

Для корреспонденции

Коденцова Вера Митрофановна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией витаминов и минеральных веществ ФГБНУ «НИИ питания»
 Адрес: 109240, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14
 Телефон: (495) 698-53-30
 E-mail: kodentsova@ion.ru

В.М. Коденцова¹, А.А. Кочеткова¹, Д.В. Рисник², В.А. Саркисян¹, В.В. Бессонов¹

Влияние нагрева в микроволновой печи на жировой компонент и сохранность витаминов в пищевых продуктах

The effect of microwaves on the fat component and preserve vitamins in foods

V.M. Kodentsova¹, A.A. Kochetkova¹,
 D.V. Risnik², V.A. Sarkisyan¹,
 V.V. Bessonov¹

¹ ФГБНУ «НИИ питания», Москва

² ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»

¹ Institute of Nutrition, Moscow

² M.V. Lomonosov Moscow State University

Использование микроволновой печи обеспечивает удобный способ для разогрева, оттаивания и приготовления пищи. Проанализирована информация о влиянии микроволн сверхвысокой частоты (СВЧ) на качество растительных масел, жирового компонента пищевых продуктов, а также сохранность водорастворимых витаминов и витамина Е. Потеря витамина Е и накопление продуктов окисления жиров напрямую зависят от используемой мощности микроволновой печи и продолжительности воздействия микроволн на пищевой продукт. Воздействие волн СВЧ на жировые и жиросодержащие пищевые продукты минимально при длительности обработки менее 3 мин при средней мощности 500 Вт. Пищевая ценность блюд, приготовленных с использованием микроволновой печи (при условии, что потребители следуют инструкции) и при помощи традиционных методов кулинарии, а также интенсивность образования продуктов окислительной порчи сопоставимы. Представлены сведения об использовании в качестве природных антиоксидантов полифенолов из различных растительных экстрактов (листья оливы, лаванды, белого и зеленого чая и др.). Содержание витамина С в овощах, приготовленных в микроволновой печи, выше, чем при отваривании или запекании. Сохранность витаминов группы В (В₁, В₂, ниацин) в мясных блюдах, приготовленных с использованием микроволновой печи, сравнима или даже выше, чем при традиционных способах кулинарной обработки. Химические (образование канцерогенов) и микробиологические риски, связанные с приготовлением в микроволновой печи, зачастую ниже, чем в традиционной кулинарии. Приготовление блюд в микроволновой печи при условии выполнения инструкции (время приготовления, необходимое для достижения надлежащей температуры, и мощность) обеспечивает полную гибель большинства микробов и гельминтов. В связи с потенциальной возможностью миграции химических веществ из материалов, в которых происходит нагрев пищевых продуктов, следует готовить пищу в микроволновой печи только

в специально предназначенной для этих целей посуде. Отрицательного влияния приготовленной в микроволновой печи пищи на функциональное состояние организма не выявлено. Различия пищевой ценности блюд, приготовленных с использованием СВЧ и традиционных способов, минимальны. При разработке жировых компонентов (модулей) для обогащенных и функциональных пищевых продуктов, особенно полуфабрикатов или продуктов, подлежащих оттаиванию и/или разогреву, следует принимать во внимание возможное влияние тепловой обработки на сохранность их качества. Поиск природных компонентов, оказывающих защитное (от влияния тепловой обработки) действие на жировой компонент, по-прежнему остается актуальной задачей.

Ключевые слова: микроволновая печь, полиненасыщенные жирные кислоты, окислительная порча жиров, витамин E, витамины группы B, антиоксидантная активность растительных экстрактов

The use of microwave oven provides a convenient way to thaw, cook or reheat foods nowadays. Safety of microwave cooking of food is still the subject of research. Wave of interest is caused on the one hand the emergence of new research methods that enable detailed characterization of the processes occurring in the food under the influence of microwaves, on the other hand, – to clarify the influence of the individual components of the diet (trans-fatty acids, the products of oxidation of fats and lipids, conjugated alpha linolenic acid, gamma-aminobutyric acid and others) on human health. Analysis of the collected information on the effect of microwaves on the quality of the vegetable oils, fat component of food, as well as the preservation of water-soluble vitamins and vitamin E is presented. Most studies show that the loss of vitamin E and the formation of fat oxidation products are directly dependent on the power used, and the microwave heating time. Microwave exposure on fat and fatty foods during less than 3 minutes at average power 500 watts is minimal. Nutritional value of dishes cooked using microwave ovens and using traditional cooking methods are comparable. Information about the use as natural antioxidants polyphenols from various plant extracts (olive leaves, lavender, green and white tea, etc.) are presented. Content of vitamin C in vegetables cooked in a microwave oven is higher than by boiling or baking in most cases. Vitamins (B₁, B₂, niacin) retention in microwaved foods is equal or better than conventionally prepared foods because of the shorter heating time. Chemical (formation of carcinogens) and microbiological risks associated with microwave cooking, is often lower than in traditional cooking. Microwave cooking (if cooking time required to reach the proper temperature, and power) provides the most complete destruction of germs and worms. The microwave cook of food should be done only in specially designed for this purpose container in connection with the possibility of migration of chemicals from materials in that heats food. Negative influence of microwave cooking food on the functional state of an organism is not revealed. Thus, differences in the nutritional value of dishes prepared using the microwave and traditional way, are minimal. Nevertheless, the possible influence of heat treatment on the keeping quality of the fat components (modules) for fortified and functional foods, especially semifinished products or products to be thawed and / or heating should be taken into account. Search natural ingredients, to possess protective (from the influence of the heat treatment) effect on the fat component, remains an urgent task.

Keywords: microwave, PUFA, oxidative deterioration of fats, vitamin E, vitamin B group, antioxidant activity of plant extracts

Использование микроволнового излучения для разогрева и приготовления пищи, оттаивания замороженных пищевых продуктов имеет длинную историю. Впервые идея приготовления пищи

с помощью микроволн появилась во время Второй мировой войны, когда было обнаружено, что птицы, столкнувшиеся с мачтой радара, падали на землю фактически хорошо приготовленными.

Заметку об использовании микроволн для оттаивания мясных туш можно найти в газете «Труд» за 13 июня 1941 г. В настоящее время в пищевой промышленности нагревание с помощью микроволн используется для приготовления продуктов, сушки, пастеризации [1].

