшеничный белок глютен. В состав смесей входят мука из семян квиноа, кукурузная, гречневая и рисовая мука, отличающиеся отсутствием глютена. Нетрадиционным сырьем в смесях является мука из семян квиноа – псевдозерновой культуры, набирающей всемирную популярность благодаря неприхотливости выращивания и уникальному химическому составу [2, 3].

Цель работы. Изучение микробиальной и экологической безопасности безглютеновых мучных смесей.

Задачи:

- определение микробиологических показателей безглютеновых мучных смесей различного назначения: КМАФАнМ, БГКП (колиформы), патогенные микроорганизмы (в том числе сальмонеллы), сульфитредуцирующие клостридии, дрожжи и плесени;

- определение показателей безопасности безглютеновых мучных смесей различного назначения: токсичные элементы (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк), микотоксины и пестициды, радионуклиды;

- изучение изменения общего микробного числа (КМАФАнМ) безглютеновых мучных смесей в процессе хранения для рекомендации сроков хранения по данному показателю.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований были безглютеновые мучные смеси, компонентный состав которых рассчитан с помощью методов математического планирования и представлен в таблице 1.

Композиции безглютеновых смесей, %

Состав	Безглютеновая смесь для хлебобулочных изделий		Безглютеновая смесь для мучн. кондитерских изделий		Безглютеновая смесь для макаронных изделий	
	Обозначения смесей					
	белого цвета	серого цвета	ККК	КККР	КК	РК
Мука квиноа	50	50	40	60	60	70
Мука кукурузная	-	-	45	25	40	-
Мука рисовая	30	25	-	10	-	30
Мука гречневая	-	5	-	-	-	-
Крахмал желатинированный Instant pureflo F	20	20	15	15	-	-

В безглютеновых мучных смесях определяли следующие микробиологические показатели: количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМА-ФАНМ) по ГОСТ 10444.15-94, бактерии группы кишечных палочек (колиформы) по ГОСТ 31747-2012, сульфитредуцирующие бактерии, растущие в анаэробных условиях по ГОСТ 29185-2014 (ISO 15213:2003). Дрожжи и плесневые грибы определяли по ГОСТ 10444.12-2013 путем выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов посевом проб в жидкую питательную среду (агар с дихлораном) в чашку Петри с последующим инкубированием в аэробных условиях при температуре 25 ± 1 °С в течение 5 суток [4].

Были определены показатели безопасности, включающие токсичные элементы, микотоксины и пестициды, радионуклиды. Из токсичных элементов содержание свинца определяли по ГОСТ 26935-86, кадмия – по ГОСТ 26933-86, ртути – по ГОСТ 26927-86, мышьяка – по ГОСТ 26930-86. Из микотоксинов и пестицидов содержание афлотоксина В₁ определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по ГОСТ 31748-2012, Т-2 токсина – по ГОСТ 28001-88, гексахлорциклогексана (α , β , γ -изомеры), ДДТ и его метаболиты, ртутьорганические пестициды – методом тонкослойной

хроматографии по ГОСТ 13496.20-2014. Радионуклиды цезий-137 и стронций-90 определяли спектроскопическим методом измерения удельной активности по ГОСТ 32161-2013 и ГОСТ 32161-2013 соответственно. Полученные результаты исследований сравнивали с нормативами микробиологических показателей и показателей безопасности в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [5].

Результаты и их обсуждение. Безглютеновые мучные смеси отличаются многокомпонентностью и химическим составом муки квиноа, кукурузной, гречневой и рисовой муки: высокое содержание белков, жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов; они не подвергаются тепловой обработке, поэтому в них может происходить развитие микроорганизмов, как опасное для здоровья потребителя, так и вызывающее их порчу при хранении.

Показатели безопасности характеризуют химическую порчу мучных смесей и при превышении их предельно допустимых концентраций в течение длительного времени могут привести к накоплению в организме и вызвать тяжелые заболевания.

Результаты исследований микробиологических показателей и показателей безопасности мучных смесей представлены в таблице 2.

Микробиологические показатели и показатели безопасности композиций безглютеновых смесей

Показатель	Безглютеновая смесь для хлебобул. изделий белого цвета		Безглютеновая смесь для мучных кулинарных или кондитер. изделий		Безглютеновая смесь для макаронных изделий	
	белого цвета	темного цвета	ККК	КККР	КК	РК
КМАФАНМ, КОЕ/г, не более	1,4×10 ⁴	1,5×10 ⁴	1,36×10 ⁴	1,47×10 ⁴	1,31×10 ⁴	1,55×10 ⁴
БГКП (колиформы), масса (г), в которой не допускается	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, масса (г), в которой не допускается	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Сульфитредуцирующие клостридии, масса (г), в которой не допускается	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Дрожжи, плесени, масса (г), где КОЕ не допускается	45±0,01	59±0,01	47±0,01	51±0,01	39±0,01	36±0,01
Свинец	0,15±0,01	0,19±0,01	0,15±0,01	0,16±0,01	0,18±0,01	0,16±0,01
Кадмий	0,011±0,01	0,013±0,01	0,012±0,01	0,012±0,01	0,011±0,01	0,011±0,01
Ртуть	0,007±0,01	0,007±0,01	0,006±0,01	0,005±0,01	0,006±0,01	0,007±0,01
Мышьяк	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001
Афлотоксин В1	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,002
Т-2 токсин	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
ГХЦГ (α, β, γ-изомеры)	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
ДДТ и его метаболиты	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,002
Ртутьорганические пестициды	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
<i>Радионуклиды, Бк/кг, не более</i>						
Цезий-137	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Стронций-90	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.

