

# ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 664

### Определение содержания ликопина в продуктах питания и перспективы его использования в хлебобулочных изделиях

*Аширов Р.Р., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В статье оценивалось содержание ликопина в томатах, томатных продуктах и фруктах. Содержание ликопина в свежих томатах варьировалось от 1,22 до 6,44 мг/100 г, среднее содержание в томатных пастах составило  $41,49 \pm 1,42$  мг/100 г, в кетчупах -  $11,14 \pm 0,32$  мг/100 г, в томатных соках -  $6,87 \pm 0,37$  мг/100 г. Оценены перспективы использования порошка ликопина в хлебобулочных изделиях.

**Ключевые слова:** ликопин, пищевые продукты, хлеб, содержание.

**Для цитирования:** Аширов Р.Р., Фролов Д.И. Определение содержания ликопина в продуктах питания и перспективы его использования в хлебобулочных изделиях // Инновационная техника и технология. 2024. Т. 11. № 3. С. 7–12.

### Determination of lycopene content in food products and prospects for its use in bakery products

*Ashirov R.R., Frolov D.I.*

**Abstract.** The article assessed the lycopene content in tomatoes, tomato products and fruits. The lycopene content in fresh tomatoes ranged from 1.22 to 6.44 mg/100 g, the average content in tomato pastes was  $41.49 \pm 1.42$  mg/100 g, in ketchups -  $11.14 \pm 0.32$  mg/100 g, and in tomato juices -  $6.87 \pm 0.37$  mg/100 g. The prospects for using lycopene powder in bakery products were assessed.

**Keywords:** lycopene, food, bread, content.

**For citation:** Ashirov R.R., Frolov D.I. Determination of lycopene content in food products and prospects for its use in bakery products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2024. Vol. 11. No. 3. pp. 7–12. (In Russ.).

#### Введение

Правильное питание оказывает значительное влияние на здоровье, благосостояние и общее благополучие человека. Рацион питания современного человека, характеризуется повышенным потреблением продуктов с высокой энергетической плотностью, в сочетании с низкой физической активностью, нездоровым образом жизни и стрессом, способствует развитию таких заболеваний, как сердечно-сосудистые патологии и рак. Одним из способов противодействия этим проблемам является поощрение употребления большего количества фруктов и овощей, а также активное исследование каротиноидов, в частности ликопина.

Ликопин, который является основным пигментом, содержащимся в томатах, красном грейпфруте и арбузе, играет важную роль в питании человека и профилактике заболеваний, связанных с питанием. Исследования показали, что ликопин является самым эффективным гасителем активных форм кислорода среди всех пищевых каротиноидов. Он подавляет как образование, так и пагубное воздействие активных форм кислорода, защищая организм от развития множества видов рака, включая рак кожи, желудочно-кишечного тракта, мочевого пузыря, поджелудочной железы, молочной железы, эндометрия, простаты и легких, а также от сердечно-сосудистых заболеваний. Это защитное дей-

стве ликопина связано с наличием в его структуре 11 сопряженных двойных связей.

Однако, несмотря на большой интерес к роли ликопина в профилактике хронических заболеваний, остается мало информации о содержании этого вещества в продуктах, доступных в повседневном рационе. Применение ликопина в продуктах питания может стать важным шагом к улучшению общественного здоровья. Включение богатых ликопином продуктов в рацион может также способствовать снижению риска возникновения заболеваний, связанных с окислительным стрессом.

Целью данного исследования является определение содержания ликопина в различных продуктах и изучение возможностей его использования в пищевой промышленности, например, в хлебобулочных изделиях.

### Объекты и методы исследований

Материалы, использованные в ходе исследования, были томаты, томатные продукты, соки, концентраты, пасты, кетчупы, консервированные томаты, порошкообразные томатные супы, порошкообразные томатные соусы, соусы и пасты в упаковках. Томатные продукты и консервированные томаты были подвергнуты химическому анализу на содержание ликопина. Содержание ликопина было оценено в красном грейпфруте, арбузах, кураге. Содержание ликопина определялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Для получения образцов перед взвешиванием каждый продукт тщательно перемешивался или гомогенизировался. Томаты гомогенизировались целиком, вместе с кожицей. Содержание ликопина в остальных фруктах определялось только в съедобных частях. После этого продукты взвешивались в количестве 1,0 г (оценка содержания ликопина в соусах, порошковых супах проводилась сразу после их покупки) и добавлялись 20 мл метанола, 0,2 мл 2% спиртового раствора гидрохинона. Подготовленные таким образом образцы повторно гомогенизировались для получения однородной консистенции.

