

Кирпиченкова Е.В., Королев А.А., Никитенко Е.И., Денисова Е.Л., Фетисов Р.Н., Петрова Е.С., Фанда Е.А.

Изучение содержания ликопина в рационе различными методами воспроизведения

ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет)», 119991, Москва

Введение. Ликопин – невитаминный каротиноид, обладающий потенциальными антиоксидантным, антиканцерогенным, иммуномодулирующим, кардиопротекторным, антиатерогенным, радио- и фотозащитным свойствами. В организме человека ликопин не синтезируется и поступает с пищевыми источниками, главным образом с томатами и томатосодержащими продуктами.

Цель настоящего исследования – оценить уровень потребления ликопина и структуру его основных пищевых источников в питании лиц молодого возраста и сравнить эффективность использования частотного метода и метода 24-часового воспроизведения.

Материал и методы. В специализированные анкеты-опросники были включены основные и дополнительные источники ликопина. В опросе приняли участие 106 студентов. По уровням поступления ликопина сформированы 6 групп потребления.

Результаты. Наибольшая доля в выборке, по данным метода 24-часового воспроизведения и частотного метода, принадлежит группам с высоким уровнем поступления ликопина. Приоритетными источниками в данных группах являются томаты и кетчуп. Частотный метод позволил установить пищевые источники, присутствующие чаще других в рационе респондентов. К ним относились свежие томаты, кетчуп и томатосодержащие продукты фастфуда (с различными показателями частоты включения для отдельных видов продуктов). Дополнительные источники ликопина отсутствовали в рационе большинства опрошенных.

Заключение. Результаты, полученные с помощью указанных методов, не противоречат друг другу. Комплексное применение методов позволяет получить данные об уровнях поступления ликопина и его пищевых источниках, присутствующих в рационе. С помощью метода 24-часового воспроизведения количественно установлены уровни поступления ликопина и его приоритетные источники. Данные частотного метода характеризуют весь спектр источников ликопина, присутствующих в рационе.

К л ю ч е в ы е с л о в а : невитаминные каротиноиды; ликопин; пищевые источники ликопина; частотный метод; метод 24-часового воспроизведения.

Для цитирования: Кирпиченкова Е.В., Королев А.А., Никитенко Е.И., Денисова Е.Л., Фетисов Р.Н., Петрова Е.С., Фанда Е.А. Изучение содержания ликопина в рационе различными методами воспроизведения. *Гигиена и санитария*. 2020; 99 (2): 182-186. DOI: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-2-182-186>

Для корреспонденции: Кирпиченкова Екатерина Васильевна, ассистент кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), 119991, Москва. E-mail: kate.kirpichenkova@hotmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Кирпиченкова Е.В., Королев А.А., Никитенко Е.И.; сбор и обработка материала – Кирпиченкова Е.В., Денисова Е.Л., Фетисов Р.Н.; статистическая обработка данных – Петрова Е.С., Фанда Е.А.; написание текста – Кирпиченкова Е.В.; редактирование – Королев А.А., Никитенко Е.И.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила: 01.11.19

Принята к печати: 12.12.19

Опубликована: 23.03.2020

Kirpichenkova E.V., Korolev A.A., Nikitenko E.I., Denisova E.L., Fetisov R.N., Petrova E.S., Fanda E.A.

The study of lycopene content in the diet by various assessment methods

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, 119991, Russian Federation

Introduction. Lycopene is a non-vitamin carotenoid possessing antioxidant, anti-carcinogenic, immunomodulatory, cardioprotective, antiatherogenic, radio- and photoprotective properties. Lycopene not being synthesized in humans, it intakes from food sources, mainly tomatoes and tomato-containing products.

The aim of this study is to assess the level of intake of lycopene and its main food sources in the diet of young people and compare the effectiveness of the 24-hours diet recall and food-frequency questionnaire method.

Material and methods. The specialized questionnaires contained the main and additional food sources of lycopene. The survey included 106 students. There were formed 6 consumption groups according to the levels of lycopene intake.

Results. According to the 24-hour diet recall and food-frequency questionnaires the largest share in the sample belongs to groups with high levels of lycopene intake. Tomatoes and ketchup are priority sources in these groups. The food-frequency questionnaire method allowed estimating the food sources present more often than others in the diet of the respondents. These included raw tomatoes, ketchup, and tomato-containing fast food products (with different frequencies for individual types of products). There were no additional sources of lycopene in the diet of the majority of respondents.

