

Местно-раздражающие и аллергенные свойства супернатантов томатов

Андрей В. Гребенщиков	¹	serafim10@ya.ru	 0000-0002-0443-9809
Алла Е. Чусова	¹	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Виктория А. Иванова	¹	viktoriiivanova@bk.ru	 0009-0000-1405-9327
Алена А. Пронькина	¹	pronkinaalena12@gmail.com	 0000-0002-8183-6082

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Профилины, содержащиеся в томатах, являются одним из наиболее распространенных аллергенов. Эти вещества были идентифицированы как паналлергены, способные вызывать аллергические реакции в ответ на поступление в организм различных пищевых продуктов и пыльцы растений. Сенсибилизация к профилину наблюдается примерно у 20% пациентов с аллергией на пыльцу. IgE, специфичный к профилинам пыльцы, вызывает перекрёстную реакцию с профилинами фруктов и овощей. У пациентов с аллергией на томаты и множественной сенсибилизацией к другим источникам пищи и пыльце, IgE направлен на Лус е1. Лус е1 продемонстрировал аллергенную активность благодаря своей способности вызывать высвобождение медиаторов воспаления из базофилов человека *in vitro*. Следовательно, вероятно, что Лус е1 вносит существенный вклад в развитие клинических симптомов у пациентов с аллергией на томаты. В рамках исследования было изучено раздражающее и аллергическое действие супернатантов. Исследования показали, что супернатанты обладают умеренным раздражающим эффектом на слизистые оболочки глаз в течение первых 2 суток. Два высокочувствительных теста для определения аллергизирующей активности — «гистаминовый шок» и реакция дегрануляции тучных клеток — показали, что при парентеральном введении все образцы не потенцируют влияние гистамина и не вызывают дегрануляции тучных клеток подопытных животных, выходящие за пределы установленных норм. Отсутствие выраженного раздражающего действия и аутоиммунной активности у супернатантов позволяет использовать их в качестве компонента безалкогольных напитков, в том числе специального назначения.

Ключевые слова: профилин, аллерген, сенсибилизация, аллергия, томат, супернатант.

Topically irritating and allergenic properties of tomato supernatants

Andrey V. Grebenshchikov	¹	serafim10@ya.ru	 0000-0002-0443-9809
Alla E. Chusova	¹	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Victoria A. Ivanova	¹	viktoriiivanova@bk.ru	 0009-0000-1405-9327
Alyona A. Pronkina	¹	pronkinaalena12@gmail.com	 0000-0002-8183-6082

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Profilins contained in tomatoes are one of the most common allergens. These substances have been identified as pan-allergens that can cause allergic reactions in response to ingestion of various foods and plant pollen. Sensitization to profilin is observed in approximately 20% of patients with pollen allergy. IgE, which is specific to pollen profilins, causes a cross-reaction with fruit and vegetable profilins. In patients with tomato allergy and multiple sensitisation to other food sources and pollen, IgE is directed to Lyc e1. Lyc e1 has demonstrated allergenic activity due to its ability to induce the release of inflammatory mediators from human basophils *in vitro*. Therefore, it is likely that Lyc e1 contributes significantly to the development of clinical symptoms in patients with tomato allergy. As part of the study, the irritant and allergic effects of supernatants were studied. Studies have shown that supernatants have a moderate irritating effect on the mucous membranes of the eyes during the first 2 days of treatment. Two highly sensitive tests for determining allergizing activity - "histamine shock" and mast cell degranulation reaction — showed that when parenterally administered, all samples do not potentiate the effect of histamine and do not cause mast cell degranulations of experimental animals that go beyond the established norms. The absence of a pronounced irritant effect and autoimmune activity in supernatants allows them to be used as a component of soft drinks, including for special purposes.

Keywords: profilin, allergen, sensitisation, allergy, tomato, supernatant.