В современных условиях бытовые микроволновые печи получили широкое распространение и в домашнем, и в общественном питании. В первую очередь это обусловлено тем, что в среднем приготовление в микроволновой печи занимает около 20% от времени, необходимого для приготовления того же блюда в обычной печи. При этом в зависимости от типа пищи, потребление электроэнергии снижается примерно на 20%. В СССР микроволновые печи выпускались с начала 1980-х гг. ГОСТ 14087-88 «Электроприборы бытовые. Общие технические требования» регламентировал некоторые характеристики СВЧ-печей. Однако несмотря на столь длительное применение, вопросы о качестве и безопасности пищи, приготовленной в микроволновой печи, по-прежнему время от времени вызывают как общественный, так и научный интерес. В 2005 г. Департаментом продовольствия и гигиены окружающей среды Гонконга было проведено специальное исследование по оценке риска использования микроволновых печей для приготовления пищи и риска от употребления пищи, приготовленной с их помощью [2]. Поток интереса к безопасности пищи, приготовленной в микроволновой печи вызван, с одной стороны, появлением новых методов исследования, позволяющих детально охарактеризовать процессы, происходящие в пищевом продукте под воздействием микроволн, с другой – выяснением влияния отдельных компонентов рациона (трансизомеры жирных кислот, продукты окисления жиров и липидов, конъюгированная альфа-линоленовая кислота, гамма-аминомасляная кислота и др.) на здоровье человека. В связи с этим возникла необходимость анализа накопившейся информации о влиянии микроволновой обработки на качество и безопасность пищевых продуктов.

Принципы приготовления в микроволновой печи

Электромагнитные волны – электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью. Они включают гамма-лучи, рентгеновские лучи, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное излучение, микроволны и радиоволны. Микроволновые печи относятся к источникам электромагнитных волн в диапазоне частот от 300 до 300 000 МГц. Микроволны могут проникать через стекло, бумагу, пластик и керамику, поглощаются водой и пищевыми продуктами и

отражаются от металлов [3–6]. Переменное электромагнитное поле, создаваемое внутри микроволновой печи, может привести к возбуждению, вращению и столкновению полярных молекул и ионов внутри пищи. Эти молекулярные трения генерируют тепло, что впоследствии и приводит к повышению температуры. Представить, каким образом генерируется тепло внутри пищи, можно основываясь на понятиях о биполярных и ионных взаимодействиях. Молекула воды представляет собой диполь с одним положительно и одним отрицательно заряженным концом. Подобно действию магнита, эти диполи ориентируются в электромагнитном поле. После поглощения микроволновой энергии полярные молекулы воды внутри пищи начинают вращаться в соответствии с чередующимся электромагнитным полем. Трение, вибрация и вращение молекул воды и генерирует тепло, необходимое для приготовления пищи [4, 6]. Ионные соединения (т.е. растворенные соли, основания и некоторые кислоты) в пищевых продуктах также подвергаются воздействию электромагнитного поля, начинают сталкиваться с другими молекулами, излучая тепло [4, 6]. Из сказанного становится очевидным, что состав пищевого продукта или блюда будет влиять на процесс его нагревания в микроволновой печи. Продукты с высоким содержанием влаги и/или солей будут нагреваться быстрее. Даже несмотря на то что молекулы жира значительно менее полярны, чем молекулы воды, у пищевых продуктов с высоким содержанием жира скорость нагрева выше [4, 7] вследствие меньшей теплоемкости.

Еще в ранних исследованиях было показано, что пищевая ценность белков в пищевых продуктах, приготовленных традиционными методами (запекание в духовке, варка, жарка) и с помощью СВЧ-нагрева, сопоставима [4]. Воздействие СВЧ-нагрева не влияет на аминокислотный скор и белковый качественный показатель (соотношение триптофана и оксипролина), а также на содержание доступного лизина по сравнению с соответствующими показателями в полуфабрикатах котлет, приготовленных традиционным способом [8].

Предварительная микроволновая обработка в течение 40 с муки из обезжиренных рисовых отрубей позволяет увеличить выход растворимого белка до 78,4%, что в 2,7 раза превышает количество белка, полученного обычным кипячением в течение 1 мин [9]. Нагрев измельченных рисовых отрубей в микроволновой печи в течение 3 мин не отражался на содержании белка, жира, линолевой и линоленовой кислот по сравнению с не подвергнутыми тепловой обработке отрубями [10].

Микроволновая обработка замороженных хлебобулочных изделий широко используется в пище-

вой промышленности. При этом из-за снижения пластификации биополимеров структура изделий ухудшается, становясь более жесткой и резиноподобной. Для решения этой технологической проблемы используются ингредиенты с высокой водопоглощающей способностью и высоким содержанием полярных липидов. Так, добавление в тесто на основе пшеничной муки соевого белка (20%) приводит к улучшению пластичности готового изделия по сравнению со свойствами продукта, приготовленного по традиционной рецептуре [11].

Показано, что способ приготовления (до состояния полной готовности) сладкого картофеля не влияет на содержание в нем липидов и белка. Микроволны не приводят к деструкции полисахаридов сладкого картофеля. Приготовленный в микроволновой печи сладкий картофель (1000 Вт, 5 мин) имеет тот же гликемический индекс (от 63 до 66), что и картофель, запеченный при 163 °С в течение 1 ч, или высушенный при 60 °С в течение 16 ч, а затем пропаренный в течение 45 мин при 100 °С [12].

Минеральные вещества, как правило, не разрушаются в процессе приготовления пищи, в том числе при микроволновой обработке. Однако существенные потери минеральных веществ могут происходить при отваривании вследствие их перехода в отвар или стекания сока из мяса. Тем не менее исследование тушеной говядины, приготовленной в микроволновой печи и обычным способом, обнаружило, что значительно больше фосфора и калия сохраняется при приготовлении в микроволновой печи [4].

Влияние СВЧ-нагрева на жировой компонент продуктов и содержание витамина Е

К факторам, вызывающим окислительную порчу жиров, относятся нагревание, свет и ионизирующее облучение. Поскольку по своей природе микроволны представляют собой электромагнитное излучение с низкой энергией, можно было бы предположить, что они могут влиять на окисление липидов. Именно поэтому основной массив публикаций посвящен исследованию влияния микроволнового облучения на жировой компонент продуктов. Исследования выполняются по нескольким направлениям: изучают влияние микроволн на различные жиросодержащие продукты, растительные масла, а также проводят сравнительные исследования с другими способами нагрева.

Растительные масла

Растительные масла (подсолнечное, оливковое) содержат витамин Е и служат весомым источником этого витамина в рационе [13]. Соевое масло

является одним из самых популярных в мире. В 2012 г. его потребление составляло 28% от суммарного потребления всех растительных масел. Это масло характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) семейства ω -3, вследствие чего оно весьма подвержено окислительной порче.

В ходе исследования зависимости физических и химических характеристик трех сортов оливкового масла от длительности нагрева в микроволновой печи (1000 Вт в течение 1, 3, 5, 10 и 15 мин) было обнаружено, что воздействие микроволн не влияет на гидролиз глицеридов (не изменяет общее кислотное число) [14]. Однако с увеличением продолжительности термообработки у масла снижается пищевая ценность. В первые 3 мин заметных изменений не происходит, однако затем качество масел ухудшается, что сопровождается уменьшением содержания хлорофилла с 3,5–6 до 2–4,5 мг/кг, каротиноидов с 2,5–3 до 0,5 мг/кг, а также альфа-токоферола. Через 15 мин воздействия микроволнами витамин Е не обнаруживается (полное исчезновение поляризационной кривой, характерной для альфа-токоферола при анализе методом вольтамперометрии).