Conclusions. The results obtained using these methods do not contradict each other. The complex using of the methods allows obtaining data on the levels of lycopene intake and its food sources present in the diet. The levels of lycopene intake and its priority sources were quantified using the 24-hour recall. The data of the food-frequency questionnaire method determine all sources of lycopene present in the diet.

Keywords: non-vitamin carotenoids; lycopene; food sources of lycopene; food frequency questionnaire; 24-hour diet recall.

For citation: Kirpichenkova E.V., Korolev A.A., Nikitenko E.I., Denisova E.L., Fetisov R.N., Petrova E.S., Fanda E.A. The study of lycopene content in the diet by various assessment methods. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2020; 99(2): 182-186. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-2-182-186>

For correspondence: Ekaterina V. Kirpichenkova, MD, Assistant of the Department of Human Ecology and Environmental Hygiene, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation. E-mail: kate.kirpichenkova@hotmail.com

Information about authors:

Kirpichenkova E.V., <http://orcid.org/0000-0002-7594-8336>; Korolev A.A., <http://orcid.org/0000-0002-2294-7444>; Nikitenko E.I., <http://orcid.org/0000-0002-2302-3008>; Denisova E.L., <http://orcid.org/0000-0002-5141-1841>; Fetisov R.N., <http://orcid.org/0000-0002-1507-0672>; Petrova E.S., <http://orcid.org/0000-0001-6838-5398>; Fanda E.A., <http://orcid.org/0000-0001-7547-5658>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Concept and design of the research – Kirpichenkova E.V., Korolev A.A., Nikitenko E.I.; Collection and processing of the material – Kirpichenkova E.V., Denisova E.L., Fetisov R.N.; Statistical processing – Petrova E.S., Fanda E.A.; Writing the manuscript – Kirpichenkova E.V.; Editing – Korolev A.A., Nikitenko E.I.; Approval of the final version of the manuscript, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript – all co-authors.

Received: November 01, 2019

Accepted: December 12, 2019

Published: March 23, 2020

Введение

Ликопин – невитаминный каротиноид с выраженными антиоксидантными свойствами, которые проявляются благодаря наличию дополнительных донорно-акцепторных групп. Биологическая активность ликопина обусловлена антиканцерогенным, иммуномодулирующим, кардиопротекторным, антиатерогенным, радио- и фотозащитным эффектами [1–8]. Доказана значительная роль ликопина в профилактике хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы, особенно в условиях высокого уровня оксидативного стресса у курильщиков [9]. В организм человека ликопин поступает за счёт включения в рацион продуктов с высоким содержанием этого каротиноида. Приоритетными пищевыми источниками являются красные томаты и томатосодержащие продукты, в которых отмечены высокие уровни содержания ликопина (томатная паста – 28,8 мг/100 г, томатное пюре – 21,8 мг/100 г, томатные соусы – 12,1–18,9 мг/100 г, томатный сок – 9 мг/100 г). По сравнению со свежими томатами, в которых содержание ликопина составляет 2,7 мг/100 г, более высокими показателями характеризуются измельчённые консервированные томаты – 5,1 мг/100 г, и томаты, приготовленные различными способами (жарение, тушение, запекание), – 3 мг/100 г. Кроме этого, механическая и тепловая обработка томатов увеличивает биодоступность ликопина [10, 11]. За счёт присутствия томатного соуса некоторые продукты фастфуда – пицца, лазанья, паста, разнообразные сэндвичи – также относятся к источникам ликопина, причём содержание ликопина в них определяется количеством и видом добавленного томатного соуса. Кроме томатов, существуют дополнительные источники ликопина: гуава (5,2 мг/100 г), арбуз (4,5 мг/100 г), папайя (1,8 мг/100 г), розовые и красные грейпфруты (1,4 мг/100 г). Такие продукты, как хурма и красный сладкий перец, характеризуются низкими уровнями содержания ликопина (менее 1 мг/100 г) и не могут считаться его основными пищевыми источниками [12]. Пищевыми источниками ликопина в большинстве регионов являются томатосодержащие продукты, однако в рационах они представлены в различных вариантах. На юго-востоке США поступление ликопина обусловлено присутствием в рационе пиццы и пасты [13], в Великобритании и Франции – свежими и консервированными томатами и пиццей, в Нидерландах и Ирландии – свежими томатами, томатными супами и пиццей, в Испании – свежими томатами и томатным пюре [14], в Бельгии – свежими томатами, томатосодержащими продуктами и томатными соусами в блюдах, готовых к употреблению [15]. Исходя из ограниченности перечня основных пищевых источников ликопина, его концентрация в сыворотке крови характеризует присутствие в рационе лишь