Для цитирования

Гребенщиков А.В., Чусова А.Е., Иванова В.А., Пронькина А.А. Местно-раздражающие и аллергенные свойства супернатантов томатов // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 4. С. 171–177. doi:10.20914/2310-1202-2024-4-171-177

For citation

Grebenshchikov A.V., Chusova A.E., Ivanova V.A., Pronkina A.A. Topically irritating and allergenic properties of tomato supernatants. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET], 2024. vol. 86. no. 4. pp. 171–177. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-4-171-177

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

За последние годы в России значительно расширился ассортимент и объёмы производства безалкогольных напитков. Однако существует проблема: многие производители и фирмы-импортёры поставляют на потребительский рынок безалкогольные напитки с добавлением компонентов способствующих провокации аутоиммунных процессов со стороны организма потребителей. Поэтому качество потребляемых населением безалкогольных напитков вызывает серьёзные опасения.

Одними из распространённых аллергенов со стороны томатов являются профиллины. Профиллины растений были описаны как паналлергены в нескольких пищевых продуктах и пыльце растений. Сенсибилизация к профиллинам наблюдается примерно у 20% пациентов с аллергией на пыльцу, а IgE к профилину пыльцы вызывает сильную перекрестную реакцию с профиллинами фруктов и овощей [1]. В то время как связывание IgE с профиллинами в пищевых источниках, содержащих гомологичные белки, наблюдается с такой же частотой, как и в пыльце, сенсибилизация IgE к профиллинам более выражена в экзотических фруктах, достигая 70% в банане или ананасе [2, 16-18]. Недавно *Лус e1* был идентифицирован как минорный аллерген в плодах томатов (*Lycopersicon esculentum*), проявляющий IgE-реактивность у 22–26% пациентов с аллергией на томаты [3, 4, 19-20]. У этих пациентов IgE-реактивность на томатный профиллин составляет до 42% от общей IgE-реактивности на экстракты плодов томатов.

Остаточная реактивность IgE, скорее всего, обусловлена другими аллергенами томатов, такими как *Лус e2* \ (b-фруктофуранозидаза), *Лус e3* \ (неспецифический белок переноса липидов [LTP]), полигалактуроназа, пектинэстераза, хитиназа, супероксиддисмутаза, связанный с патогенезом белок и до сих пор неизвестные аллергены [5–9]. У пациентов с аллергией на томаты и множественной сенсибилизацией к другим источникам пищи и пыльце, IgE направлен на *Лус e1*. Показал сильную перекрестную реактивность с профиллином из пыльцы березы и более слабую, но значительную перекрестную реактивность с профиллинами из сельдерея, моркови, вишни и ананаса. 3 IgE, направленный против профилина томатов, может быть ответственен за перекрестную реактивность между неродственными растительными источниками, но различия в эпитопах IgE внутри семейства профиллинов существуют. Более того, *Лус e1* продемонстрировал аллергенную активность благодаря своей способности вызывать высвобождение медиаторов воспаления из базофилов человека *in vitro*. Следовательно, вероятно, что *Лус e1* вносит существенный вклад в развитие

клинических симптомов у пациентов с аллергией на помидоры [10,14-15].

Актуальность работы заключается в отсутствии в доступной научно-технической литературе сведений о раздражающих и аутоиммунных свойствах супернатанта, полученном из разных сортов томатов.

Цель работы – исследовать местно-раздражающих и аллергенных свойств супернатантов, предназначенных для использования в безалкогольных напитках, в том числе специального назначения.

Материалы и методы

Супернатанты, получены из томатов сортов Волгоградский, Оранж и Чёрный принц, выращенных в 2022 году в Хохольском районе Воронежской области.

Исследования проводились в специализированных лабораториях ФГБНУ ВНИИПФиТ. В рамках исследования было изучено раздражающее и аллергическое действие супернатантов на 36 кроликах породы «Шиншилла». Исследование проводилось в соответствии с «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» [11].

