

УДК 664

**ОТНОСИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И
БЕЗОПАСНОСТЬ НОВЫХ ВИДОВ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ЧИПСОВ**

Злата Юрьевна Родина¹

аспирант

rodina.zlata.96@mail.ru

Ольга Викторовна Перфилова¹

доктор технических наук, профессор

perfolgav@mail.ru

Андрей Васильевич Гребенщиков²

кандидат ветеринарных наук, доцент

serafim10@yandex.ru

¹Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

²Воронежский государственный университет инженерных технологий

г. Воронеж, Россия

Аннотация. Исследования, представленные в статье, подтверждают, что разработанные новые виды поликомпонентных растительных чипсов не обладают биоцидным действием и, соответственно, являются безопасными продуктами. Образцы чипсов относительно субстрата на основе яичного белка, выявляли меньшую генеративную функцию на всех контрольных точках при исследуемых концентрациях. По результатам исследования установлено, что стандартизованная относительная биологическая ценность исследуемых образцов уступает биологической ценности яичного белка. Исследование стресс устойчивости *P. Caudatum* показало, что введение в культуральную среду субстратов, полученных на основе экспериментальных образцов чипсов при

соотношении 1:1000, приводит к увеличению стресс-устойчивости экспериментальных организмов.

Ключевые слова: чипсы, биологическая ценность, биоцидное действие, стресс-устойчивость, безопасность.

На кафедре продуктов питания, товароведения и технологии переработки продукции животноводства разработаны новые виды поликомпонентных чипсов на основе пюре из яблочных выжимок и/или пюре из свеклы столовой, моркови столовой, тыквы, черноплодной рябины с добавлением различных нетрадиционных видов муки и порошков из лекарственных трав [3-5, 7]. Разработанные виды чипсов обогащены антиоксидантами – флавоноидами и рекомендуются для здорового питания.

Целью работы явилась оценка поликомпонентных растительных чипсов и классических яблочных чипсов, которые послужили контролем, на переваримость и по биологической ценности.

Ниже перечислены варианты образцов чипсов, которые выступили в качестве объектов исследования:

№ 1 - чипсы яблочные;

№ 2 - чипсы «Заря» на основе пюре из яблочных выжимок и свеклы столовой с добавлением муки гречневой, порошка из цветков ромашки аптечной;

№ 3 - чипсы «Рябиновый цвет» на основе пюре из яблочных выжимок и черноплодной рябины с добавлением муки овсяной, порошка травы зверобоя;

№ 4 - чипсы «Мичуринские» на основе пюре из яблочных выжимок и тыквы с добавлением муки кукурузной и порошка из соцветий календулы;

№ 5 - чипсы «Дары осени» на основе пюре из яблочных выжимок и моркови столовой, муки гороховой, порошка из соцветий липы.

Для проведения биотестирования образцов в качестве тест-объекта применяли инфузории *Paramecium caudatum*. Использование тест-организмов в оценке пищевого сырья и продуктов при контроле численности популяции *Paramecium caudatum* позволяет получить исходные данные для расчета таких важных показателей как биотический потенциал и стандартизованная относительная биологическая ценность, позволяющих провести косвенную оценку энергетических затрат на переваривание продуктов по сравнению с эталонным (контрольным) объектом.

Метод биотестирования применим для оценки возможного биологического

влияния различных компонентов пищевых продуктов. Результаты, полученные при тестировании на простейших рода *Paramecium caudatum*, сопоставимы с данными опытов *in vivo* на теплокровных животных [9]. Корректность межвидовой экстраполяции результатов анализа на инфузориях доказана рядом исследователей и обусловлена сходством основных параметров обмена веществ у этих организмов и высших животных [1, 2, 8]. Комплексный анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать вывод о возможности функционирования живых систем при употреблении исследуемых образцов.