В результате анализа таблицы 2 установлено КМАФАНМ посевов навесок смесей в агаризованной питательной среде в течение 72 часов при температуре 30±1°С в аэробных условиях для безглютеновых мучных смесей хлебобулочных изделий 1,4-1,5×10⁴КОЕ, безглютеновых мучных кондитерских изделий 1,36-1,47×10⁴КОЕ, безглютеновых мучных смесей для макаронных изделий 1,31-1,55×10⁴КОЕ.

Бактерии группы кишечной палочки, патогенные микроорганизмы (в том числе сальмонеллы), сульфитредуцирующие клостридии обнаружены не были.

Предварительно (через 3 суток) и окончательно (через 5 суток) выявлено отсутствие дрожжевых колоний. Были обнаружены от 45 до 60 колоний плесневых грибов рода *Penicillium* и *Aspergillus* в пробе безглютеновых мучных смесей для хлебобулочных изделий, от 47 до 51 колоний – в пробе безглютеновых смесей для мучных кондитерских изделий и 36–39 колоний – в пробе безглютеновых смесей для макаронных изделий.

Согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» для мучных смесей (как продуктов переработки зерна), КМАФАНМ не

должно превышать 5×10^4 КОЕ/г, БГКП (коилиформы), патогенные микроорганизмы (в том числе сальмонеллы), сульфитредуцирующие клостридии не допускаются, количество дрожжей и плесени не более 100 КОЕ в 1 грамме смесей.

Отмечено, что содержание токсичных элементов значительно ниже их ПДК. Количество микотоксинов и пестицидов ниже предела чувствительности метода (менее 0,002–0,01), радионуклиды не обнаружены.

Таким образом, в безглютеновых мучных смесях микробиологические показатели и показатели безопасности соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

На следующем этапе было изучено изменение общего микробного числа – КМАФАнМ без-

глютеновых мучных смесей в процессе хранения для рекомендации сроков хранения по данному показателю (не является единственным для окончательного установления срока хранения пищевых продуктов). Показатели КМАФАнМ определяют численность групп санитарно-показательных микроорганизмов, свидетельствующих о степени обсемененности продукта микрофлорой. В состав КМАФАнМ входят непатогенные и патогенные микроорганизмы, численный рост и обсемененность которых необходимо контролировать на всех этапах производства.

Изменение КМАФАнМ безглютеновых смесей для хлебобулочных изделий, мучных кулинарных и кондитерских изделий, макаронных изделий в процессе хранения представлено в таблице 3.

Таблица 3

Изменение КМАФАнМ безглютеновых смесей в процессе хранения

Продолжительность хранения, мес.	КМАФАнМ безглютеновых смесей различного назначения, КОЕ/г					
	белого цвета	темного цвета	ККК	КККР	КК	РК
1	$3,1 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$	$3,51 \times 10^4$	$3,4 \times 10^4$	3×10^4	$3,26 \times 10^4$
2	$3,4 \times 10^4$	$3,91 \times 10^4$	$3,57 \times 10^4$	$3,83 \times 10^4$	$3,1 \times 10^4$	$3,41 \times 10^4$
3	$3,5 \times 10^4$	$4,19 \times 10^4$	$3,64 \times 10^4$	$4,24 \times 10^4$	$3,4 \times 10^4$	$3,54 \times 10^4$
4	$3,7 \times 10^4$	$4,75 \times 10^4$	$3,95 \times 10^4$	$4,51 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$
5	$4,10 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$4,29 \times 10^4$	$5,26 \times 10^4$	$4,09 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$
6	$4,4 \times 10^4$	$5,35 \times 10^4$	$4,6 \times 10^4$	$5,4 \times 10^4$	$4,55 \times 10^4$	$4,35 \times 10^4$
7	$5,18 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4$	$5,2 \times 10^4$	$5,51 \times 10^4$	$5,10 \times 10^4$	$5,15 \times 10^4$

Установлено, что КМАФАнМ для безглютеновой смеси для хлебобулочных изделий белого цвета в течение 6 месяцев хранения находилось в пределах допустимого уровня ($4,4 \times 10^4$ КОЕ/г). Для безглютеновой смеси для хлебобулочных изделий темного цвета КМАФАнМ увеличивалось быстрее и достигло допустимого значения уже к 4 месяцам хранения ($4,75 \times 10^4$ КОЕ/г), что, вероятно, объясняется наличием в смеси гречневой муки, являющейся дополнительным источником питательных веществ для микроорганизмов.