Супернатанты наносили на левый бок кролика, предварительно выстригая участок кожи размером 4×4 см. Экспозиция составляла 4 часа, процедуры проводились 5 раз в неделю в течение 20 дней.

Первое тестирование по шкале оценки кожных проб было проведено через 10 дней. При этом выстригали кожу на противоположном боку кролика и наносили супернатанты. Реакцию кожи анализировали через 24, 48 и 72 часа после смывания продукта. При отрицательном результате опыт продолжили и довели число аппликаций до 20, после чего провели повторное тестирование.

Для количественной оценки сенсибилизации к супернатантам использовали иммунологический метод по выявлению реакции клеток крови на аллерген *in vitro* – реакцию дегрануляции тучных клеток (РНДТК) и реакцию гистаминового шока.

Исследование раздражающего действия супернатантов на слизистые оболочки глаз проводили на кроликах. Каждый исследуемый образец в количестве 3 капель вносили в конъюнктивный мешок правого глаза трём кроликам. Левые глаза кроликов служили контролем. Наблюдение за состоянием животных проводилось в течение 2 недель. Оценку раздражающего действия проводили согласно рекомендациям, учитывая изменение кровенаполнения конъюнктивы, состояние роговицы и радужной оболочки, количество выделений из глаз (таблица 1).

Таблица 1.

Оценка раздражающего действия на слизистые оболочки глаз

Table 1.

Evaluation of the irritant effect on the mucous membranes of the eyes

Интенсивность реакции Reaction intensity	Оценка в баллах Score in points	Раздражающий эффект Irritating effect
Отсутствие реакции No reaction	0	Отсутствует No effect
Слабая реакция Weak reaction	2	Слабый Weak
Выраженная гиперемия Severe hyperemia	4	Слабо выраженный Mild
Наличие лакримации Presence of lacrimation	6	Умеренный Moderate
Наличие выделений Presence of discharge	8	Выраженный Strong
Длительная, ярко выраженная гиперемия, лакримация, отек век Prolonged, pronounced hyperemia, lachrymation, eyelid edema	10	Сильно выраженный Strongly pronounced

Данные, полученные в ходе исследования, были подвергнуты статистической обработке с использованием программы Statistica v10.0 (StatSoft. Inc. США). Были рассчитаны средняя арифметическая, а также стандартная ошибка средней. Достоверность различия между выборками оценивалась с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни. Статистическая гипотеза считалась достоверной при $P < 0,05$.

Результаты

Результаты исследования раздражающих свойств супернатантов показали, что нанесение их

на кожу ежедневно в течение 15 суток не вызывало у кроликов изменений кожного покрова. Не отмечено покраснения кожи, утолщения кожной складки и выпадения подстриженной шерсти и шерсти, граничащей с выстриженными участками.

При пальпации выстриженных участков кожи не наблюдали болезненной реакции у животных. Данные гематологических показателей свидетельствуют, что нанесение супернатантов на выстриженные участки кожи кроликов в течение 15 суток не изменяло клиническую картину крови экспериментальных животных (таблица 2).

Таблица 2.

Гематологические показатели кроликов до и после многократного нанесения супернатантов в течение 15 дней

Table 2.

Hematological parameters of rabbits before and after repeated application of supernatants for 15 days