Ликопин извлекали из образцов петролейным эфиром. Эфир добавляли 4-5 раз (порциями по 20 мл) в зависимости от степени обесцвечивания пищевых продуктов. Эфирный экстракт декантировали и фильтровали через фильтровальную бумагу. Собранный эфирный экстракт тщательно перемешивали и собирали его порцию объемом 20 мл для выпаривания с помощью газообразного азота на кипящей водяной бане. Выпаренный остаток растворяли в 2 мл гексана. Раствор фильтровали с использованием микрофильтров с диаметром пор 0,45 мкм и вводили в колонку хроматографа. Определение содержания ликопина проводили спектрометрически при длине волны 466 нм, используя смесь гексан:дихлорметан в соотношении 90:10, а также

скорость потока 1,5 мл/мин. Полученные результаты сравнивали со стандартной кривой, полученной с использованием стандарта ликопина. Анализ образцов проводился в трех повторностях.

### Результаты и их обсуждение

Ликопин это каротиноидный пигмент, характеризующийся симметричной и ациклической структурой, содержащей 11 сопряженных двойных связей. Эта структура отвечает за красно-оранжевый цвет таких продуктов, как томаты, арбуз и красный грейпфрут. Содержание ликопина в свежих томатах зависит от их сорта и увеличивается со степенью созревания. Исследования, проведенные исследователями [1], показали, что содержание ликопина в томатах с интенсивной красной окраской составляло 50 мг/кг, желтый сорт томатов характеризовался в 10 раз более низким содержанием ликопина.

В настоящем исследовании содержание ликопина в томатах, варьировалось от 1,22 до 6,44 мг/100 г свежего продукта, среднее значение составило 3,59 мг/100 г (таблица 1). Эти данные согласуются с результатами исследований, проведенных другими учеными [2, 4, 5, 6, 7, 10, 12], которые обнаружили, что содержание ликопина в свежих томатах варьировалось от 0,87 до 7,75 мг/100 г. Стоит подчеркнуть, что содержание ликопина в томатах зависит от времени года, среднее содержание составляет 2,6 - 3,1 мг/100 г для зимних томатов и 3,8-6,6 мг/100 г для летних томатов.

В настоящем исследовании содержание ликопина в томатах зависело от сезонности. Среднее содержание ликопина в томатах с интенсивной

Таблица 1 - Содержание ликопина в свежих томатах и фруктах

Продукт	Содержание ликопина, мг/100 г
Помидор	3,59±1,71
Арбуз	3,80±1,27
Грейпфрут, красный	3,36±0,58
Абрикос сушеный	0,80±0,23

Таблица 2 - Содержание ликопина в концентрированных томатных пастах

Концентрированные томатные пасты	Содержание ликопина, мг/100 г
Концентрированная томатная паста 1	33,58±2,91
Концентрированная томатная паста 2	45,81±2,64
Концентрированная томатная паста 3	44,50±2,49
Концентрированная томатная паста 4	42,07±3,29
Среднее	41,49±1,42

Таблица 3 - Содержание ликопина в кетчупах

Кетчуп	Содержание ликопина, мг/100 г
Кетчуп 1	12,25 ±0,63
Кетчуп 2	12,08±0,42
Кетчуп 3	11,57±0,39
Кетчуп 4	10,93±0,78
Кетчуп 5	8,88±1,08
Среднее	11,14±0,32

Таблица 4 - Содержание ликопина в томатных соках

Томатный сок	Содержание ликопина, мг/100 г
Томатный сок 1	8,87±0,83
Томатный сок 2	6,06±0,63
Томатный сок 3	5,94±0,65
Томатный сок 4	7,08±0,57
Томатный сок 5	6,39±0,57
Среднее	6,87±0,37

Таблица 5 - Содержание ликопина в других томатных продуктах

Томатные продукты	Содержание ликопина, мг/100 г
Суп из томатного порошка	23,13±1,93
Порошковый томатный соус	23,28±1,28
Жидкий томатный соус	14,52±0,84
Томатный соус Болоньезе	12,79±1,12
Томатный соус Кисло-сладкий	2,54±0,21

красной окраской, купленных летом, было в 2 раза выше, чем в томатах с более светлой окраской, купленных осенью, зимой и весной. Среднее содержание ликопина в томатах с интенсивной окраской достигало 5,61 мг/100 г по сравнению с 2,62 мг/100 г для томатов с менее интенсивной окраской. Количество ликопина в томатах с интенсивной окраской было примерно одинаковым, что объясняется отсутствием различий в интенсивности окраски исследованных томатов.