Экспозиция в микроволновой печи (2450 МГц, 900 Вт) в течение 4, 8, 12, 16 и 20 мин отбеленного рафинированного дезодорированного пальмового масла вызывала зависящее от времени и мощности постепенное увеличение количества гидроперекисей и вторичных продуктов окисления, повышение уровня свободных жирных кислот, снижение уровня ненасыщенных жирных кислот и йодного числа, а также изменение параметров плавления [15]. Нагрев масла канолы, оливкового и кукурузного масел в микроволновой печи (2450 МГц, 900 Вт) уже в течение 6 мин сопровождается нарастанием количества конъюгированных диеновых соединений и увеличением кислотного числа [16]. Нагрев (2450 МГц, 720 Вт, 1–15 мин) соевого, подсолнечного и арахисового масел показал, что соевое масло более подвержено окислению по сравнению с двумя другими маслами [17]. СВЧ-нагрев (800 Вт, 30 мин) соевого, арахисового и пальмового масел приводит к очень незначительному изменению профиля жирных кислот [18]. При этом следует подчеркнуть, что последнее исследование носит скорее качественный характер, так как никаких статистических данных по исследованию жирнокислотного состава в нем не представлено.

Как уже отмечалось выше, преимуществом нагревания под действием микроволн по сравнению с конвекционным нагреванием является скорость достижения необходимой температуры, что снижает продолжительность воздействия высоких температур. Вместе с тем в литературе можно встретить описание экспериментов, в которых

при исследовании влияния нагрева в микроволновой печи продукт подвергают обработке микроволнами в течение того же времени, что и при традиционной термической обработке. Это означает, что исследователи заведомо нарушают инструкцию производителей по пользованию СВЧ-печью и подвергают исследуемый образец обработке по длительности, в несколько раз превышающей время, необходимое для полной готовности продукта. В одном из таких исследований разные масла (подсолнечное, оливковое и ляд) подвергали 3 способам обработки. Обработка заключалась в выдерживании в микроволновой печи при половинной мощности в течение 2 ч (при этом температура, измеряемая каждые 30 мин, оставалась на уровне 170 °С), нагреве в электрической духовке в течение 2 ч до 180 °С и экспозиции микроволнами в течение 2 ч без повышения температуры свыше 40 °С [19, 20]. По результатам такого эксперимента был сделан вывод о том, что нагревание в микроволновой печи в течение 2 ч сопровождается увеличением перекисного числа, снижением уровня альфа-токоферола на 72–100% против 39–72% при нагревании в духовке, уменьшением уровня сквалена, увеличением количества трансизомеров жирных кислот. При этом нагрев в микроволновой печи при температуре 40 °С в течение 2 ч не приводит к увеличению перекисного числа, но сопровождается снижением концентрации токоферола на 6–20%.

Масло орехов бару (*Dipteryx alata* Vog.) холодного механического отжима используется в Бразилии в пищевой и фармацевтической промышленности и служит источником витаминов, жирных кислот и антиоксидантов. В ходе исследования влияния продолжительности нагрева в микроволновой печи на физико-химические параметры (перекисное число, профиль жирных кислот, содержание индивидуальных токоферолов, антиоксидантная активность и устойчивость к окислению) масла бару и нерафинированного соевого масла было установлено, что СВЧ-нагрев до 3 мин (1000 Вт) не оказывал существенных неблагоприятных изменений на оба масла [21]. Однако более длительное нагревание масел вызывало резкое падение содержания витамина Е. Содержание альфа-токоферола в масле бару через 5 мин воздействия снижалось с 7,63 до 1,16 мг на 100 г. Сохранность витамина Е в соевом масле была более высокой, заметное снижение его содержания (с 8,72 до 6,85 мг/100 г) происходило только через 10 мин. Содержание ПНЖК через 10 мин снижалось примерно на 1% в обоих маслах (с 29,2 до 28,1% в масле бару и с 61,2 до 60,0% в соевом масле в основном за счет деградации линолевой (C18:2) и линоленовой (C18:3) кислот. Через 15 мин термообработки содержание трансизомер-

ров жирных кислот в обоих растительных маслах увеличивалось (до 0,09% в масле бару и до 0,07% в соевом масле).

Нагрев в микроволновой печи в течение 2, 4, 8, 12, 16 и 20 мин смеси пальмового масла, содержащего природные антиоксиданты (токоферолы и β-каротин), и рапсового масла, содержащего наименьшее количество насыщенных жиров (7%), в соотношении 40:60 сопровождался образованием меньшего количества продуктов окислительной деградации по сравнению с таковым при нагревании чистого рапсового масла [22]. Результаты этого эксперимента вполне предсказуемы с точки зрения теоретического анализа рисков появления продуктов перекисного окисления липидов: риск появления продуктов перекисного окисления снижается с увеличением содержания как насыщенных жирных кислот, так и антиоксидантов.

Изучение деградации каротиноидов в оливковом масле экстра-класса с помощью Рамановской спектроскопии комбинационного рассеяния показало, что их разрушение начиналось при нагревании до 180 °С в микроволновой печи (700 Вт, 15 мин при перемешивании каждые 2 мин) и до 140 °С при обычном конвекционном нагреве [23]. Полосы, характерные для каротиноидов, полностью исчезли при 203 °С при обычном нагреве, в то время как эти полосы еще можно было наблюдать при СВЧ-нагреве даже до 225 °С. Авторы сделали вывод о том, что медленный и менее однородный процесс обычного нагрева значительно более агрессивен по сравнению с более быстрым и однородным процессом нагрева в микроволновой печи до более высоких температур. Кроме того, следует отметить, что неучтенным остается влияние величины поверхности соприкосновения масла с воздухом, а также возможного образования эмульсий при конвекционном нагреве на границе масло – воздух. Образование эмульсий, значительно увеличивающих поверхность взаимодействия, может индуцировать существенный рост накопления продуктов окисления липидов кислородом воздуха.

Обычно для предотвращения окислительной порчи в растительные масла добавляют синтетические антиоксиданты. Наиболее часто используют бутилгидроксианизол (ВНА), бутилгидрокситолуол (ВНТ), третбутилгидрохинон (ТВНҚ) и пропилгаллат (РГ). ВНА и ВНТ довольно неустойчивы и разлагаются при повышенных температурах, следовые количества ТВНҚ и РГ обнаруживаются в растительных маслах даже после проведения дезодорирования (дезодорацию ведут при температуре масла 200–230 °С).

В последние годы начали предприниматься попытки использования для этих целей природных антиоксидантов – экстрактов полифенолов из листьев оливы, виноградных косточек и кожуры

винограда [24, 25]. В качестве источников природных антиоксидантов для обогащения масел, используемых для жарки, добавляют также другие растительные экстракты: экстракты орегано в пальмовое масло [26]; порошок орегано – в хлопковое масло [27]; экстракты розмарина и шалфея – в пальмовое [28] и рапсовое масла [29]; спиртовой экстракт чабера (*Satureja hortensis* L.) – в подсолнечное масло [30]; экстракт листьев чая [31] и экстракт овса – в хлопковое масло [32]; порошок шпината – в соевое масло [33]; экстракты иссопа, кошачьей мяты, лимона, орегано, шалфея и тимьяна – в подсолнечное масло [34], а также экстракты листовых овощей (капуста, листья кориандра, шпинат) – в подсолнечное и арахисовое масла [35]. Результаты применения некоторых растительных экстрактов суммированы в табл. 1.