томатов и томатосодержащих продуктов, не являясь при этом биомаркером потребления других овощей и фруктов в отличие от каротиноидов других групп [16]. В экспериментальном исследовании была доказана высокая антиканцерогенная активность ликопина, полученного из томатосодержащих продуктов (кетчуп, томатная паста, томатный соус), в отношении клеточной линии рака предстательной железы [17]. С целью компенсации недостатка ликопина в рационе рассматриваются возможности обогащения различных продуктов. Новым направлением в данной области является создание обогащённого мороженого, которое при неизменных вкусовых характеристиках способствует значительному повышению сывороточной концентрации ликопина [18]. В процессе промышленной обработки томатов образуются большие объёмы отходов производства – семена и кожура. В измельчённом виде эти компоненты могут быть использованы для обогащения оливкового масла и муки [19, 20]. С помощью методов генной инженерии получены томаты с пятикратно увеличенным содержанием ликопина [21–23]. Показано, что ежедневное потребление 200 г подобных томатов способствует снижению концентрации липопротеинов низкой плотности в плазме [24]. Однако томаты не могут рассматриваться в качестве единственного антиатерогенного компонента в комплексной терапии, например, артериальной гипертензии, поскольку для получения терапевтического эффекта при данной патологии необходимо обеспечить ежедневное потребление 15 мг ликопина [25, 26], что значительно превышает уровень его поступления с рационом.

Установленный в Российской Федерации рекомендуемый суточный уровень поступления ликопина – 5 мг – не является физиологической нормой [27]. Это обусловлено тем, что проведённые эпидемиологические и клинические исследования, подтверждающие высокую потенциальную способность ликопина снижать риск хронических патологий, не позволяют установить уровень физиологической потребности в ликопине и обосновать его [1]. Целью настоящего исследования являлась оценка уровня потребления ликопина и структуры его основных пищевых источников в питании лиц молодого возраста и сравнение эффективности использования частотного метода и метода 24-часового воспроизведения.

Материал и методы

Для оценки уровня ликопина, поступающего с рационом, применялся метод 24-часового воспроизведения, а для установления частоты включения основных источников ликопина в рацион – частотный метод. Для этих целей были разработаны специализированные анкеты-опросники, содержащие перечень

Таблица 1

Уровни поступления ликопина

Группа потребления	Метод 24-часового воспроизведения		Частотный метод		φ
	количество респондентов				
	абс.	%	абс.	%	
1-я	47	44,34	32	30,19	2,133
2-я	5	4,72	19	17,93	3,181
3-я	11	10,38	13	12,26	0,437
4-я	9	8,49	15	14,15	1,318
5-я	4	7,55	14	13,21	2,563
6-я	30	23,58	13	12,26	2,948