Сроки наблюдения Observation period	Гемоглобин ммоль/л Hemoglobin mmol/L	Эритроциты $10^{12}/л$ Erythrocytes $10^{12}/L$	Лейкоциты $10^9/л$ Leukocytes $10^9/L$	СОЭ мм/ч COE mm/h
Супернатант Волгоградский				
До опыта Prior experiment	$7,1 \pm 0,4$	$3,9 \pm 0,4$	$6,7 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,3$
1 час 1 hour	$7,9 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,1$	$6,9 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,1$
1 сутки 1 day	$6,9 \pm 0,6$	$4,1 \pm 0,2$	$7,6 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,3$
5 суток 5 days	$7,0 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,3$	$7,3 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,3$
10 суток 10 days	$7,0 \pm 0,4$	$4,0 \pm 0,3$	$7,1 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,2$
Супернатант Оранжевый				
До опыта Prior experiment	$7,0 \pm 0,4$	$4,0 \pm 0,4$	$6,9 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,3$
1 час 1 hour	$7,5 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,1$	$6,4 \pm 0,3$	$2,6 \pm 0,1$
1 сутки 1 day	$6,9 \pm 0,6$	$4,1 \pm 0,2$	$7,2 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,2$
5 суток 5 days	$7,1 \pm 0,4$	$4,0 \pm 0,2$	$7,3 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,3$
10 суток 10 days	$7,1 \pm 0,4$	$4,0 \pm 0,3$	$7,0 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,1$
Супернатант Чёрный принц				
До опыта Prior experiment	$7,2 \pm 0,5$	$3,8 \pm 0,4$	$6,7 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,3$
1 час 1 hour	$7,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,1$	$6,4 \pm 0,3$	$2,7 \pm 0,1$
1 сутки 1 day	$7,0 \pm 0,6$	$4,1 \pm 0,2$	$7,2 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,3$
5 суток 5 days	$7,1 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,3$	$7,3 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,3$
10 суток 10 days	$7,1 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,3$	$7,0 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,2$

Опыт по изучению раздражающих свойств супернатантов на слизистые оболочки глаз провели на 9 кроликах.

Раздражающее действие супернатантов на слизистые оболочки глаз определяли по «глазной пробе». В конъюнктивальный мешок левого глаза 5 кроликам закапывали 1–2 капли супернатантов, а в конъюнктивальный мешок

правого – 1–2 капли воды. За животными вели наблюдение на протяжении 15 суток. Оценка раздражающего действия проводили через 1, 2, 3, 4 и 24 часа, 3–7 и 15 суток визуально по изменению кровенаполнения конъюнктивы, наличию лакримации и состоянию роговицы по 10 бальной системе согласно таблице 3.

Через 1 час после введения супернатантов у всех подопытных животных наблюдали слезотечение и выраженную гиперемию конъюнктивы с оценкой 4 балла. Через 2, 3 и 4 часа конъюнктив а оставалась слабовыраженной в той же степени – 4 балла.

Спустя 24 часа у всех кроликов на слизистой глаз имело место наличие лакримации и отека век (раздражающий эффект – умеренный). На 2 сутки отмечали ярко выраженную гиперемию и лакримацию (раздражающий эффект – умеренный). На 4-е сутки признаки раздражения слизистой глаз постепенно исчезали. На 7 сутки видимых изменений на слизистой оболочке глаз не наблюдали. Таким образом, было установлено, что испытуемые супернатанты обладают умеренным раздражающим эффектом на слизистые оболочки глаз в течение первых 2 суток.

Изучение аллергизирующего действия. При введении подопытным животным гистамина наблюдалась следующая реакция: возбуждение, частая дефекация, мочеиспускание, учащенное дыхание, судороги. Критерием оценки служило время от момента введения гистамина до момента бокового положения животных. Время наступления гистаминового шока у подопытных и контрольных животных находилось в близких пределах ($P > 0,05$). Не было отмечено укорочения периода наступления гистаминового шока при введении исследуемых супернатантов (таблица 3). Напитки не потенцировали эффекта гистамина и, следовательно, не проявляли аллергизирующих свойств.

Таблица 3.

Аллергизирующая активность напитков на основе супернатантов (метод гистаминового шока, $P > 0,05$)

Table 3.