Добавление порошка шпината (*Spinacia oleracea*) в муку для изготовления теста, пластинки которого

быстро поджаривали в соевом масле, приводило к снижению окисления липидов в готовом продукте, особенно при его дальнейшем хранении [33]. Авторы объясняют антиоксидантный эффект высоким содержанием в шпинате хлорофилла (до 596 мг%), каротиноидов (до 43 мг%), а также феофитина, образующегося из хлорофилла при нагревании.

В работе Beddows и соавт. [36] была испытана способность экстрактов некоторых трав и пряностей (розмарина, тимьяна, куркумы, шалфея, орегано и тмина) поддерживать сохранность токоферола в подсолнечном масле при нагревании. Экстракты всех перечисленных растений замедляли окислительную порчу и оказывали защитный эффект на витамин Е. Те же эффекты наблюдали при сниженной в 2 раза концентрации экстрактов. Экстракты кардамона и кориандра, наоборот, оказывали прооксидантный эффект. Экстракты свежего шалфея, полученные экстрагированием

Таблица 1. Использование растительных экстрактов для предотвращения окислительной порчи растительных масел

Добавка	Метод экстракции	Доза	Обработка	Положительный эффект	Отрицательный эффект
Порошок шпината (<i>Spinacia oleracea</i>) в тесто [33]	–	5–25 г/100 г муки	Жарка теста на соевом масле, 1 мин, при 160 °С	Снижение окисления липидов	–
Экстракты розмарина, тимьяна, куркумы, шалфея, орегано и тмина в масло [36]	Этилацетат или гексан, или метанол	200 мг/100 г, 100 мг/100 г	Подсолнечное масло, нагревание до 85–100 °С	Увеличение сохранности витамина Е, замедление окислительной порчи	–
Экстракты кардамона и кориандра [36]	Этилацетат или гексан, или метанол	200 мг/100 г	Подсолнечное масло, нагревание до 85–100 °С	–	Прооксидантный эффект
Полифенолы из листьев оливы [37]	50 г листьев на 250 мл метанола, комнатная температура 3 дня	20 мг/100 г	Оливковое, подсолнечное, пальмовое масла, без обработки	Увеличение антиоксидантной емкости и стабильности масел	–
Экстракт листьев оливы [38]	5 г лиофилизированных листьев оливы на 250 мл воды, кипячение 45 мин, лиофилизация	100 мг/100 г	Соевое масло, без обработки	Увеличение концентрации гамма-токоферола	Увеличение концентрации трансизомеров
			Соевое масло, нагревание в микроволновой печи (1000 Вт) 15 мин	Ингибирование образования пероксидов, замедление окисления линолевой и альфа-линоленовой кислоты	Снижение содержания гамма-токоферола
Экстракт белого и зеленого чая [39]	2 г белого и зеленого чая на 250 мл воды, кипячение 45 мин, лиофилизация	100 мг/100 г	Оливковое масло, нагревание в микроволновой печи (1000 Вт) 3 мин	Антиоксидантное действие	–
			Оливковое масло, нагревание в микроволновой печи (1000 Вт) 5–10 мин	–	Увеличение окисления ПНЖК, деградация токоферолов
Эфирные масла из листьев и соцветий лаванды [40]	180 г на 2 л воды, отгонка в аппарате Клевенджера 150 мин	100 мг/100 г	Соевое масло, нагревание в микроволновой печи (1000 Вт) 15 мин	–	Потери альфа-токоферола

органическими растворителями, оказывали достоверный защитный эффект на витамин Е.

Добавление полифенолов (олеоуропеин, гидрокситирозол, кверцетин) из листьев оливы в масла (оливковое, подсолнечное, пальмовое) приводило к увеличению антиоксидантной емкости и стабильности масел [37].

Добавление в соевое масло лиофилизированного водного экстракта листьев оливы достоверно ($p < 0,001$) увеличивало концентрацию гамма-токоферола с 58,4 до 73,4 мг на 100 г, однако при этом повышалась и степень его термической деградации, составив к 15-й минуте нагрева в микроволновой печи (1000 Вт) 33,4 против 24,4% в исходном соевом масле [38]. Содержание альфа-токоферола (витамин Е) через 15 мин нагрева снижалось на 30% в контрольном образце и на 53% в образцах масла с экстрактом оливковых листьев. До начала нагрева (в нулевой момент времени) количество трансизомеров в масле с добавкой растительного экстракта было достоверно выше, составив 0,69 против 0,63% в исходном соевом масле. Добавление экстракта (1 мг на 1 мл масла) ингибировало образование пероксидов, несколько замедляло окисление линолевой и альфа-линоленовой кислот.

При использовании в качестве добавки к оливковому маслу экстра-класса лиофилизированных водных экстрактов белого или зеленого чая было обнаружено, что до 3 мин нагрева в микроволновой печи (1000 Вт) эти добавки выступают в роли антиоксидантов. При более длительном нагреве (5 и 10 мин) экстракты чая усиливали процессы окисления ПНЖК и деградации токоферолов [39].

В качестве антиокислителя были испытаны также эфирные масла, выделенные из листьев и соцветий лаванды *Lavandula latifolia Med* [40]. Аналогично экстрактам из белого и зеленого чая экстракт лаванды усиливает потери альфа-токоферола (с 30 до 52%) через 15 мин нагревания в микроволновой печи.

Мясные продукты

Основными продуктами – источниками животного жира – в рационе человека наряду с молоком и рыбой являются мясо и мясопродукты.

Большинство исследований свидетельствует о большей потере жира при приготовлении мясных продуктов в микроволновой печи, чем при жарке или приготовлении на гриле [41].

Способ приготовления куриной грудки (традиционный или в СВЧ-печи) не вызывает существенных различий в содержании продуктов взаимодействия с тиобарбитуровой кислотой [41]. Вместе с тем в некоторых исследованиях показано, что нагревание при традиционном методе приготовления пищи оказывает больший эффект на окисление жиров, чем микроволновая обработка.

Это было продемонстрировано при исследовании гидролиза триглицеридов в сое, яичном желтке и различных сортах мяса; изменения профиля жирных кислот в куриных и говяжьих котлетах, курином и говяжьем жире, сале, радужной форели и арахисовом масле; изменения параметров перекисного окисления ПНЖК в мясе, яичном желтке и курице [4, 42].