продуктов – источников ликопина. В перечень были включены красные томаты (свежие, приготовленные, солёные); продукты, изготовленные из томатов, и продукты, в составе которых среди прочих ингредиентов присутствуют томаты (кетчуп, томатный сок, супы с добавлением томатной пасты, овощные консервы на основе томатного сока, рыбные консервы с томатным соусом); а также томатосодержащие продукты фастфуда (пицца, лазанья, паста, гамбургеры, чизбургеры, сэндвичи). Кроме этого, в опроснике были указаны дополнительные источники ликопина – арбуз, хурма, розовые и красные грейпфруты и сок из них. Все анкеты предусматривали указание личных (пол, возраст) и антропометрических (рост, масса тела) данных. В рамках метода 24-часового воспроизведения респонденты выбирали продукты из списка, присутствующие в их рационе в день, предшествующий опросу, и указывали их количество (штуки, граммы, порции и т. п.). На основании полученных данных производился расчёт суточного количества ликопина, поступающего с пищевыми источниками, и определялись приоритетные продукты, вносящие основной вклад в его поступление с рационом [12]. В зависимости от количества поступающего ликопина по сравнению с рекомендуемым суточным уровнем все участники исследования были разделены на группы потребления: 1-я – 100% и более; 2-я – 70,5–99,9%; 3-я – 50–74,9%; 4-я – 25–49,9%; 5-я – менее 24,9%; 6-я – источники ликопина отсутствуют. Частотный метод предусматривал определение для каждого продукта категории потребления в зависимости от частоты его включения в рацион – еженедельно (6–7; 3–5 и 1–2 раза в неделю), ежемесячно (1–5 раз в месяц), эпизодически (однократно в 2–3 мес), – с указанием объёма разовой порции. В случае еженедельного включения в рацион для отдельных источников были также рассчитаны уровни потребления [12]. Кроме этого, предусматривалась воз-

можность указания отсутствия продуктов-источников в рационе и наличия дополнительных источников поступления ликопина в составе биологически активных добавок. Результаты частотного метода позволили определить, какие из представленных источников чаще остальных присутствуют в рационе и определяют поступление ликопина. В исследовании, которое проводилось в сентябре-октябре 2017 г., приняли участие 106 студентов (средний возраст $21,82 \pm 1,00$), из них 82 женщины ($21,79 \pm 0,95$) и 24 мужчины ($21,92 \pm 1,18$). Статистическая обработка полученных данных (расчёт средних показателей и стандартного отклонения) выполнена с помощью программных продуктов MS Excel. Для определения достоверности различий применялся критерий углового преобразования Фишера (φ). При $\phi > 1,64$ различия считались достоверными.

Результаты

Среди значений уровней потребления ликопина, полученных с помощью метода 24-часового воспроизведения и частотного метода, наибольшую долю в выборке занимает 1-я группа, независимо от метода исследования. Статистически значимые различия не обнаружены для 3-й и 4-й групп потребления (табл. 1).

Среди приоритетных источников во всех группах с высокими уровнями потребления (1–3) присутствуют свежие томаты, кетчуп и томатосодержащие продукты фастфуда. Другие томатосодержащие продукты (супы с томатной пастой, томатный сок, рыбные консервы в томатном соусе) отмечены в рационах в единичных случаях, в том числе среди источников в группах с низким уровнем потребления (4, 5). Розовые и красные грейпфруты вносили основной вклад в поступление ликопина только у одного респондента. Присутствие арбуза среди приоритетных источников обусловлено фактором сезонности потребления данного продукта (табл. 2).

Результаты оценки частоты включения в рацион источников ликопина, полученные с помощью частотного метода, не опровергают данные метода 24-часового воспроизведения. Свежие томаты присутствуют в еженедельном рационе 78 (73,59%) опрошенных, при этом 9 (8,49%) студентов включают томаты в рацион 6–7 раз в неделю, 52 (49,06%) студентов – 3–5 раз в неделю, 17 студентов (16,04%) – 1–2 раза в неделю. Вторым по частоте потребления источником ликопина в рационе является кетчуп, который присутствует в еженедельном рационе 46 (43,39%) опрошенных, из них у 6 (5,66%) респондентов 6–7 раз в неделю, у 19 (17,92%) – 3–5 раз в неделю, у 21 (19,81%) – 1–2 раза в неделю. Томатосодержащие продукты из сети кафе быстрого питания встречаются в еженедельном рационе у 4,72–27,36% и в ежемесячном рационе у 8,49–43,40% студентов (в зависимости от конкретного продукта). Эпизодическое включение в рацион грейпфрутов – 50 (47,17%), арбуза – 64 (60,38%) и хурмы –

Таблица 2

Основные источники ликопина

Продукт	Метод 24-часового воспроизведения					Частотный метод				
	Группа потребления									
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
	количество респондентов									
Свежие томаты	23	4	6	1	–	18	15	11	12	7
Фастфуд	8	1	4	3	–	4	1	–	1	4
Кетчуп	7	–	1	2	2	5	2	–	2	3
Арбуз	5	–	–	–	–	3	1	–	–	–
Томатный сок	3	–	–	–	1	2	–	1	–	–
Грейпфрут	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Томатная паста в составе первого блюда	–	–	–	3	–	–	–	1	–	–
Рыбные консервы в томатном соусе	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–