Расчет массы навески анализируемых продуктов для внесения их в инкубационную среду осуществляли с учетом установленного уровня минимального суточного поступления белков с пищевыми продуктами для мужчин и женщин в возрасте старше 18 лет – 0,75-1,0 г/кг массы тела [9]. В расчетах принимали значение поступления белка равное 1,0 г/кг массы тела, т.е. 75 г белка в сутки для человека массой 75 кг. Для пересчета количества белка на массу клетки протист использовали метод экстраполяции (коэффициент экстраполяции 2000), применение которого в данном случае корректно, так как не ожидается значимых внешних воздействий на изучаемый процесс, способных серьезно повлиять на тенденцию развития популяции протист. Образцы продуктов отбирали в соответствии с методикой таким образом, чтобы при последовательном разведении содержание белка в среде культивирования *P. caudatum* составляло 4, 2 и 1 мг/см³ [6, 8]. Указанное содержание протеинов в водных суспензиях с учетом экстраполяции эквивалентно потреблению человеком 18,75; 37,50 и 75,00 г белка соответственно [6, 9].

В качестве стандарта при оценке перевариваемости и биологической ценности образцов водных суспензий из исследуемых образцов чипсов был выбран белок яйца (альбумин). Содержание белка яйца в контрольной среде составляло 1, 2, 4 мг/см³, что соответствует общепринятым концентрациям при исследовании перевариваемости и биологической ценности белка. Для приготовления культуральных сред применяли дистиллированную воду, дополнительные микро-, макроэлементы и витамины не вносили.

Подготовка культуральной среды для исследования заключалась в следующем: навески 0,1 г помещали в пробирки и заливали 10 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживают в течение 24 часов, периодически встряхивая, затем центрифугировали в течение 15 минут при 3-5 тыс. об/мин. Для дальнейшей работы использовали центрифугат, представляющий собой раствор (экстракт) испытуемого вещества 1:100.

Известно, что наибольшее количество энергии расходуется на прием, переваривание и усвоение белков: на это требуется до 30-40 % энергии (от общей энергетической ценности ассимилированных белков). При усвоении 1 г куриного белка организм получает 4 ккал (17,2 кДж). Средний рекомендуемый уровень суточного потребления протеинов для человека составляет 75 г, следовательно, возможно получение из него 300 ккал энергии ($75 \text{ г} \times 4 \text{ ккал} = 300 \text{ ккал}$), из которых 30 % (90 ккал) организм потратит на переваривание и усвоение этого белка.

Для сравнительной оценки продуктов по биологической ценности их компонентов использовали ряд показателей, в том числе биотический потенциал популяции (БП) и стандартизованную относительную биологическую ценность (СОБЦ), которые рассчитывали по отношению к яичному белку.

Биотический потенциал популяции (БП, ед.) характеризует внутреннюю потенциальную способность данной популяции к росту, причем данную величину понимают, как величину прироста данной популяции в единицу времени в расчете на 1 особь. Величина БП рассчитывается как отношение численности организмов *P. caudatum*, культивируемых в среде на основе яичного белка и экспериментального образца в определенное время инкубирования, к произведению продолжительности инкубирования (24; 48; 72 или 96 ч) с учётом снижения генеративной функции в лаг-фазе:

$$БП = \frac{N_t}{2000} / t, \quad (1)$$

где

N_t - численность организмов *P. caudatum*, культивируемых в среде на

основе экспериментального образца за время t ;

2000 - численность организмов *P. caudatum*, культивируемых в среде на основе яичного белка за время t ;

t - продолжительность инкубирования.

Стандартизованная относительная биологическая ценность продукта (СОБЦ, %) – это отношение количества простейших, выросших на субстрате, содержащем исследуемый объект при определенной продолжительности инкубирования, к количеству простейших в стандартной среде с аналогичным количеством протеинов при той же продолжительности инкубирования, умноженное на 100:

$$СОБЦ = \frac{N_{o_t}}{N_c} 100, \quad (2)$$

где

N_{o_t} – количества простейших, выросших на субстрате, содержащем исследуемый объект при определенной продолжительности инкубирования;

N_c - количеству простейших в стандартной среде с аналогичным количеством протеинов при той же продолжительности инкубирования.