Известно, что в ходе приготовления мясных изделий в них повышается содержание продуктов окисления холестерина, обладающих цитотоксическим эффектом, причем около 30% из этих продуктов окисления всасываются в кишечнике [43]. Было проведено сравнительное исследование содержания продуктов окисления холестерина в куриных (с более высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот) и говяжьих котлетах, приготовленных в микроволновой печи (900 Вт в течение 3 мин) и поджаренных обычным способом по 3 мин с каждой стороны в 10 мл разогретого до 180 °С оливкового масла. Конечная температура внутри изделия составила 75–80 °С. Исследование показало, что приготовление в микроволновой печи не оказывает влияния на профиль жирных кислот в обоих типах котлет, в то время как поджаривание приводит к относительному увеличению содержания олеиновой и эйкозапентаеновой кислот за счет разрушения линолевой и докозагексаеновой кислот. При этом в ходе поджаривания изменилось соотношение ω -6/ ω -3 жирных кислот в котлетах из говядины с 10,67 (в сыром мясе) до 5,37. Содержание продуктов окисления холестерина увеличивалось в 5,3–6,1 раза при приготовлении в микроволновой печи и в 1,5–2,6-раза при традиционной жарке. Как в сырых, так и в приготовленных куриных котлетах содержание продуктов окисления холестерина было в 2 раза выше, чем в соответствующих изделиях из говядины [43].

Сравнение жирнокислотного состава жирового компонента говядины, приготовленной отвариванием (при 80 °С, 60 мин на водяной бане), в микроволновой печи (2450 МГц, 900 Вт, 2 цикла нагревания по 1 мин 45 с) или на электрогриле (при 225 °С в течение 30 мин), показало, что суммарное содержание ПНЖК по отношению к таковому в сыром мясе уменьшалось примерно в одинаковой степени, происходило уменьшение суммы ω -6 и ω -3 ПНЖК (без изменения их соотношения). В отварном мясе усилились окислительные изменения (содержание малонового диальдегида увеличилось с 0,06 до 0,10 мг/кг) [44].

В ходе сравнения влияния разных способов приготовления ломтиков свинины [гриль (190 °С по 2 мин с каждой стороны), микроволновая печь (450 Вт, 90 с, 80 °С) и жарение (150 °С, 20 мин)] на окисление липидов и образование продуктов окисления холестерина было показано, что при

всех способах тепловой обработки в готовом мясе достоверно повысилось содержание продуктов окисления липидов и холестерина по сравнению с параметрами сырого мяса. Показатели мяса, приготовленного при помощи СВЧ-печи, заняли промежуточное положение между показателями для мяса, приготовленного на гриле и жарением [45].

Рыбные продукты

Сравнение разных способов приготовления рыбы (отваривание в подсоленной воде и без соли, жарение, приготовление в микроволновой печи с добавлением и без добавления воды) показало, что приготовление с использованием микроволн в большей степени сохраняет ω -3 жирные кислоты и не приводит к существенному увеличению содержания продуктов окисления жиров по сравнению с традиционными способами кулинарной обработки. Суммарное количество эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот в рыбе после отваривания, приготовления в микроволновой печи и жарения составило соответственно 12 мг/100 г, 22 мг/100 г и 23 мг/100 г (в сырой рыбе 16,5 мг/100 г) [46].

Трансизомеры жирных кислот

Трансизомеры жирных кислот чаще всего образуются в процессе каталитического гидрирования пищевых масел, однако трансизомеры жирных кислот могут образовываться и в процессе нагрева масел. Кроме того, отдельные трансизомеры жирных кислот являются природными компонентами некоторых видов жиров. Животные жиры, включая сливочное масло, молочный жир, сало содержат небольшие количества трансизомеров жирных кислот (2–5%). Рафинированное дезодорированное растительное масло может содержать 1–2% трансизомеров кислот, образующихся в ходе технологического процесса [47]. Потребление более 5 г в день трансизомеров ненасыщенных жирных кислот рассматривается как модифицируемый фактор риска для здоровья, который можно исключить или значительно уменьшить [48]. Чтобы свести к минимуму потребление трансизомеров жирных кислот за счет пищевых продуктов промышленного производства, некоторые страны ввели обязательную маркировку или законодательно регламентировали ограничения на их содержание в продукте. Однако большинство стран по-прежнему полагаются на производителей пищевых продуктов, предполагая, что те добровольно уменьшат содержание трансизомеров в пище. В 2005 г. был проведен анализ пищевых продуктов с содержанием жира более 15% (17 порций картофеля фри и куриных наггетсов, 90 упаковок попкорна и 442 образца бисквитов,

тортов, вафель с частично гидрогенизированными растительными маслами, указанными в составе продукта). Наибольшее содержание трансизомеров (10–15 г на 100 г продукта) было выявлено в Венгрии, Польше и Чехии. Во Франции, Германии и Великобритании содержание трансизомеров в аналогичных продуктах слегка превышало 2 г на 100 г. Согласно полученным данным, в 2005 г. потребление трансизомеров на уровне, превышающем 30 г, было зафиксировано в 5 странах ЕС в Восточной Европе, 20–30 г – в 8 странах ЕС в Западной Европе. В 2009 г. потребление в Венгрии, Польше и Чехии оставалось высоким (между 10 и 20 г), в то время как в Германии, Франции и Великобритании оно не превышало 2 г/сут [49].

Традиционные методы нагрева молока не вызывают значительного увеличения содержания в нем трансизомеров жирных кислот. Нагревание сырого молока при $63 \pm 1,0$ °С в течение 30 мин (пастеризация) приводит к повышению на 19% содержания трансизомеров (с 1,69 до 2,01%) по сравнению с сырым молоком, тогда как нагрев молока в микроволновой печи в течение 5 мин приводит к увеличению содержания трансизомеров на 31% (с 1,69 до 2,22%) [50].

В 1980-х гг. в животных жирах была обнаружена конъюгированная линоленовая кислота (КЛК), обладающая различными физиологическими эффектами [см. 51]. Изомер C18:2 cis-10, trans-12 оказывает влияние на перераспределение жира в организме, на потерю массы тела за счет снижения жировой массы, изомер C18:2 cis-9, trans-11 обладает противоопухолевым действием. Большинство цельномолочных продуктов содержит КЛК в количествах от 6 до 16 мг на 1 г общего жира, в меньших количествах КЛК содержится в мясе. От 85 до 95% этой жирной кислоты представлены C18:2 cis-9, транс-11-изомером. По разным оценкам, ежедневно с пищей человек может получать от 150 мг до 1,5 г КЛК. Для поддержания оптимального состояния здоровья необходимо потреблять около 3 г КЛК [51]. В настоящее время за рубежом осуществляется производство пищевых продуктов, обогащенных КЛК. Обычно обогащение молока производят с таким расчетом, чтобы при потреблении двух его порций поступало около 2,4 г КЛК. Показано, что тепловая обработка молока может изменять профиль жирных кислот: так, стерилизация молока приводит к уменьшению содержания КЛК [52]. Нагревание сыра в микроволновой печи в течение 5 мин сопровождается уменьшением содержания КЛК на 21% по сравнению с ее содержанием в свежем сыре, а при нагревании в течение 10 мин – на 53% [50].