Содержание ликопина в арбузе, красном грейпфруте было схоже с содержанием в томатах. Среднее содержание варьировалось от 2,95 до 3,79 мг/100 г. Содержание ликопина в исследованных фруктах и овощах соответствовало количеству этого каротиноида, продемонстрированному многими другими авторами [2, 4, 5, 6, 7, 10, 12].

Среди исследованных продуктов, самая высокая концентрация ликопина была обнаружена в томатных пастах, среднее содержание составило

41,49±1,42 мг/100 г (таблица 2). Количество ликопина в 30% томатных пастах разных компаний было схожим и варьировалось от 33,58±2,91 до 45,81±2,64 мг/100 г. Содержание ликопина в этих продуктах зависело от многих факторов, таких как степень обработки, спелость, а также сорт и период сбора урожая томатов. Методы упаковки не оказали никакого влияния на содержание ликопина. Только томатные пасты одной компании, продаваемые под двумя различными торговыми марками, отличались по содержанию ликопина - количество этого каротиноида было почти на 50% ниже. Данные настоящих исследований невозможно сравнивать с опубликованными значениями, поскольку томатные пасты, как правило, были польскими и не имели соответствующих эквивалентов.

Среднее содержание ликопина в кетчупах составило 11,14 мг/100 г. На количество этого каротиноида влияли степень обработки сырья, его качество и зрелость (таблица 3). Эти данные согласуются с результатами исследований, проведенных многими другими авторами. Содержание ликопина в кетчупах в других странах, как сообщалось, варьировалось от 9,8 до 16,7 мг/100 г [8, 11].

Помимо томатных паст и кетчупов, томатные соки довольно популярны среди томатных продуктов. Расчетное содержание ликопина в этом классе томатных продуктов составляет от 5,19 до 9,75 мг/100 г (таблица 4), что согласуется с результатами исследований, проведенных многими авторами [3, 9]. Более высокий верхний предел содержания ликопина в кетчупах и томатных соках, наблюдаемый в экспериментах, проведенных в других странах, вероятно, обусловлен более благоприятными климатическими условиями для выращивания томатов.

Другими томатными продуктами, были томатные супы в порошкообразной форме (среднее содержание ликопина 20,86) и томаты в бутылках и банках (таблица 5). Кажется невозможным сравнить содержание ликопина в этих продуктах с другими опубликованными данными, что связано с различным содержанием томатов или, возможно, различным составом продуктов (поскольку томаты являются одним из компонентов), а также применяемыми технологическими процессами.

Ликопин, встречающийся в природе каротиноид, в последние годы привлек к себе значительное внимание из-за своих мощных антиоксидантных свойств и потенциальной пользы для здоровья. Ликопин, содержащийся преимущественно в томатах, арбузах, розовом грейпфруте, отвечает за красные и розовые пигменты в этих фруктах. Многочисленные исследования показали, что ликопин является эффективным поглотителем свободных радикалов, что помогает снизить окислительный стресс, основной фактор развития хронических заболеваний, таких как рак и сердечно-сосудистые заболевания. Учитывая его полезные свойства, потенциал включения ликопина в повседневные продукты питания,

особенно в хлебобулочные изделия, представляет собой хорошую возможность для применения в пищевой промышленности.

Пищевые преимущества ликопина Ликопин широко известен своей способностью нейтрализовать активные формы кислорода, тем самым защищая клетки от окислительного повреждения. Антиоксидантная сила ликопина объясняется его уникальной химической структурой, которая содержит 11 сопряженных двойных связей. Эта структура позволяет ликопину гасить синглетный кислород, высокореактивную форму кислорода, более эффективно, чем другие каротиноиды, такие как бета-каротин или лютеин. Поскольку окислительный стресс является предшественником многих дегенеративных заболеваний, включая болезни сердца, диабет и различные виды рака, потребление ликопина связано с уменьшением риска этих состояний.

Одним из основных преимуществ включения ликопина в хлебобулочные изделия является его способность улучшать пищевой профиль часто потребляемых продуктов. Обогащая продукты ликопином, становится возможным доставлять пользу для здоровья большей части населения доступным и удобным способом. Это может быть особенно полезно для людей, которые не могут регулярно употреблять фрукты и овощи, богатые ликопином, такие как помидоры.

