

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ БИОСЕНСОРОВ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ МУКИ

Крусир Г. В., д-р техн. наук, профессор, Кондратенко И. П., ст. преподаватель
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Проведено исследование безопасности образцов муки как компонентов сырья для производства хлебобулочных изделий. Безопасность данного пищевого сырья определялась методами биотестирования тест-организмами различных систематических групп. Исследования безопасности муки фитотестированием проводили на основании исследования морфологических изменений при проращивании семян редиса. Водный экстракт исследуемых образцов муки отфильтровывался и подвергался взаимодействию с семенами редиса красного в течение 96 часов при гидромодуле 1:5 и температуре 20 °С. Исследовалась динамика изменения длины корней. На втором этапе исследований в качестве биотест-системы использовались простейшие — инфузории Colpodasteinii. Метод основан на извлечении из исследуемых продуктов различных фракций токсичных веществ полярной и неполярной природы с последующей экспозицией экстрактов с культурой инфузории Colpodasteinii. Для третьего этапа эксперимента в качестве биотест-организмов использовались клетки животного происхождения. Метод основан на способности метиленового синего присоединять водород, который отделяется от окислительного субстрата (клетка животного происхождения) в процессе дыхания и восстанавливается в бесцветную лейкоформу. Полученные результаты подтверждают закономерности определения токсичности исследуемых образцов с использованием различных классов биотест-систем, а, следовательно, и возможность использования последних в качестве биотест-организмов при определении безопасности муки.

The article deals with research of flour sample security as ingredient for bakery products. Security of this food raw material has been determined via bioassay methods of different taxonomic groups by applying test-organisms. Flour safety phytotesting research has been conducted on the basis of morphological changes research during radish-seed germination. The aqueous extract of test samples (flour samples) has been sorted out and exposed to interaction with radish-seed during 96 hours at water duty 1:5 and temperature 20 °C. The dynamics of changing root length has been analyzed. Second stage of research implied protozoa - ciliates Colpodasteinii as bioassay system. The method is based on extracting toxic substance fractions having polar and non-polar nature from the investigated products assisted by successive exposure of extracts with Colpodasteinii culture. Third stage of experiment employed cells of animal origin as bioassay-organisms. The method is based on hydrogenating ability of methylene blue resulting in hydrogen separation from oxidative substrate (cell of animal origin) while breathing, and reduction to colorless leuco form. Obtained results confirm toxicity determination principles of test samples using different bioassay-system classes, and consequently possibility for using the latter as bioassay-organisms in flour security determination.

Ключевые слова: мука, биотестирование, токсичность, фитотестирование, сырье.

Введение. Развитие общества на современном этапе все чаще сталкивается с проблемами обеспечения безопасности пищевых продуктов. Следствием возрастающего антропогенного влияния на окружающую природную среду и интенсификации использования природных ресурсов, не всегда рационального и без соблюдения надлежащих мероприятий безопасности, является стойкая тенденция к росту концентрации контаминантов в пищевом сырье. Значительное место в проблеме обеспечения безопасности пищевых продуктов занимает оценка безопасности, для чего широко применяют биологические методы, включающие биосенсорные технологии и биотестирование [1].

Постановка проблемы. Наиболее интенсивное развитие биотестирования получило на рубеже XX и XXI веков. В данное время спектр тест-организмов расширился и охватывает разнообразные гидробионты (зеленые водоросли), макрофиты, простейшие (инфузории, жгутиковые), кишечнорастворимые (гидры), черви (планарии, пиявки), моллюски (пластинчатожаберные, брюхоногие), ракообразные (дафнии, гаммарусы), рыбы и т.д.

Классификация методик биотестирования включает такие критерии, как тип тест-объекта, тест-реакцию, токсичность, использование приборного обеспечения (рис. 1).

Литературный обзор. Степень опасности токсикантов, содержащихся в продовольственном сырье и продуктах питания, может быть установлена лишь методами прямой оценки их воздействия на живые организмы [2, 3]. Химико-аналитические методы не могут в полной мере дать оценку реальной опасности токсикантов, присутствующих в пищевых продуктах, поскольку при одновременном присутствии

нескольких веществ даже в концентрациях, не превышающих их ПДК, могут проявляться биологические эффекты, которые невозможно предсказать на основе данных о химическом составе поллютантов [4, 5].