Гамма-аминомасляная кислота содержится во многих видах пророщенных зерен (ячмень, коричневый рис). Сравнение разных способов приго-

товления (кипячение в дистиллированной воде при 98–100 °С в течение 20 мин; обработка паром при 95–100 °С в течение 40 мин; приготовление в микроволновой печи – 2450 МГц, 800 Вт, 10 мин) пророщенных бобов маша, замоченных в течение 3 ч при комнатной температуре в дистиллированной воде (1:5), показало, что потери гамма-аминомасляной кислоты при приготовлении в микроволновой печи были наименьшими по сравнению с другими способами [53]. В готовом блюде ее содержание составило 18,34 мг на 100 г сухого вещества по сравнению с исходным содержанием 80,68 мг/100 г.

Влияние СВЧ-нагревания на содержание водорастворимых витаминов

В 1980-е гг. когда микроволновые печи внедрялись и приобретали все более широкое использование в быту, были проведены сравнительные исследования сохранности витаминов при приготовлении различных блюд традиционным способом и с использованием СВЧ-печи (табл. 2 и 3). Результаты были подытожены в обзоре [41]. Единственное выявленное различие – более значительное при воздействии микроволн образование вытекающего из готовящегося продукта сока, который содержит витамины группы В. Как следует из табл. 2, сохранность витаминов группы В при использовании микроволновой печи сопоставима с таковой при приготовлении в духовом шкафу или жарении на сковороде. В жарком и мясном рулете сохранность витаминов группы В даже выше, чем при приготовлении традиционным способом.

Таблица 2. Содержание витаминов группы В в мясных продуктах, приготовленных в микроволновой печи (492–1054 Вт), в % от содержания в аналогичных продуктах, приготовленных в духовом шкафу

Продукт	Содержание витамина, %		
	В ₁	В ₂	ниацин
Говядина	89	105	103
Жаркое из говядины	89	–	–
Говяжий рулет	105	–	–
Свинина	84	82	109
Жаркое из свинины	114	–	–
Баранина	106	87	94
Ветчинный рулет	96	–	–

Аналогичным образом при приготовлении блюда в микроволновой печи выше сохранность и витамина В₆ [41]. Сохранность фолатина также выше и составляет около 80% от исходного уровня, тогда как при традиционном способе приготовления колеблется от 10 до 50%.

В подавляющем большинстве случаев (см. табл. 3) содержание витамина С в овощах, приготовленных в микроволновой печи, выше, чем при отваривании или запекании.

Таблица 3. Содержание витамина С в овощах и фруктах, приготовленных в микроволновой печи, выраженное в % от содержания в аналогичных продуктах после отваривания или запекания (*)

Продукт	Содержание витамина С, %	
	свежий	замороженный
<i>Овощи</i>		
Спаржа	114	116
Брокколи	159	117
Брюссельская капуста	118	107
Капуста	176	–
Цветная капуста	176	142
Зеленая фасоль	116	–
Капуста	140	–
Перец	112*	–
Шпинат	159	181
Кабачок	–	111*
Помидор	96*	–
Репа	182	–
<i>Фрукты</i>		
Яблоко	248*	–
Клюква	97	–

Таким образом, обзор доступной литературы показал, что сохранность водорастворимых витаминов в приготовленных в микроволновой печи продуктах сопоставима или лучше, чем при традиционных способах кулинарной обработки. Вероятно, это связано с более коротким временем приготовления продукта в микроволновой печи [4, 54].

Химические риски, связанные с приготовлением пищи в микроволновой печи

Как известно, приготовление пищи с использованием высокой температуры (например, на гриле, при выпечке или жарке и т.д.) индуцирует образование потенциальных канцерогенов. Проведен ряд сравнительных исследований, направленных на изучение влияния методов приготовления (в микроволновой печи или традиционными способами) на образование в пищевых продуктах гетероциклических аминов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и нитрозаминов.

Гетероциклические амины относятся к группе соединений, образующихся в приготовленном при

высокой температуре мясе (гриль/барбекю, поджаривание). В мясе, приготовленном при температуре на уровне или ниже 100 °С (варка) и в течение более короткого времени, образуется меньше гетероциклических аминов. Образование некоторых типов гетероциклических аминов в куриных окорочках также снижается (по сравнению с обычной жаркой) при приготовлении в микроволновой печи [55]. Кроме того, также значительно уменьшает образование гетероциклических аминов предобработка мяса в микроволновой печи перед приготовлением барбекю [4, 56]. Содержание гетероциклических аминов в жареных в идентичных условиях котлетах из говядины снижалось в 3–9 раз при применении предварительной обработки в микроволновой печи [57]. Таким образом, можно сделать вывод, что использование микроволновой печи позволяет обеспечить приготовление пищи с меньшим количеством гетероциклических аминов.

Полициклические ароматические углеводороды относятся к группе органических химических веществ, содержащих 2 или более конденсированных ароматических кольца, которые образуются в пище при жарке, приготовлении на гриле, при приготовлении барбекю и копчении [58], а также при подгорании пищи [59]. Установлено, что полициклические ароматические углеводороды образуются в значительных количествах при жарке или разогреве говядины на кукурузном масле, тогда как при приготовлении и разогреве в микроволновой печи – в незначительных количествах [4].

Нитрозамины, относящиеся к потенциальным канцерогенам, могут образовываться в ходе реакции между нитритами и вторичным или третичным амином в некоторых видах пищевых продуктов при сушке или приготовления пищи. Исследования показали, что содержание нитрозаминов в жареном беконе значительно выше, чем в беконе, приготовленном в микроволновой печи [4]. Образование нитрозодиметиламина в сушеных морепродуктах также ниже при приготовлении в микроволновой печи или приготовлении путем пропарки, чем при приготовлении путем нагрева на газовой плите [60].

Сравнение содержания веществ-мутагенов в бараньих отбивных, филе и окороке ягненка, а также говядине не выявило различий между блюдом, приготовленным с помощью микроволновой печи, и блюдом, приготовленным традиционным способом [61]. Биохимические показатели опытных групп крыс, потреблявших рационы, приготовленные в микроволновой печи, и крыс, получавших рационы, приготовленные традиционным способом, достоверно не различались [62, 63]. Таким образом, в настоящее время нет научных доказательств, свидетельствующих об увеличении образования канцерогенных веществ при применении микроволн СВЧ.