The allergic activity of drinks based on supernatants (histamine shock method) is statistically significant ($P > 0,05$)

Образец Sample	Время наступления гистаминового шока, мин Time of onset of histamine shock, min	
	Животные Animal	
	Подопытные $M \pm t$ Experimental $M \pm t$	Контрольные $M \pm t$ Control $M \pm t$
Супернатант Волгоградский Supernatant Volgogradsky	$18,9 \pm 0,10$	$21,6 \pm 0,30$
Супернатант Оранжевый Supernatant Orange	$20,2 \pm 0,12$	$21,7 \pm 0,20$
Супернатант Чёрный принц Supernatant Black Prince	$21,2 \pm 0,12$	$21,7 \pm 0,20$

У подопытных морских свинок характер протекания гистаминового шока не отличался от такового у контрольных животных.

Опыты по изучению аллергенных свойств по тесту «непрямой реакции дегрануляции тучных

клеток» (РНДТК) показали, что при подкожном введении супернатантов на первые сутки после введения процент дегранулированных клеток не превышал десяти (таблица 4).

Таблица 4.

Аллергенная активность супернатантов в реакции непрямой дегрануляции тучных клеток

Table 4.

The allergenic activity of supernatants in the indirect mast cell degranulation reaction

Образец		Время отбора крови, сутки Blood sampling time, day			
		1	5	10	15
Супернатант Волгоградский Supernatant Volgogradsky	Процент дегранулированных клеток Percentage of degranulated cells	$9,6 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,19$	$4,0 \pm 0,13$	$3,8 \pm 0,14$
	Реакция Response	(–)	(–)	(–)	(–)
Супернатант Оранжевый Supernatant Orange	Процент дегранулированных клеток Percentage of degranulated cells	$9,1 \pm 0,41$	$3,6 \pm 0,22$	$3,8 \pm 0,10$	$2,9 \pm 0,31$
	Реакция Response	(–)	(–)	(–)	(–)
Супернатант Чёрный принц Supernatant Black Prince	Процент дегранулированных клеток Percentage of degranulated cells	$8,7 \pm 0,41$	$3,2 \pm 0,22$	$3,4 \pm 0,10$	$2,8 \pm 0,31$
	Реакция Response	(–)	(–)	(–)	(–)

На 5, 10 и 15 сутки после введения напитков процент дегранулированных клеток находился в пределах $4,8 \pm 0,2$ – $2,8 \pm 0,30$.

Таким образом, наибольший процент дегранулированных клеток наблюдался на первые

сутки после введения, но и в эти сроки по количеству дегранулированных клеток реакция считалась отрицательной.

Заключение

Исследования показали, что супернатанты обладают умеренным раздражающим эффектом на слизистые оболочки глаз в течение первых 2 суток. А также два высокочувствительных теста для определения алергизирующей активности «гистаминовый шок» и реакция дегрануляции тучных клеток показали, что при парентеральном введении все образцы не потенцируют влияние гистамина и не вызывают

дегрануляции тучных клеток подопытных животных, выходящие за пределы установленных норм. Отсутствие выраженного раздражающего действия и аутоиммунной активности у супернатантов позволяет использовать их в качестве компонента безалкогольных напитков, в том числе специального назначения.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00217, <https://rscf.ru/project/23-26-00217/>.