59 (55,66%) обусловлено сезонностью указанных источников. У значительного числа участников исследования отсутствуют в рационе такие источники ликопина, как сэндвичи с томатпродуктами, – у 71 (66,99%), лазанья – 67 (63,20%), рыбные консервы в томатном соусе – 64 (60,38%), томатный сок – 58 (54,72%), гамбургер – 56 (52,83%), паста и грейпфрутовый сок – по 53 (50%), солёные томаты – 52 (49,06%), овощные консервы на основе томатного сока – 44 (41,51%).

При сопоставлении результатов, полученных указанными методами, установлено, что группы потребления совпадают для 39 (36,79%) анкет. Для 23 (21,7%) анкет результаты находятся в смежных группах (1–2, 2–3, 3–4, 4–5, 5–6), для 27 (25,47%) анкет – в отдалённых группах (1–3, 1–4, 2–4, 2–5, 3–5, 3–6, 4–6) и для 17 (16,04%) анкет – в противоположных по уровням поступления группам (1–6, 1–5, 2–6). При этом среди анкет, совпадающих по уровням поступления, в 28 случаях отмечено полное совпадение основных пищевых источников, а в 5 случаях источники принадлежали к одной группе томатсодержащих продуктов. В анкетах смежных групп совпадение источников отмечено в 8 случаях, а в 7 анкетах основные источники также принадлежали к одной группе. Среди анкет, попавших в группы с противоположными значениями уровней поступления, корректность данных 3 анкет вызвала сомнение в связи с несопадением ответов: при частотном методе для ряда источников была указана категория «отсутствие в рационе», но для тех же источников в анкете 24-часового воспроизведения было отмечено суточное количество, причём обеспечивающее поступление ликопина на уровне, превышающем рекомендуемый.

Обсуждение

Результаты обоих применяемых методов не противоречат друг другу. Метод 24-часового воспроизведения позволяет точно установить суточные уровни поступления ликопина, но при этом не полностью раскрывает присутствие всех источников в рационе, так как характеризует только один день. С другой стороны, с помощью частотного метода возможно определить источники ликопина, включаемые в еженедельный рацион, дифференцируя их по вкладу в достижение рекомендуемого уровня ликопина, а также установить источники, отсутствующие в рационе. Результаты исследования, проведённого в Великобритании, подтверж-

дают, что применение частотного метода позволяет ранжировать респондентов в соответствии с частотой потребления, но не даёт возможность количественного определения поступающих нутриентов [28]. При этом данные исследования, проведённого в Канаде, подтверждают, что распределение респондентов по группам потребления не зависит от используемого метода (частотный метод или метод 24-часового воспроизведения), несмотря на различия в средних значениях по некоторым показателям. Участники исследования в зависимости от уровня потребления, который определялся с помощью одного из указанных методов, были разделены на группы. При этом группы потребления, установленные двумя методами, не отличались или были близки по уровню потребления [29]. Кроме этого, рядом исследователей при использовании частотного метода выявлена связь между качеством ответов и полом, возрастом, социально-экономическим положением, состоянием здоровья [30]. Это позволяет предположить, что для качественного сбора данных опросники необходимо разрабатывать с учётом особенностей каждой подгруппы в исследуемой выборке.

Заключение

С помощью метода 24-часового воспроизведения установлено, что уровень поступления ликопина главным образом определяется присутствием в рационе свежих томатов и кетчупа. Результаты, полученные при использовании частотного метода, подтверждают эти данные: томаты присутствуют в еженедельном рационе 73,59% студентов, кетчуп – у 43,39%. Кроме этого, частотный метод позволил определить, что дополнительные источники ликопина, не указанные в анкетах 24-часового воспроизведения, включаются с различной частотой в рацион в течение недели или потребляются эпизодически (несколько раз в месяц). Параллельное использование обоих методов воспроизведения может быть рекомендовано для максимально точной комплексной оценки потребления невитаминных каротиноидов. Для количественной оценки поступления ликопина и его пищевых источников следует применять метод 24-часового воспроизведения. Выбор изолированного использования частотного метода целесообразен лишь при изучении структуры источников ликопина в рационе без необходимости точной количественной оценки уровня его поступления.