Микробиологические риски, связанные с приготовлением пищи в СВЧ-печи

Поскольку для приготовления блюда в микроволновой печи требуется меньше времени и температура на поверхности пищевых продуктов может быть ниже, чем внутри, возникают опасения относительно того, полностью ли уничтожаются патогенные микроорганизмы при приготовлении в микроволновой печи. В результате многочисленных исследований был сделан вывод, что эффективность уничтожения микроорганизмов и спор при приготовлении в микроволновой печи сопоставима с традиционными методами при условии, что достигнута соответствующая температура и достаточное время тепловой обработки [4, 42, 64, 65]. Как правило, для полного уничтожения болезнетворных микроорганизмов при приготовлении сырой пищи животного происхождения температура каждого участка пищи должна достигать по меньшей мере 75 °С в течение 15 с [4]. Сравнительная оценка влияния на число клеток *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* двух способов нагревания: СВЧ-облучения (2450 МГц, 1037 Вт) и традиционного нагрева, – показала, что при +55 °С микроволновое воздействие приводило к более быстрому снижению числа клеток *S. aureus* по сравнению с традиционным способом нагревания, а при более высокой температуре (+60 °С) – к более медленному [66]. Личинки нематод *Anisakidae* погибают при приготовлении рыбы в СВЧ-печах [67]. Таким образом, приготовление блюд в микроволновой печи при условии выполнения инструкции (время приготовления, необходимое для достижения надлежащей температуры, и мощность) обеспечивает полную гибель большинства микробов и гельминтов. Описанные случаи заболеваний сальмонеллезом и др. являлись следствием незнания пользователями технических характеристик СВЧ-печи и/или несоблюдения инструкции, что и привело к неравномерному и неполному ее прогреву [68].

Влияние приготовленной в микроволновой печи пищи на функциональное состояние организма

У экспериментальных животных, получавших котлеты, приготовленные при СВЧ-нагреве, коэффициент эффективности белка (изменение массы тела крысят-отъемышей на 1 г потребленного белка) был достоверно выше (на 12%), чем у крыс, получавших мясорубленные изделия, приготовленные традиционным способом. Достоверных различий между показателями крови (общий белок, альбумин, глобулин, азот мочевины, глюкоза, холестерин, мочевая кислота, Са, Р) у животных, получавших котлеты, приготовленные разными способами, не выявлено [8].

Следует признать, что некоторые опыты, описанные в научной литературе, не выдерживают никакой критики. Примером могут служить эксперименты, проведенные на половозрелых самцах мышей (*Mus Musculus*) с массой тела 25–30 г. Контрольная группа животных получала в течение 4 нед гранулированный корм (Hindustan Lever Pvt. Ltd.) в достаточном количестве, вторая группа получала такой же корм, но в незначительном (!) количестве (причем неизвестно в каком именно) [69]. Корм экспериментальных мышей подвергали воздействию микроволнового излучения при 320 °C(!) в течение 10 мин (!). У животных, получавших корм, обработанный СВЧ-микроволнами, наблюдалось уменьшение количества сперматозоидов, изменение их морфологии. На основании этих опытов авторы делают выводы об опасности пищи, приготовленной в микроволновой печи. При этом следует обратить внимание, что в данном эксперименте отсутствовала группа мышей, корм которых подвергался хотя бы такой же по длительности (10 мин) и температуре тепловой обработке, но без воздействия микроволн. Таким образом, в данной постановке эксперимента отсутствовал контроль по воздействию тепловой обработки при 320 °C в обычной духовке. При этом если учитывать, что приготовление в микроволновой печи до полной готовности продукта занимает меньше времени, длительность такой тепловой обработки без воздействия микроволн должна была быть пропорционально увеличена. Не исключено, что наблюдаемый эффект является следствием разрушения в ходе столь интенсивной тепловой обработки ряда витаминов, аминокислот, следствием чего и стало нарушение сперматогенеза. На это указывают и показатели группы мышей, получавших недостаточное количество корма, т.е. с недостатком белка, витаминов и минеральных веществ. Между тем роль недостаточности витаминов в сперматогенезе достаточно хорошо изучена и описана в обзорах [70, 71].

Контакт пищевых продуктов с материалами, используемыми для приготовления в микроволновой печи

Существует возможность миграции химических веществ из материалов, в которых происходит нагрев пищевых продуктов. Расчеты, проведенные на основе данных по содержанию фталатов, поступивших из упаковки в пищевые продукты, которые были завернуты в ПВХ-пленку и разогреты в СВЧ-печи в течение 3 мин, показали, что нагрузка (на 1 человека с массой тела 60 кг) диэтилгексилфталата, обладающего токсичностью, превысила допустимое суточное поступление фталатов у 37% жителей Тайваня [72].

На основе проведенного анализа данных литературы можно сделать вывод о том, что пищевая ценность продуктов, приготовленных с использованием микроволновой печи, сопоставима с таковой у продуктов, приготовленных обычным способом. При разработке жировых компонентов (модулей) для обогащенных и функциональных пищевых продуктов, особенно полуфабрикатов или подлежащих оттаиванию и/или разогреву, следует принимать во внимание возможное влияние тепловой обработки на сохранность их качества. Поиск природных компонентов (антиоксидантов, синергистов антиоксидантов), обладающих защитным действием от влияния тепловой обработки на жировой компонент, по-прежнему остается актуальной задачей. Кроме того, при производстве жировых модулей заданного жирнокислотного состава для специализированных пищевых продуктов должно быть учтено влияние матрикса конечного продукта, поскольку скорость окислительной порчи липидов зависит и от степени эмульгирования и наличия в составе продукта пищевых волокон.

*Исследование выполнено при поддержке
Российского научного фонда
(грант №14-16-00055).*

Сведения об авторах

Коденцова Вера Митрофановна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией витаминов и минеральных веществ ФГБНУ «НИИ питания» (Москва)

E-mail: kodentsova@ion.ru

Кочеткова Алла Алексеевна – доктор технических наук, профессор, заведующая лабораторией пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБНУ «НИИ питания» (Москва)

E-mail: kochetkova@ion.ru

Рисник Дмитрий Владимирович – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры биофизики биологического факультета ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»

E-mail: biant3@mail.ru

Саркисян Варужан Амбарцумович – научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБНУ «НИИ питания» (Москва)

E-mail: sarkisyan@ion.ru

Бессонов Владимир Владимирович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов ФГБНУ «НИИ питания» (Москва)
E-mail: bessonov@ion.ru