Рис. 1 — Классификация методик биотестирования

Токсичность — характеристика биологическая и не может быть определена без использования биологического объекта. Только прямые биологические методы могут составить интегральную оценку уровня опасности, вызываемого суммарным воздействием токсикантов с учетом их синергизма и антагонизма, взаимного влияния, а также образования продуктов биодеструкции и биотрансформации соответствующих токсических веществ [6]. Методы биотестирования обеспечивают фактический и предиктивный контроль безопасности, то есть позволяют прогнозировать поведенческую реакцию пищевых токсикантов. Преимущества биотестирования как основного метода исследования безопасности пищевой продукции представлены на рис. 2.



Рис. 2 — Преимущества биотестирования

Основная часть. Обладая специфическими преимуществами, ни один из биотестов не может служить универсальным тест-объектом, чувствительным ко всем веществам в равной степени. Различия в чувствительности организмов к отдельным химическим ингредиентам вызывают необходимость приме-

нения для контроля безопасности, по крайней мере, 3...4 биотеста на организмах разных трофических уровней животных, водорослях и бактериях. Выбор используемого типа тестов зависит, прежде всего, от цели исследования, а так же от свойств анализируемого образца и доступных ресурсов [7, 8, 9].

Цель работы — исследование безопасности образцов муки, как компонентов сырья для производства хлебобулочных изделий ("Мука пшеничная" ДСТУ 46.004-99) с применением различных классов биотестов. Исследованы 4 образца муки, включающие торговые марки «Макфа» (образец № 1), «Богумила», (образец № 2), «Французская штучка» (образец № 3), «Е» (образец № 4).

Безопасность данного пищевого сырья определялась методами биотестирования тест-организмами различных систематических групп:

- высшие растения;
- микроорганизмы;
- одноклеточные.



Рис. 3 — Биотестирование проращиванием редиса красного



Рис. 4 — Инфузории *Colpoda steinii*

Исследования безопасности муки фитотестированием проводили на основании исследования морфологических изменений при проращивании семян редиса согласно СанПиН 2.1.7.573-96. Водный экстракт исследуемых образцов муки отфильтровывался и подвергался взаимодействию с семенами редиса красного в течение 96 часов при гидромодуле 1:5 и температуре 20 °С (рис. 3). Контрольный образец содержал дистиллированную воду. Исследовалась динамика изменения длины корней.

На втором этапе исследований в качестве биотест-системы использовались простейшие — инфузории *Colpoda steinii* (рис. 4). Метод основан на извлечении из исследуемых продуктов различных фракций токсичных веществ полярной и неполярной природы с последующей экспозицией экстрактов с культурой инфузории колподы согласно ГОСТ 13496.7-97.

Критерием определения токсичности служит время от начала воздействия испытуемого экстракта до гибели большинства (более 90 %) колпод, факт которой констатировался на основании полного прекращения их движения.

Выживаемость инфузорий вычислялась по формуле:

$$N \frac{N_2}{N_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где N_2 — суммарное количество инфузорий в исследуемой пробе для 4...5 повторностей через исследуемое время экспозиции;

N_1 — суммарное количество инфузорий в исследуемой пробе для 4...5 повторностей в начале опыта.

Для третьего этапа эксперимента в качестве биотест-организмов использовались клетки животного происхождения (рис. 5).

Метод основан на способности метиленового синего присоединять водород, который отделяется от окислительного субстрата (клетка животного происхождения) в процессе дыхания и восстанавливается в бесцветную лейкоформу в соответствии с МР 2.1.7.2279-07 МУ 1.1.037-95. Эксперимент включал экспозицию раствора метиленового синего в среде натрия хлорида с каплей свежеснятых клеток животного происхождения при 37 °С.

Определялось время обесцвечивания суспензии. Токсичность образцов муки прямо пропорциональна времени обесцвечивания с учетом шкалы токсичности, приведенной в табл. 1.