Литература (пп. 2–26, 28–30 см. References)

1. Дадали В.А., Дадали Ю.В., Тутельян В.А., Кравченко Л.В. Каротиноиды. Биологическая активность. *Вопросы питания*. 2001; 80 (4): 4–18.
20. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004. 46 с.

References

1. Dadali V.A., Tutel'yan V.A., Dadali U.V., Kravchenko L.V. Carotenoids. Biological activity. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2001; 80 (4): 4–18. (in Russian)
2. Sluijs I., Beulens J.W., Grobbee D.E., van der Schouw Y.T. Dietary carotenoid intake is associated with lower prevalence of metabolic syndrome in middle-aged and elderly men. *J Nutr*. 2009; 139 (5): 987–92. DOI: 10.3945/jn.108.101451.
3. Saini R.K., Nile S., Park S.W. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Res Int*. 2015; 76 (3): 735–50. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.07.047.
4. Murillo A.G., Fernandez M.L. Potential of Dietary of Non-Provitamin A Carotenoids in the Prevention and Treatment of Diabetic Microvascular Complications. *Adv Nutr*. 2016; 7: 14–24. DOI: 10.3945/an.115.009803.
5. Toti E., Chen O., Palmery M., Villaño D., Peluso I. Non-Provitamin A and Provitamin A Carotenoids as Immunomodulators: Recommended Dietary Allowance, Therapeutic Index, or Personalized Nutrition? *Oxid Med Cell Longev*. 2018; 3: 1–20. DOI: 10.1155/2018/4637861.
6. Kim J.N., Lee J., Choi I.J., Kim Y.I., Kwon O., Kim H. et al. Dietary Carotenoids Intake and the Risk of Gastric Cancer: A Case-Control Study in Korea. *Nutrients*. 2018; 10 (8): 1031–49. DOI: 10.3390/nu1008103.
7. Aune D., Keum N., Giovannucci E., Fadnes L.T., Boffetta P., Greenwood D.C. et al. Dietary intake and blood concentrations of antioxidants and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Am J Clin Nutr*. 2018; 108 (5): 1069–91. DOI: 10.1093/ajcn/nqy097.
8. Bohn T. Carotenoids and Markers of Oxidative Stress in Human Observational Studies and Intervention Trials: Implications for Chronic Diseases. *Antioxidants*. 2019; 8 (6): 179. DOI: 10.3390/antiox8060179.
9. Suwannalert P., Boonsiri P., Khampitak K., Sriboonlue P., Yongvanit P. The levels of lycopene, alpha-tocopherol and a marker of oxidative stress in healthy northeast Thai elderly. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2007; 16 (Suppl. 1): 27–30.
10. van Het Hof K.H., West C.E., Weststrate J.A., Hautvast J.G. Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. *J Nutr*. 2000; 130 (3): 503–6. DOI: 10.1093/jn/130.3.503.
11. Bohn T. Bioavailability of Non-Provitamin A Carotenoids. *Curr Nutr Food Sci*. 2008; 4 (4): 240–58. DOI: 10.2174/157340108786263685.
12. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Available online: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>. (accessed on 21 December 2017)
13. Zhou Y.E., Buchowski M.S., Liu J., Schlundt D.G., Ukoli F.A., Blot W.J. et al. Plasma Lycopene Is Associated with Pizza and Pasta Consumption in Middle-Aged and Older African American and White Adults in the South-eastern USA in a Cross-Sectional Study. *PLoS One*. 2016; 11 (9): e0161918. DOI: 10.1371/journal.pone.0161918.
14. O'Neill M.E., Carroll Y., Corridan B., Olmedilla B., Granado F., Blanco I. et al. A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study. *Br J Nutr*. 2001; 85 (4): 499–507. DOI: 10.1079/BJN2000284.