Литература

- 1 Vieths S., Scheurer S., Ballmer-Weber B. Current understanding of cross-reactivity of food allergens and pollen. *Ann N Y Acad Sci.* 2002. V. 964. P. 47–68. doi:10.1111/j. 1749–6632.2002.tb04132.x
- 2 Reindl J., Rihs H.P., Scheurer S., Wangorsch A. et al. IgE reactivity to profilin in pollen-sensitized subjects with adverse reactions to banana and pineapple // *Int Arch Allergy Immunol.* 2002. V. 128(2). P. 105–114. doi:10.1159/000059400
- 3 Westphal S., Kempf W., Foetisch K., Retzek M. Tomato profilin Lyc e 1: IgE cross-reactivity and allergenic potency. // *Allergy.* 2004. V. 59(5). P. 526–532. doi:10.1046/j. 1398–9995.2003.00413.x
- 4 Willeroider M., Fuchs H., Ballmer-Weber B.K., Focke M., Susani M., Thalhamer J., Ferreira F., Wüthrich B., Scheiner O., Breiteneder H., Hoffmann-Sommergruber K. Cloning and molecular and immunological characterisation of two new food allergens, Cap a 2 and Lyc e 1, profilins from bell pepper (*Capsicum annuum*) and Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Int Arch Allergy Immunol.* 2003. V. 131(4). P. 245–55. doi: 10.1159/000072136
- 5 Westphal S., Kolarich D., Foetisch K., Lauer I. et al. Molecular characterization and allergenic activity of Lyc e 2 (beta-fructofuranosidase), a glycosylated allergen of tomato. *Eur J Biochem.* 2003. V. 270(6). P. 1327–1337. doi: 10.1046/j. 1432–1033.2003.03503.x
- 6 Le L.Q., Lorenz Y., Scheurer S., Fötisch K. et al. Design of tomato fruits with reduced allergenicity by dsRNAi-mediated inhibition of ns-LTP (Lyc e 3) expression. *Plant Biotechnol J.* 2006. V. 4(2). P. 231–42. doi: 10.1111/j. 1467–7652.2005.00175.x
- 7 Vanga S. K., Jain M., Raghavan V. Significance of fruit and vegetable allergens: Possibilities of its reduction through processing // *Food reviews international.* 2018. V. 34. №. 2. P. 103-125.
- 8 Diaz-Perales A., Collada C., Blanco C., Sanchez-Monge R. et al. Cross-reactions in the latex-fruit syndrome: A relevant role of chitinases but not of complex asparagine-linked glycans. *J Allergy Clin Immunol.* 1999.V. 104. P.681–687. doi: 10.1016/s0091–6749(99)70342–8
- 9 Kondo Y., Urisu A., Tokuda R. Identification and characterization of the allergens in the tomato fruit by immunoblotting. *Int Arch Allergy Immunol.* 2001. V. 126(4). P. 294–299. doi: 10.1159/000049526
- 10 Scheurer S., Wangorsch A., Haustein D., Vieths S. Cloning of the minor allergen Api g 4 profilin from celery (*Apium graveolens*) and its cross-reactivity with birch pollen profilin Bet v 2. *Clin Exp Allergy.* 2000. V. 30(7). P. 962–971. doi:10.1046/j.1365–2222.2000.00821.x
- 11 Ших Е.В., Елизарова Е.В., Махова А.А., Брагина Т.В. и др. Роль томатов и продуктов из них в здоровом питании человека // *Вопросы питания.* 2021. Т. 90. № 4. С. 129–137.
- 12 Чусова А.Е., Жаркова И.М., Гребенщиков А.В., Коркина А.В. и др. Оценка биологической активности осветленного томатного сока. Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. Сборник научных статей и докладов X Международной науч.-технич. конф. Воронеж, 2022. С. 80–84.
- 13 Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. – Издание 2-е, переработанное и дополненное. Москва: Издательство "Медицина", 2005. 832 с.
- 14 Włodarczyk K., Smolińska B., Majak I. Tomato allergy: the characterization of the selected allergens and antioxidants of tomato (*solanum lycopersicum*)—a review // *Antioxidants.* 2022. V. 11. №. 4. P. 644
- 15 Wu X., Yu L., Pehrsson P.R. Are Processed Tomato Products as Nutritious as Fresh Tomatoes? Scoping Review on the Effects of Industrial Processing on Nutrients and Bioactive Compounds in Tomatoes. *Adv Nutr.* 2022. V. 13(1) P. 138-151. doi:10.1093/advances/nmab109
- 16 Shikh E.V., Elizarova E.V., Makhova A.A., Bragina T.V. The role of tomatoes and products from them in healthy human nutrition // *Nutrition issues.* 2021. V. 90. №. 4. P. 129–137.
- 17 Иванова Н. Н., Хомич Л. М., Бекетова Н. А. Нутриентный профиль томатного сока. *Вопросы питания.* 2018. Т. 87. № 2. С. 53-64. doi:10.24411/0042-8833-2018-10019
- 18 Landrier J.F., Breniere T., Sani L., Desmarchelier C. et al. Effect of tomato, tomato-derived products and lycopene on metabolic inflammation: from epidemiological data to molecular mechanisms. *Nutr Res Rev.* 2023 V. 18. P.1-17. doi: 10.1017/S095442242300029X