Для всех опытов рассчитывалось среднее квадратичное отклонение. Статистическая обработка результатов исследования проводилась при уровне значимости 0,1.

Таблиця 1 — Шкала токсичності по продовжителіності обесцвечивания метиленового синего

Токсичность продукта	Время обесцвечивания, (мин.)
Не токсичен	до 7
Средне токсичен	8...12
Токсичен	более 12

Апробация результатов исследований. На первом этапе проведена комплексная сенсорная оценка данных образцов (табл. 2).

Таблиця 2 — Сенсорная оценка исследуемых образцов муки

Название показателя	Значение показателя для образцов муки
Цвет	Белый, белый с желтоватым оттенком
Запах	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый
Вкус	Свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький

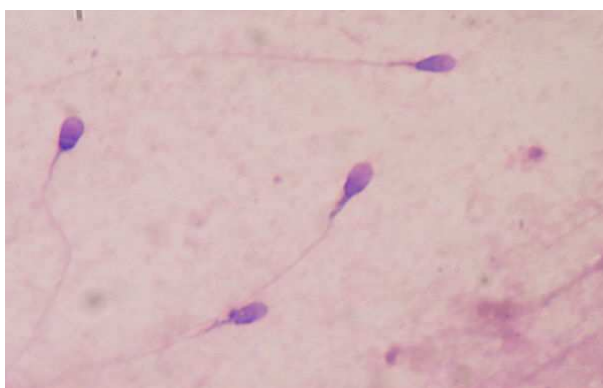


Рис. 5 — Сперматозоиды барана

Из результатов сенсорной оценки исследуемых образцов муки торговых марок «Макфа» (образец № 1), «Богумила», (образец № 2), «Французская штучка» (образец № 3) и «Е» (образец № 4) следует, что все образцы в соответствии с этими критериями относятся к муке высшего сорта [10, 11, 12].

Результаты определения показателей безопасности образцов муки методом биотестирования с помощью семян редиса красного представлены на рис. 6.

Динамика изменения длины корней редиса красного при экспозиции с экстрактом муки ТМ «Макфа» (образец № 1) и ТМ «Французская штучка» (образец № 3) повторяет изменения контрольного образца — № 5. Динамика изменения

длины корней в среде экстракта муки ТМ «Богумила» и ТМ «Е» (образец № 2 и № 4) значительно отличается от контрольного образца, что свидетельствует о наличии ингибиторов роста корней в соответствующих экстрактах муки.

На основании проведенных исследований установлено, что образцы ТМ «Макфа» и ТМ «Французская штучка» практически не содержат поллютантов и степень их токсичности варьирует в диапазоне 1...5 %, что позволяет отнести исследуемые образцы к нетоксичным [10] (табл. 3).

Таблиця 3 — Степень токсичности образцов муки при биотестировании фитотестированием

Образец	Торговая марка муки	Длина корней редиса красного круглого, мм	Степень токсичности, α, %
1	«Макфа»	38,00	4,61
2	«Богумила»	34,00	14,32
3	«Французская штучка»	39,00	2,42
4	«Е»	28,00	30,02
5	Контрольный	40,00	0,00

Образец муки № 4 («Е») характеризовался максимальной степенью токсичности, что свидетельствует о наличии токсикантов, ингибирующих рост тест-организма.

Выживаемость инфузорий *Colpodasteinii* при биотестировании муки разных торговых марок представлена в табл. 4.

Выживаемость инфузорий в образцах 1, 2 и 3 находится в диапазоне 90...95 % через 24 часа экспозиции, что свидетельствует о высокой степени безопасности продукта данных торговых марок. Выживаемость инфузорий в образце № 4 на 35 % ниже контрольного образца, что подтверждает наличие в этом образце веществ, проявляющих токсическое воздействие.

Результаты экспериментальных исследований с использованием клеток животного происхождения в качестве тест-организмов представлены в табл. 5.