Отмечено, что КМАФАнМ для безглютеновой смеси для мучных кулинарных и кондитерских изделий на основе крахмала, кукурузной муки и муки квиноа (ККР) в течение 6 месяцев хранения находится в пределах допустимого уровня ($4,6 \times 10^4$ КОЕ/г), далее постепенно увеличиваясь. КМАФАнМ для безглютеновой смеси для муч-

ных кулинарных и кондитерских изделий на основе крахмала, кукурузной муки, муки квиноа и рисовой муки (КККР) увеличивается быстрее и достигает допустимого уровня к 4 месяцам хранения ($4,51 \times 10^4$ КОЕ/г), что, возможно, связано с более многокомпонентным составом смеси.

Установлено, что КМАФАнМ для безглютеновой смеси для макаронных изделий, как на основе муки квиноа/муки кукурузной, так и на основе муки квиноа/муки рисовой, в течение полугода (6 месяцев) находится в пределах допустимого уровня – $4,35 \times 10^4$ КОЕ/г и $4,55 \times 10^4$ КОЕ/г соответственно. Дальнейшее хранение смесей приводило к увеличению КМАФАнМ, т.е. обсемененности микрофлорой, что создает предпосылки для разработки комплексов мер по предотвращению микробиологической порчи.

Таким образом, при соблюдении определенного температурного режима и относительной влажности воздуха в сухом, чистом и хорошо проветриваемом помещении микробная безопасность КМАФАнМ для безглютеновых смесей, состоящих из трех видов муки и крахмала (безглютеновая смесь для хлебобулочных изделий темного цвета: мука рисовая, мука гречневая, мука квиноа; безглютеновая смесь для мучных кулинарных и кондитерских изделий: мука рисовая, мука кукурузная, мука квиноа), соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» в течение 4 месяцев, для остальных безглютеновых смесей – 6 месяцев с даты выпуска.

Выводы. В ходе исследований определены микробиологические показатели и показатели безопасности безглютеновых мучных смесей различного назначения и установлено их соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Изучено изменение общего микробного числа безглютеновых мучных смесей в процессе хранения и предложены рекомендации по срокам хранения безглютеновых смесей в зависимости от их компонентности – 4 и 6 месяцев.

Литература

1. Санитарная микробиология пищевых продуктов / Р.Г. Госманов, Н.М. Кольчев, Г.Ф. Кабиров [и др.]. – 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2015. – 560 с.
2. Черниховец Е.А., Щеколдина Т.В. Химический состав квиноа (*Chenopodium Quinoa*) // Сб. науч. тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та овцеводства и козоводства. – 2015. – Т. 1. – № 8. – С. 343–346.
3. Разработка системы ХАССП при производстве мучных смесей на основе квиноа для создания безглютеновых продуктов питания / Т.В. Щеколдина, П.И. Кудинов, О.Л. Вершинина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – № 5-6 (365-366). – С. 43–48.

4. Жаркова И.М., Малютина Т.Н. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества растительного сырья и пищевых продуктов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Лань, 2017. – 223 с.
5. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс]: утв. решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880. – URL: <http://www.eurasiancommission.org> (дата обращения: 30.06.2019).

Literatura

1. Sanitarnaya mikrobiologiya pishchevykh produktov / R.G. Gosmanov, N.M. Kolychev, G.F. Kabirov [i dr.]. – 2-e izd., ispr. – SPb.: Lan', 2015. – 560 s.
2. Chernihovec E.A., Shchekoldina T.V. Himicheskij sostav kvinoa (*Shenopodium Quinoa*) // Sb. nauch. tr. Vseros. nauch.-issled. in-ta ovcevodstva i kozovodstva. – 2015. – T. 1. – № 8. – S. 343–346.
3. Razrabotka sistemy HASSP pri proizvodstve mучnykh smesej na osnove kvinoa dlya sozdaniya bezglyutenovykh produktov pitaniya / T.V. Shchekoldina, P.I. Kudinov, O.L. Vershinina [i dr.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya. – 2018. – № 5-6 (365-366). – S. 43–48.
4. Zharkova I.M., Malyutina T.N. Medikobio-logicheskie trebovaniya i sanitarnye normy kachestva rastitel'nogo syr'ya i pishchevykh produktov. – 2-e izd., pererab. i dop. – SPb.: Lan', 2017. – 223 s.
5. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011 «O bezopasnosti pishchevoj produkcii» [Elektronnyj resurs]: utv. resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 9 dekabrya 2011 g. № 880. – URL: <http://www.eurasiancommission.org> (data obrashcheniya: 30.06.2019).