19 Wójtowicz A., Zalewska-Korona, M., Jablonska-Rys, E., Skalicka-Wozniak, K. et al. Chemical characteristics and physical properties of functional snacks enriched with powdered tomato // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2018. V. 68. №. 3. P. 251-261.

20 Dai T., McClements D.J., Niu X., Guo X. et al. Whole tomato juice produced by a novel industrial-scale microfluidizer: Effect on physical properties and in vitro lycopene bioaccessibility. *Food Res Int*. 2022. V. 159 P. 111608. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111608

References

1 Vieths S., Scheurer S., Ballmer-Weber B. Current understanding of cross-reactivity of food allergens and pollen. *Ann N Y Acad Sci*. 2002. Vol. 964. pp. 47–68. doi:10.1111/j. 1749–6632.2002.tb04132.x

2 Reindl J., Rihs H.P., Scheurer S., Wangorsch A. et al. IgE reactivity to profilin in pollen-sensitized subjects with adverse reactions to banana and pineapple // *Int Arch Allergy Immunol*. 2002. Vol. 128(2). pp. 105–114. doi:10.1159/000059400

3 Westphal S., Kempf W., Foetisch K., Retzek M. Tomato profilin Lyc e 1: IgE cross-reactivity and allergenic potency. // *Allergy*. 2004. Vol. 59(5). pp. 526–532. doi:10.1046/j. 1398–9995.2003.00413.x

4 Willeroider M., Fuchs H., Ballmer-Weber B.K., Focke M., Susani M, Thalhamer J, Ferreira F, Wüthrich B, Scheiner O, Breiteneder H, Hoffmann-Sommergruber K. Cloning and molecular and immunological characterisation of two new food allergens, Cap a 2 and Lyc e 1, profilins from bell pepper (*Capsicum annuum*) and Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Int Arch Allergy Immunol*. 2003. V. 131(4). P. 245–55. doi: 10.1159/000072136

5 Westphal S, Kolarich D, Foetisch K, Lauer I. et al. Molecular characterization and allergenic activity of Lyc e 2 (beta-fructofuranosidase), a glycosylated allergen of tomato. *Eur J Biochem*. 2003. Vol. 270(6). pp. 1327–1337. doi: 10.1046/j. 1432–1033.2003.03503.x

6 Le L.Q., Lorenz Y., Scheurer S., Fötisch K. et al. Design of tomato fruits with reduced allergenicity by dsRNAi-mediated inhibition of ns-LTP (Lyc e 3) expression. *Plant Biotechnol J*. 2006. Vol. 4(2). pp. 231–42. doi: 10.1111/j. 1467–7652.2005.00175.x

7 Vanga S. K., Jain M., Raghavan V. Significance of fruit and vegetable allergens: Possibilities of its reduction through processing // *Food reviews international*. 2018. Vol. 34. no. 2. pp. 103-125.