Таблица 4 — Выживаемость инфузорий *Colpodasteinii* при биотестировании образцов муки

Образец	Торговая марка муки	Выживаемость, %	Степень токсичности, α , %
1	«Макфа»	92,21	6,11
2	«Богумила»	90,31	8,05
3	«Французская штучка»	94,03	4,26
4	«Е»	63,31	35,54
5	Контрольный	98,21	0

Таблица 5 — Степень токсичности образцов муки при биотестировании клетками животного происхождения

Образец	Торговая марка муки	Время обесцвечивания метиленового синего, с	Степень токсичности, α , %
1	«Макфа»	328	5,11
2	«Богумила»	345	10,09
3	«Французская штучка»	318	2,32
4	«Е»	458	32,21
5	Контрольный	311	0,00

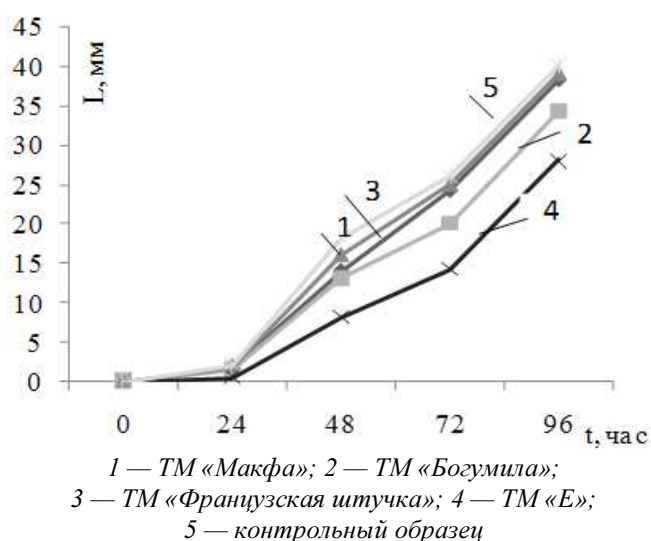


Рис. 6 — Динамика изменения длины корней редиса красного круглого при его экспозиции с экстрактом муки

Выводы. По итогам эксперимента можно сделать вывод, что степень токсичности образцов № 1, 2, 3 варьирует в рамках 2...10 %, что свидетельствует об их безопасности. Наиболее токсичным является образец № 4.

Подтверждены закономерности определения токсичности исследуемых образцов.

Проведено сравнительное изучение токсичности образцов муки с использованием биотест-систем, относящихся к различным систематическим группам. Полученные результаты подтверждают возможность использования биотестирования в качестве метода скрининга поллютантов (pointofcare-тестирование), а, следовательно, и возможность использования биотест-организмов относящихся к различным систематическим группам при определении безопасности муки.

Литература

1. Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» [Електронний ресурс]: за станом на 17 груд. 2009 р. / Верховна Рада України – Режим доступу: http://searh/ligazakon.ua/l_doc2/ – Назва з екрана.
2. Зайцева, О. В. Современное биотестирование вод, требования к тест-организмам и тест-функциям с позиций сравнительной физиологии и физиологических адаптационных процессов [Текст] / О. В. Зайцева, В. В. Ковалев, Н. Е. Шувалова // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 1994. – Т. 30, № 4. – С. 575–592.
3. Филенко, О. Ф. Биологические методы в контроле качества окружающей среды [Текст] / О. Ф. Филенко // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 6. – С. 18–20.
4. Vosyliene, M. Z. Review of the methods for acute and chronic toxicity assessment of single substances, effluents and industrial waters [Text] / M. Z. Vosyliene // Acta Zoologica Lituanica. – 2007. – Vol. 1. – P. 3–15.
5. Joshi, V. K. Food Processing Waste Management [Text] / V. K. Joshi Joshi, V. K., Sharma S. // Treatment and Utilization Technology. – 2007. – P. 285–288.
6. Флеров, Б. А. Биотестирование: терминология, задачи, перспективы [Текст] / Б. А. Флеров // Теоретические вопросы биотестирования: сб. науч. тр. / Институт биологии внутренних вод. — Волгоград, 1983. — С. 13–20.