Помимо своих питательных преимуществ, порошок ликопина также обладает привлекательными сенсорными свойствами при добавлении в хлебобулочные изделия. Ликопин может придавать выпечке естественный красноватый оттенок, что может улучшить ее визуальную привлекательность. Этот натуральный краситель может служить привлекательной альтернативой искусственным пищевым красителям. Поскольку потребители становятся более заботящимися о своем здоровье и ищут продукты с натуральными ингредиентами, хлебобулочные изделия, обогащенные ликопином, могут соответствовать этим тенденциям и создавать новые рыночные возможности.

Несмотря на потенциальные преимущества, включение ликопина в хлебобулочные изделия сопряжено с рядом проблем. Ликопин чувствителен к теплу, свету и кислороду, что может привести к деградации во время обработки и хранения пищевых продуктов. Поэтому крайне важно оптимизировать рецептуру и процесс выпечки, чтобы сохранить стабильность ликопина в конечном продукте. Например, методы микрокапсулирования могут помочь защитить ликопин от факторов окружающей среды, улучшая его стабильность и биодоступность в хлебопекарных изделиях. Этот метод подразумевает заключение ликопина в защитное покрытие, которое помогает ему выдерживать процесс выпечки и продлевает срок годности продукта.

Более того, жирорастворимая природа ликопина должна учитываться при разработке рецептур

хлебобулочных изделий. Поскольку ликопин растворяется в жирах, а не в воде, его биодоступность можно повысить, сочетая его с ингредиентами на основе липидов. Например, добавление полезных жиров, таких как оливковое масло или масло авокадо, в рецептуру хлебобулочных изделий может не только улучшить усвоение ликопина, но и способствовать получению более здорового продукта в целом.

Спрос на функциональные продукты питания - продукты, которые приносят пользу для здоровья помимо основного питания - растет, что обусловлено растущей осведомленностью потребителей о связи между диетой и здоровьем. Обогащенные ликопином хлебобулочные изделия могли бы удовлетворить эту растущую тенденцию, предлагая потребителям удобный способ включения антиоксидантов в свой ежедневный рацион. Поскольку в ближайшие годы прогнозируется устойчивый рост мирового рынка хлебобулочных изделий, у производителей есть достаточно возможностей для инноваций путем внедрения продуктов, обогащенных ликопином, которые соответствуют как питательным, так и сенсорным ожиданиям.

Хотя перспективы использования ликопина в хлебобулочных изделиях многообещающие, необходимы дальнейшие исследования, чтобы полностью понять его потенциальное применение. Исследования должны быть сосредоточены на оптимизации рецептуры и методов обработки для максимального сохранения ликопина во время выпечки. Кроме того, исследование потребительского восприятия хлебобулочных изделий, обогащенных ликопином, с точки зрения вкуса, текстуры и внешнего вида, будет иметь решающее значение для успешной коммерциализации таких продуктов.

Более того, изучение синергетических эффектов ликопина с другими функциональными ингредиентами, такими как цельное зерно, жирные кислоты омега-3 или пробиотики, может привести к разработке еще более питательных хлебобулочных изделий. Этот многофункциональный подход не только усилит пользу для здоровья этих продуктов, но и обеспечит уникальное ценностное предложение на рынке.

## Выводы

Включение порошка ликопина в хлебобулочные изделия открывает многообещающие возможности для улучшения общественного здоровья. Мощные антиоксидантные свойства ликопина в сочетании с широким потреблением хлебобулочных изделий делают его идеальным кандидатом для инноваций в области функциональных продуктов питания. При тщательном внимании к формуле, обработке и потребительским предпочтениям, хлебобулочные изделия, обогащенные ликопином, имеют потенциал стать популярным и эффективным

ным средством улучшения здоровья широкой аудитории. Поскольку потребительский спрос на питательные и натуральные продукты продолжает расти, разработка хлебобулочных изделий, обога-

щенных ликопином, представляет собой хорошую возможность использования в пищевой промышленности.