Определение биологического эффекта исследуемых объектов при воздействии повреждающего фактора на клетку тест-организма проводили также с помощью инфузорий *P. caudatum*. В эксперименте использовали культуру, содержащую не менее 2500 особей в 1 см³ субстрата. До начала непосредственного эксперимента простейшие инкубировались при температуре +20 °С в течение 24 ч в питательном субстрате, дополнительно содержащем экстракты исследуемых образцов чипсов.

Из экстрактов исследуемых образцов чипсов готовили растворы, которые вводили в культуру инфузорий в соотношениях 1:1000, 1:10000 и 1:100000. Затем осуществляли тест на стрессоустойчивость, для чего в культуру инфузорий вносили повреждающий фактор.

Стресс-фактором служил 10 %-ный раствор хлорида натрия, оказывающий повреждающее действие на клеточные структуры простейших. Его вводили в

субстраты в нарастающем объеме: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 и 0,7 см³. После внесения в субстрат с простейшими повреждающего фактора вели наблюдение за изменениями в их поведении. Контроль гибели простейших осуществляли посредством микроскопирования и постоянного тайминга.

В качестве стандарта выступал белок яйца (альбумин). Стандартная среда содержала белок яйца в концентрациях, принятых при определении переваримости и биологической ценности белка (1, 2, 4 мг/мл). Растворителем являлась дистиллированная вода. Дополнительные микро-, макроэлементы и витамины в субстрат для культивирования инфузорий не вносились. Таким образом, в стандарте было исключено влияние на усвоение белка небелковых компонентов.

Мониторинг состояния популяции *P. caudatum*, развивавшейся в экспериментальных субстратах с содержанием протеинов 1, 2 и 4 мг/мл показал отсутствие биоцидного действия по отношению к инфузориям. Подсчёт численности инфузорий культивировавшихся на субстрате, содержащем исследуемые образцы относительно субстрата на основе яичного белка, выявлял меньшую генеративную функцию и более высокую относительно субстрата на основе яблочных чипсов на всех контрольных точках при исследуемых концентрациях (таблица 1).

Таблица 1

Численность популяции *P. caudatum*, культивируемой в среде на основе яичного белка и исследуемых образцов (P<0,05)

№ п/п	№ образца	Содержание белка, мг/мл		
		1	2	4
1.	Яичный белок	28355±1118	36822±1306	44389±1295
2.	1	10686±656	13648±944	16116±963
3.	2	13348±788	20746±1211	23445±1022
4.	3	14128±911	21929±1224	25216±1303
5.	4	11175±834	14081±1025	16708±1100
6.	5	12530±795	15786±992	20961±1081
В % к яичному белку				
1.	1	37,7	37,1	36,3
2.	2	47,1	56,3	52,8
3.	3	49,8	59,6	56,8
4.	4	39,4	38,2	37,6
5.	5	44,2	42,9	47,2

Биотический потенциал инфузорий, культивируемых на субстрате, содержащем исследуемые образцы № 2-5, был выше, чем на субстрате, содержащем контрольный образец №1, на протяжении всего жизненного цикла (таблица 2).

Таблица 2

Биотический потенциал *P. caudatum*, культивировавшейся в среде на исследуемых образцах (P<0,05)

№ п/п	Образец	Содержание белка, мг/мл		
		1	2	4
1.	1	0,111	0,142	0,168
2.	2	0,139	0,216	0,244
3.	3	0,147	0,228	0,263
4.	4	0,127	0,157	0,195
5.	5	0,151	0,248	0,291

Переваримость и биологическую ценность исследуемых объектов рассчитывали через 48 ч инкубации при уровне белка в среде культивирования 4 мг/мл, т.к. на данном этапе биотический потенциал достигал максимума.

Стандартизованную относительную биологическую ценность исследуемых объектов рассчитывали по отношению к яичному белку (таблица 3).

Таблица 3

Биологическая ценность исследуемых образцов по результатам оценки на *P. Caudatum* (P<0,05)

№ п/п	№ образца	Стандартизованная относительная биологическая ценность, %
1.	Яичный белок	100
2.	1	37,7
3.	2	47,1
4.	3	49,8
5.	4	39,4
6.	5	44,2

При расчете показателей биологической ценности учитывалось отсутствие биоцидного воздействия исследуемого объекта на *P. caudatum*. По результатам

исследования установлено, что СОБЦ исследуемых объектов уступает биологической ценности яичного белка.