7. Wadhia, K. Ecotoxicological characterization of waste [Text] / K. Wadhia // Springer Science+Business Media. — 2009. — P. 145–152.
8. Терехова, В. А. Технологии биотестирования в оценке экотоксичности отходов [Текст] / В. А. Терехова // Экология производства. — 2009. — №1. — С. 48–51.
9. Yung-Tse, H. Advanced Waste Treatment in the Food Processing Industry [Text] / H. Yung-Tse, L. K. Wang, N. K. Shammass // CRC Press. — 2009 — P. 223–243.
10. Соколова, С. А. К вопросу об унификации методов проведения токсикологических экспериментов в целях биотестирования [Текст] / С. А. Соколова, Л. Е. Айвазова // Теоретические вопросы биотестирования: сб. науч. тр. / Институт биологии, внутренних вод. — Волгоград. — 1983. — С. 79–81.
11. Рубин, А. Б. Биофизические методы в экологическом мониторинге [Текст] / А. Б. Рубин // Соросовский Образовательный Журнал. — 2000. — Т. 6, № 4. — С. 7–13.
12. Barna, Sz. Eco-toxicological evaluation of soils polluted with copper [Text] / Sz. Barna, Z. Szabo, Gy. Fleky, Cs. Dobolyi // Trace Elements in the Food Chain. — 2006. — P. 186–190.

УДК 330.43:663.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЦИТОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ НА РЕОЛОГІЧНІ (В'ЯЗКІСТНІ) ВЛАСТИВОСТІ ЗАТОРУ ІЗ ТРИТІКАЛЕ НА ВІСКОЗИМЕТРІ «РЕОТЕСТ-2»

Бойко М. І., канд. техн. наук., асистент, Прибильський В. Л., д-р техн. наук, професор
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Визначено уточнені дані складу зернового екстракту із тритікале (цитолітичних ферментних препаратів). Досліджено технологічні параметри процесу в області заданих параметрів (дозу цитолітичних ферментних препаратів) на реологічні властивості затору із тритікале на віскозиметрі "Реотест-2".

Improved data of triticale extract composition (cytolytic enzyme preparations) were determined. The process variables in the range of set variables (cytolytic enzyme preparations dose) were studied for rheological properties of triticale mash on Reotest-2 viscometer.

Ключові слова: зерновий екстракт із тритікале, реологічні властивості затору.

Постановка проблеми. Одним із найважливіших завдань соціально-економічного розвитку України є збільшення обсягів виробництва продуктів харчування, підвищення їх якості. Ефективний розвиток харчової та переробної промисловості передбачає раціональне використання сировинних ресурсів, розробку нових видів продукції за інноваційними технологіями. За останні роки розвинулося виробництво сиропів крохмального походження (крохмальна патока), що виготовляють із крохмалю кукурудзи або картоплі. У менших кількостях виробляються солодові та зернові екстракти, які виробляють із пророслих або нативних злакових культур. В Україні таке виробництво майже не розвивається. Для підвищення якості сула, збагачення його біологічно активними речовинами, актуально і своєчасно виробляти зернові екстракти, зокрема, екстракт із тритікале.

В умовах ринкової економіки господарський механізм має бути спрямований на посилення режиму економії, оптимізацію витрат усіх видів ресурсів, впровадження у виробництво нетрадиційної сировини, пошук нових технічних рішень та виробництво конкурентоспроможної продукції.

Продукти ферментативного гідролізу некрохмальних полісахаридів значно впливають як на повноту смаку готового напою, так і на вихід екстрактивних речовин під час його приготування [1, 2].

Аналіз останніх досліджень. Промислова переробка харчової сировини супроводжується складними фізико-хімічними, біологічними та механічними процесами, вивчення яких дасть можливість організувати найбільш ефективний та об'єктивний контроль якості готової продукції. Більшість процесів харчової промисловості пов'язані з переробкою структурованих дисперсних систем — суспензій, заторів, гелів, структурно-механічні параметри яких використовують при виборі найбільш раціональних режимів роботи устаткування, оптимальних умов проходження технологічних процесів та проектуванні автоматичних систем керування виробництвом.

Сировина, напівфабрикати, готова продукція переробних галузей промисловості мають різноманітні структурно-механічні властивості, які залежать від багатьох факторів — температури, тиску, вологості,