## Литература

- [1] Белокурова Е. С., Панкина И. А. Сравнительный анализ концентрированных томатопродуктов на содержание каротиноидов //Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48. – №. 2. – С. 162-169.
- [2] Гаджиева А. М. и др. Лycopин томатов: полезные свойства, современные способы получения и перспективы использования в различных отраслях //Совершенствование технологических процессов в пищевой, химической и перерабатывающей промышленности. – 2017. – С. 54-60.
- [3] Иванова Н. Н., Хомич Л. М. Л., Бекетова Н. А. Нутриентный профиль томатного сока //Вопросы питания. – 2018. – Т. 87. – №. 2. – С. 53-64.
- [4] Кондратьева И. Ю. и др. Особенности наследования скороспелости и содержания ликопина у гибридов F1 томата //Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – №. 5. – С. 46-48.
- [5] Кондратьева И. Ю., Голубкина Н. А. Лycopин и β-каротин томата //овощи России. – 2017. – №. 4. – С. 80-83.
- [6] Шамбазов Д. В., Абдулгaфaрoвa Г. X., Гaзeтдинов P. P. Oпpeдeлeниe coдepжaния ликопина в природном сырье //Иновационная наука. – 2020. – №. 3. – С. 15-16.
- [7] Alda L. M. et al. Lycopene content of tomatoes and tomato products //Journal of Agroalimentary Processes and technologies. – 2009. – Т. 15. – №. 4. – С. 540-542.
- [8] Alda L. M. et al. Lycopene content of tomatoes and tomato products //Journal of Agroalimentary Processes and technologies. – 2009. – Т. 15. – №. 4. – С. 540-542.
- [9] De Nardo T. et al. Rapid and simultaneous determination of lycopene and β-carotene contents in tomato juice by infrared spectroscopy //Journal of agricultural and food chemistry. – 2009. – Т. 57. – №. 4. – С. 1105-1112.
- [10] Marković K., Hruškar M., Vahčić N. Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of Croatians //Nutrition Research. – 2006. – Т. 26. – №. 11. – С. 556-560.
- [11] Mert B. Using high pressure microfluidization to improve physical properties and lycopene content of ketchup type products //Journal of Food Engineering. – 2012. – Т. 109. – №. 3. – С. 579-587.
- [12] Rao A. V., Waseem Z., Agarwal S. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene //Food Research International. – 1998. – Т. 31. – №. 10. – С. 737-741.

## References

- [1] Belokurova E. S., Pankina I. A. Comparative analysis of concentrated tomato products for carotenoid content // Food production technology and equipment. - 2018. - Vol. 48. - No. 2. - P. 162-169.
- [2] Gadzhieva A. M. et al. Tomato lycopene: beneficial properties, modern methods of production and prospects for use in various industries // Improving technological processes in the food, chemical and processing industries. - 2017. - P. 54-60.
- [3] Ivanova N. N., Khomich L. M. L., Beketova N. A. Nutrient profile of tomato juice // Nutrition issues. - 2018. - Vol. 87. - No. 2. - P. 53-64.
- [4] Kondratieva I. Yu. et al. Features of inheritance of early maturity and lycopene content in F1 tomato hybrids // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2011. - No. 5. - P. 46-48.
- [5] Kondratieva I. Yu., Golubkina N. A. Lycopene and β-carotene of tomato // Vegetables of Russia. - 2017. - No. 4. - P. 80-83.
- [6] Shambazov D. V., Abdulgafarova G. Kh., Gazetdinov R. R. Determination of lycopene content in natural raw materials // Innovative Science. - 2020. - No. 3. - P. 15-16.
- [7] Alda L. M. et al. Lycopene content of tomatoes and tomato products // Journal of Agroalimentary Processes and technologies. – 2009. – Т. 15. – No. 4. – pp. 540-542.
- [8] Alda L. M. et al. Lycopene content of tomatoes and tomato products //Journal of Agroalimentary Processes and technologies. – 2009. – Т. 15. – No. 4. – pp. 540-542.
- [9] De Nardo T. et al. Rapid and simultaneous determination of lycopene and β-carotene contents in tomato juice by infrared spectroscopy // Journal of agricultural and food chemistry. – 2009. – Т. 57. – No. 4. – pp. 1105-1112.
- [10] Marković K., Hruškar M., Vahčić N. Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of Croatians //Nutrition Research. – 2006. – Т. 26. – No. 11. – pp. 556-560.
- [11] Mert B. Using high pressure microfluidization to improve physical properties and lycopene content of ketchup type products // Journal of Food Engineering. – 2012. – Т. 109. – No. 3. – pp. 579-587.
- [12] Rao A. V., Waseem Z., Agarwal S. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene //Food Research International. – 1998. – Т. 31. – No. 10. – P. 737-741.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Аширов Равиль Ринатович</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Ashirov Ravil Rinatovich</b> upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>