Проведены исследования по оценке влияния на тест-культуру *Paramecium caudatum* субстратов, полученных на основе экспериментальных образцов чипсов №1-5. В ходе эксперимента выявлена обратная зависимость продолжительности жизни инфузорий от содержания хлорида натрия в исследуемой культуре. Отмечено существенное увеличение сопротивляемости тест-организмов стресс-фактору во всех проанализированных рабочих концентрациях насыщенных растворов исследуемых образцов чипсов (1:1000, 1:10000 и 1:100000). В таблице 4 показано, что продолжительность жизни тест-организмов возрастала по сравнению с контролем (№1) при внесении гипертонического раствора хлорида натрия в количестве от 0,1 до 0,4 см³, а также наблюдалось сохранение их жизненных функций при его более высоких дозировках.

Таблица 4

Результаты стресс-теста на *P. Caudatum* культивировавшейся в среде на основе экспериментальных образцов чипсов

№ п/п	Образец	Концентрация исследуемого вещества	Объём раствора натрия хлорида 10%, мл.						
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1.	№1	1:1000	8,8	7,7	3,1	1,0	0	0	0
		1:10000	8,7	3,6	1,0	0	0	0	0
		1:100000	8,7	1,4	0	0	0	0	0
2.	№2	1:1000	8,8	6,6	4,1	2,9	1,0		0
		1:10000	8,6	6,7	3,0	1,2	0	0	0
		1:100000	8,5	6,5	2,0	0	0	0	0
3.	№3	1:1000	8,9	6,4	4,3	3,2	1,5	1,0	0
		1:10000	8,8	7,3	3,7	2,4	1,0	0	0
		1:100000	8,8	6,9	3,3	1,5	0	0	0
4.	№4	1:1000	8,8	6,1	3,8	2,7	1,0		0
		1:10000	8,6	5,8	2,9	1,0	0	0	0
		1:100000	8,4	6,1	2,0	0	0	0	0
5.	№5	1:1000	8,9	6,4	4,4	3,4	1,6	1,0	0
		1:10000	8,8	7,2	4,0	2,3	1,0	0	0
		1:100000	8,8	6,7	3,3	1,4	0	0	0

Наименьшее отличие продолжительности жизни инфузорий экспериментальных образцов и контрольного, отмечено при минимальных дозировках стресс-фактора (0,1-0,2 см³).

Максимальное количество стресс-фактора, которое выдерживали контрольные тест-организмы составило 0,4 см³, тогда как у инфузорий, инкубированных в средах с экстрактами образцов № 3 и 5 его величина достигала 0,6; 0,5 и 0,4 см³ при разведениях соответственно 1:100000; 1:10000 и 1:1000, а у инфузорий, инкубированных в средах с экстрактами образцов № 2 и 4 – 0,5; 0,4 и 0,3 см³.

Таким образом, введение в культуральную среду субстратов, полученных на основе экспериментальных образцов чипсов, при соотношении 1:1000 приводит к увеличению стресс-устойчивости организмов.

При установлении рекомендуемого срока годности разработанных чипсов – не более 12 месяцев со дня изготовления, руководствовались ГОСТ 35059-2024. По истечении 12 месяцев хранения чипсов в крафт пакетах при температуре – не более 25 °С и относительной влажности воздуха – не более 75% образцы чипсов были проанализированы на показатели микробиологической безопасности (табл. 5).