15. Vandevijvere S., Cucu T., Vinx C., Huvaere K., Huybrechts I., Van Looc J. Dietary intake of lycopene by the Belgian adult population. *Public Health Nutr.* 2014; 17 (2): 248–55. DOI: 10.1017/S1368980012005459.
16. Couillard C., Lemieux S., Vohl M.C., Couture P., Lamarche B. Carotenoids as biomarkers of fruit and vegetable intake in men and women. *Br J Nutr.* 2016; 116 (7): 1–10. DOI: 10.1017/S0007114516003056.
17. Soares N.C.P., Elias M.B., Machado C.L., Trindade B.B., Borojevic R., Teodoro A.J. Comparative Analysis of Lycopene Content from Different Tomato-Based Food Products on the Cellular Activity of Prostate Cancer Cell Lines. *Foods.* 2019; 8 (6): 201–14. DOI: 10.3390/foods8060201.
18. Chernyshova M.P., Pristenskiy D.V., Lozbiakova M.V., Chalyk N.E., Bandalotova T.Y., Petyaev I.M. Systematic and skin-targeting beneficial effects of lycopene-enriched ice cream: A pilot study. *J Dairy Sci.* 2018; 102 (1): 14–25. DOI: 10.3168/jds.2018-15282.
19. Bendini A., Di Lecce G., Valli E., Barbieri S., Tesini F., Toschi T.G. Olive oil enriched in lycopene from tomato by-product through a co-milling process. *Int J Food Sci Nutr.* 2015; 66 (4): 371–7. DOI: 10.3109/09637486.2015.1035230.
20. Nour V., Ionica M.E., Trandafir I. Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste. *J Food Sci Technol.* 2015; 52 (12): 8260–7. DOI: 10.1007/s13197-015-1934-9.
21. Li X., Wang Y., Chen S., Tian H., Fu D., Zhu B. Lycopene Is Enriched in Tomato Fruit by CRISPR/Cas9-Mediated Multiplex Genome Editing. *Front Plant Sci.* 2018; 9: 559. DOI: 10.3389/fpls.2018.00559.
22. Penchala Raju M., Shireesha B., Sravanthi B., Aparna K. Development of Lycopene enriched mixed fruit bar. *J Res ANGRAU.* 2012; 40 (3): 67–9.
23. Ranveer Dr. Rahul., Sahoo A. Developments of Lycopene enrich Noodles. *South Asian J Manage Res.* 2014; 6 (1): 461–70.
24. Nishimura M., Tominaga N., Ishikawa-Takano Y., Maeda-Yamamoto M., Nishihira J. Effect of 12-Week Daily Intake of the High-Lycopene Tomato (*Solanum Lycopersicum*), a Variety Named “PR-7”, on Lipid Metabolism: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Parallel-Group Study. *Nutrients.* 2019; 11 (5): 1177–89. DOI: 10.3390/nu11051177.
25. Bose K.S., Agrawal B.K. Effect of lycopene from cooked tomatoes on serum antioxidant enzymes, lipid peroxidation rate and lipid profile in coronary heart disease. *Singapore Med J.* 2007; 48 (5): 415–20.
26. Wolak T., Sharoni Y., Levy J., Linnewiel-Hermoni K., Stepensky D., Paran E. Effect of Tomato Nutrient Complex on Blood Pressure: A Double Blind, Randomized Dose-Response Study. *Nutrients.* 2019; 11 (5): 950–62. DOI: 10.3390/nu11050950.
27. Recommended levels of consumption of food and biologically active substances: guidelines MR 2.3.1.1915-04. Moscow: Federal'nyy tsentr gos-sanepidnadzora Minzdrava Rossii; 2004. 46 p. (in Russian)
28. Lai J.S., Attia J., McEvoy M., Hure A.J. Biochemical Validation of the Older Australian's Food Frequency Questionnaire Using Carotenoids and Vitamin E. *Nutrients.* 2014; 6 (11): 4906–17. DOI: 10.3390/nu6114906.
29. Liu L., Wang P.P., Roebothan B., Ryan A., Tucker C.S., Colbourne J. et al. Assessing the validity of a self-administered food-frequency questionnaire (FFQ) in the adult population of Newfoundland and Labrador, Canada. *Nutr J.* 2013; 12 (1): 49. DOI: 10.1186/1475-2891-12-49.
30. Marks G.C., Hughes M.C., van der Pols J.C. Relative Validity of Food Intake Estimates Using a Food Frequency Questionnaire Is Associated with Sex, Age and Other Personal Characteristics. *J Nutr.* 2006; 136 (2): 459–65. DOI: 10.1093/jn/136.2.459.