8 Diaz-Perales A., Collada C., Blanco C., Sanchez-Monge R. et al. Cross-reactions in the latex-fruit syndrome: A relevant role of chitinases but not of complex asparagine-linked glycans. *J Allergy Clin Immunol*. 1999. Vol. 104. pp. 681–687. doi: 10.1016/s0091–6749(99)70342–8

9 Kondo Y., Urisu A., Tokuda R. Identification and characterization of the allergens in the tomato fruit by immunoblotting. *Int Arch Allergy Immunol*. 2001. Vol. 126(4). pp. 294–299. doi: 10.1159/000049526

10 Scheurer S, Wangorsch A, Hausteiner D, Vieths S. Cloning of the minor allergen Api g 4 profilin from celery (*Apium graveolens*) and its cross-reactivity with birch pollen profilin Bet v 2. *Clin Exp Allergy*. 2000. Vol. 30(7). pp. 962–971. doi:10.1046/j.1365–2222.2000.00821.x

11 Shikh E.V., Elizarova E.V., Makhova A.A., Bragina T.V. and others. The role of tomatoes and their products in a healthy human diet // *Nutrition issues*. 2021. Vol. 90. no. 4. pp. 129-137.

12 Chusova A.E., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V., Korkina A.V. and others. Evaluation of the biological activity of clarified tomato juice. New in technology and technology of functional food products based on medical and biological views.. Voronezh, 2022. pp. 80-84. (in Russian).

13 Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. – 2nd edition, revised and expanded. Moscow: Publishing House "Medicine", 2005. 832 p. (in Russian).

14 Włodarczyk K., Smolińska B., Majak I. Tomato allergy: the characterization of the selected allergens and antioxidants of tomato (*solanum lycopersicum*)—a review // *Antioxidants*. 2022. Vol. 11. no. 4. pp. 644.

15 Wu X., Yu L., Pehrsson P.R. Are Processed Tomato Products as Nutritious as Fresh Tomatoes? Scoping Review on the Effects of Industrial Processing on Nutrients and Bioactive Compounds in Tomatoes. *Adv Nutr*. 2022. Vol. 13(1) pp. 138-151. doi:10.1093/advances/nmab109

16 Shikh E.V., Elizarova E.V., Makhova A.A., Bragina T.V. The role of tomatoes and products from them in healthy human nutrition // *Nutrition issues*. 2021. Vol. 90. no. 4. pp. 129–137.

17 Ivanova N. N., Khomich L. M., Beketova N. A. The nutritional profile of tomato juice // *Nutrition issues*. 2018. Vol. 87. no. 2. pp. 53-64. doi:10.24411/0042-8833-2018-10019 (in Russian).

18 Landrier J.F, Breniere T, Sani L, Desmarchelier C. et al. Effect of tomato, tomato-derived products and lycopene on metabolic inflammation: from epidemiological data to molecular mechanisms. *Nutr Res Rev*. 2023 Vol. 18. pp. 1-17. doi: 10.1017/S095442242300029X

19 Wójtowicz A., Zalewska-Korona, M., Jablonska-Rys, E., Skalicka-Wozniak, K. et al. Chemical characteristics and physical properties of functional snacks enriched with powdered tomato // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2018. Vol. 68. no. 3. pp. 251-261.

20 Dai T., McClements D.J., Niu X., Guo X. et al. Whole tomato juice produced by a novel industrial-scale microfluidizer: Effect on physical properties and in vitro lycopene bioaccessibility. *Food Res Int*. 2022. Vol. 159. pp. 111608. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111608

Сведения об авторах

Андрей В. Гребенщиков к.в.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, serafim10@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0443-9809>

Алла Е. Чусова к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Виктория А. Иванова обучающийся, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, viktoriiainanova@bk.ru

 <https://orcid.org/0009-0000-1405-9327>

Алена А. Пронкина обучающийся, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pronkinaalena12@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8183-6082>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Andrey V. Grebenshchikov Cand. Sci. (Veterinary), assistant professor, Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, serafim10@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0443-9809>

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Technical), assistant professor, Department of Fermentation and Sugar Production Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Victoria A. Ivanova Student, Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, viktoriiainanova@bk.ru

 <https://orcid.org/0009-0000-1405-9327>

Alyona A. Pronkina Student, Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pronkinaalena12@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8183-6082>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/10/2024	После редакции 14/11/2024	Принята в печать 27/11/2024
Received 22/10/2024	Accepted in revised 14/11/2024	Accepted 27/11/2024