Таблица 5

Требования к микробиологическим показателям качества растительных поликомпонентных чипсов

КМА- ФАНМ, КОЕ/г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускаются		Плесени КОЕ/г, не более	Дрожжи, КОЕ/г, не более
	БГКП (колиформы)	Патогенные, в том числе сальмо- неллы		
Гигиенический норматив				
5*10 ⁴	0,1	25	1*10 ²	5*10 ²
Чипсы «Заря»				
1700	Не обнаружены	Не обнаружены	20	44
Чипсы «Дары осени»				
1100	Не обнаружены	Не обнаружены	17	52
Чипсы «Мичуринские»				
700	Не обнаружены	Не обнаружены	15	37
Чипсы «Рябиновый цвет»				
550	Не обнаружены	Не обнаружены	12	66

По микробиологическим показателям чипсы растительные поликомпонентные удовлетворяют требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), утвержденным решением Комиссии таможенного союза от 9.12.2011 г. № 880.

Список литературы:

1. Биотестирование рыбных продуктов с пищевыми добавками / Л. Ю. Лаженцева, Л. В. Шульгина, Г. И. Загородная, О. В. Зимица // Известия вузов. Пищевая технология. 2009. № 1. С. 108-110.
2. Богданов В. Д., Сахарова О. В., Сахарова Т. Г. Исследование безопасности и биологической ценности сухого концентрата трепанга биотестированием // Научные труды Дальрыбвтуза. 2016. № 37. С. 93-98.
3. Перфилова О. В., Брыксина К. В., Родина З. Ю. Использование нетрадиционного растительного сырья для рецептурной композиции чипсов // Новые технологии. 2023. Т. 19, № 3. С. 68-77. DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-3-68-77. EDN FCENHL.
4. Перфилова О. В., Родина З. Ю., Брыксина К. В. Рецептурная композиция для производства чипсов с применением яблочных выжимок // Пищевая промышленность. 2024. № 12. С. 26-31. DOI 10.52653/PPI.2024.12.12.005. EDN BLZGZA.
5. Перфилова О. В., Родина З. Ю., Ильинский А. С. Рецептура и технология поликомпонентных чипсов, обогащенных антиоксидантами, с использованием различного сортимента моркови столовой // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2025. – № 4. С. 16-24. DOI 10.24412/2311-6447-2025-4-16-24. EDN JOXGHE.
6. Применение инфузорий тетрахимена пириформис для оценки качества и безопасности продуктов птицеводства / В. А. Долгов, С.А. Лавина, Т. С. Арно, Е. А. Семенова, С. С. Козак, И. Г. Серегин // Птица и птицепродукты. 2014. № 6. С. 50-52.

7. Разработка поликомпонентных чипсов путем рационального использования растительного сырья / З. Ю. Родина, О. В. Перфилова, А. А. Дерканосова, К. К. Полянский // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2026. Т. 88, № 1(107). С. 32-39. DOI 10.20914/2310-1202-2026-1-32-39. EDN AGPYBE.

8. Хребтова О. М. Биотестирование глауконита на инфузориях // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2016. № 2. С. 73–76.

9. Черемных Е.Г., Кулешин А.В., Кулешина О.Н. Биотестирование пищевых добавок на инфузориях // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 3. С. 5-12.

UDC 664

**RELATIVE BIOLOGICAL VALUE AND SAFETY OF NEW TYPES OF
MULTI-COMPONENT PLANT CHIPS**

Zlata Yu. Rodina¹

graduate student

rodina.zlata.96@mail.ru

Olga V. Perfilova¹

doctor of technical sciences, professor

perfolgav@mail.ru

Andrey V. Grebenschikov²

candidate of veterinary sciences, associate professor

serafim10@yandex.ru

¹Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

²Voronezh State University of Engineering Technologies

Voronezh, Russia

Annotation. The studies presented in the article confirm that the developed new types of multi-component plant chips do not exhibit biocidal activity and are therefore safe products. The test chip samples, compared to the egg white-based substrate, demonstrated lower generative function at all control points and at the concentrations studied. The study found that the standardized relative biological value of the test samples was lower than that of egg white. A study of the stress resistance of *P. Caudatum* showed that the addition of substrates obtained from the experimental chip samples at a ratio of 1:1000 to the culture medium increased the stress resistance of the experimental organisms.

Key words: chips, biological value, biocidal action, stress resistance, safety.

Статья поступила в редакцию 25.02.2026; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 31.03.2026.

The article was submitted 25.02.2026; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 31.03.2026.