Литература

- Chandrasekaran S., Ramanathan S., Basa T. Microwave food processing – A review // *J. Food Res. Int.* 2013. Vol. 52, N 1. P. 243–326.
- Microwave cooking and food safety. Risk Assessment Studies Report No. 19. Food and Environmental Hygiene Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2005. 28 p. URL: http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/files/microwave_ra_e.pdf
- Center for devices and radiological Health. Microwave oven radiation. U.S. Food and Drug Administration, 2000. (cited 04 Aug 17) URL: <http://www.fda.gov/cdrh/consumer/microwave.html>
- Hill A. and ILSI. Europe Microwave Oven Task Force. Microwave Ovens. Brussels : ILSI Europe, 1998. 21 p.
- Mullin J. Microwave processing // *New Methods of Food Preservation* / ed. G.W. Gould. London : Chapman and Hill, 1995. P. 112–134. doi: 10.1007/978-1-4615-2105-1_6.
- Ohlsson T. Domestic use of microwave ovens // *Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition* / eds M.R. Robinson, R.K. Sadler. London : Academic Press, 1993. Vol. 2. P. 1232–1237.
- Das A.K., Rajkumar V. Effect of different fat level on microwave cooking properties of goat meat patties // *J. Food. Sci. Technol.* 2011. Vol. 50, N 6. P. 1206–1211. doi: 10.1007/s13197-011-0443-8.
- Мглинец А.И., Слепак М.Е., Суханов Б.П., Устинова А.В. Влияние различных способов тепловой обработки на биологическую ценность мясных рубленых изделий пониженной калорийности, предназначенных для детского питания // *Вопр. питания.* 1989. № 3. С. 64–67.
- Bandyopadhyay K., Chakraborty C., Barman A.K. Effect of microwave and enzymatic treatment on the recovery of protein from Indian defatted rice bran meal // *J. Oleo Sci.* 2012. Vol. 61, N 10. P. 525–529.
- Ramezanzadeh F.M., Rao R.M., Prinyawiwatkul W., Marshall W.E. et al. Effects of microwave heat, packaging, and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran // *J. Agric. Food Chem.* 2000. Vol. 48, N 2. P. 464–467.
- Serventi L., Sachleben J., Vodovotz Y. Effect of soy addition on microwavable pocket-type flat doughs // *J. Food Sci.* 2011. Vol. 76, N 5. P. E392–E398.
- Allen J.C., Corbitt A.D., Maloney K.P., Butt M.S. et al. Glycemic index of sweet potato as affected by cooking methods // *Open Nutr. J.* 2012. Vol. 6. P. 1–11.
- Коденцова В.М., Кочеткова А.А., Смирнова Е.А., Саркисян В.А. и др. Состав жирового компонента рациона и обеспеченность организма жирорастворимыми витаминами // *Вопр. питания.* 2014. Т. 83, № 6. С. 4–17.
- Malheiro R., Oliveira I., Vilas-Boas M., Falcao S. et al. Effect of microwave heating with different exposure times on physical and chemical parameters of olive oil // *Food Chem. Toxicol.* 2009. Vol. 47. P. 92–97.
- Tan C.P., Che Man Y.B., Jinap S., Yusoff M.S.A. Effects of microwave heating on the quality characteristics and thermal properties of RBD palm olein // *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 2002. Vol. 3. P. 157–163.
- Vieira T.M.F.S., Regitano-D'Arce M.A.B. Stability of oils heated by microwave: UV— spectrophotometric evaluation *Food Science and Technology (Campinas)* // *Cienc. Tecnol. Aliment.* 1998. Vol. 18, N 4. P. 433–437.
- Chiavaro E., Rodriguez-Estrada M.T., Vittadini E., Pellegrini N. Microwave heating of different vegetable oils: Relation between chemical and thermal parameters // *LWT Food Sci. Technol.* 2010. Vol. 43. P. 1104–1112.
- Olabemiwo O.M., Esan A.O., Adepoju A.J., Omodara N.B. Effect of microwave heating on fatty acid profiles of three Nigerian vegetable oils // *IOSR J. Appl. Chem. (IOSR-JAC).* 2014. Vol. 7, N 4. P. 51–54.
- Albi T., Lanzon A., Guinda A., Leon M., Perez-Camino M. C. Microwave and conventional heating effects on thermoxidative degradation of edible fats // *J. Agric. Food Chem.* 1997. Vol. 45. P. 3795–3798.
- Albi T., Lanzon A., Guinda A., Perez-Camino M.C. et al. Microwave and conventional heating effects on some physical and chemical parameters of edible fats // *J. Agric. Food Chem.* 1997. Vol. 45. P. 3000–3003.
- Borges T.H., Malheiro R., de Souza A.M., Casal S. Et al. Microwave heating induces changes in the physicochemical properties of baru (*Dipteryx alata*Vog.) and soybean crude oils // *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2014. Vol. 117. P. 503–513.
- Ali M.A., Nouruddeen Z.B., Muhamad I.I., Latip R.A.A. Othman N.H. Effect of microwave heating on the quality characteristics of canola oil in the presence of palm olein // *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2013. Vol. 12, N 3. P. 241–251.
- El-Abassy, R. M., Donfack, P., Materny A. Assessment of conventional and microwave heating induced degradation of carotenoids in olive oil by VIS Raman spectroscopy and classical methods // *Food Res. Int.* 2010. Vol. 43. P. 694–700.
- Farag R.S., El-Baroty G.S., Basuny A.M. The influence of phenolic extracts obtained from the olive plant (cv. Picual and Kronakii), on the stability of sunflower oil // *Int. J. Food Sci. Technol.* 2003. Vol. 38. P. 81–87.
- Shaker E.S. Antioxidative effect of extracts from red grape seed and peel on lipid oxidation in oils of sunflower // *LWT Food Sci. Technol.* 2006. Vol. 39. P. 883–892.
- Lolos M., Oreopoulou V., Tzia C. Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and antioxidants // *J. Sci. Food Agric.* 1999. Vol. 79. P. 1524–1528.
- Houhoula D.P., Oreopoulou V., Tzia C. Antioxidant efficiency of oregano during frying and storage of potato chips // *J. Sci. Food Agric.* 2003. Vol. 83. P. 1499–1503.
- Che Man Y.B. Jaswir I. Effects of natural and synthetic antioxidants on changes in refined bleached and deodorized palm olein during deep – fat frying of potato chips // *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1999. Vol. 76. P. 331–339.
- Gordon M.H., Kourimska L. The effect of antioxidants on changes in oils during heating and deep frying // *J. Sci. Food Agric.* 1995. Vol. 68. P. 347–353.
- Yanislieva V.N., Marinova E.M., Marekov I.N., Gordon M.H. Effect of ethanol extract from summer savory (*Satureja hortensis* L) on the stability of sunflower oil at frying temperature // *J. Sci. Food Agric.* 1997. Vol. 74. P. 524–530.
- Zandi P., Gordon M.H. Antioxidant activity of extracts from old tea leaves // *Food Chem.* 1999. Vol. 64. P. 285–288.
- Tian L.L., White P.J. Antipolymerization activity of oat extract in soy bean and cottonseed oils under frying conditions // *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1994. Vol. 71. P. 1087–1094.
- Lee J., Lee S., Lee H., Park K., Choe E. Spinach (*Spinacia oleracea*) powder as a natural food-grade antioxidant in deep fat-fried products // *J. Agric. Food Chem.* 2002. Vol. 50. P. 5664–5669.
- Abdalla E.A., Roozen J.P. Effect of plant extracts on the oxidative stability of sunflower oil and emulsion // *Food Chem.* 1999. Vol. 64. P. 323–329.
- Shyamala B.N., Gupta S., Jyothi Lakshmi A., Prakash J. Leafy vegetable extracts — antioxidant activity and effect on storage stability

- of heated oil // *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 2005. Vol. 6, N 2. P. 239–245.
36. Beddows C.G., Jagait C. and Kelly M.J. Preservation of alpha-tocopherol in sunflower oil by herbs and spices // *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2000. Vol. 51. P. 327–339.
 37. Salta F.N., Mylona A., Chiou A., Boskou G. et al. Oxidative stability of edible vegetable oils enriched in polyphenols with olive leaf extract // *Food Sci. Technol. Int.* 2007. Vol. 13. P. 413–421.
 38. Malheiro R., Rodrigues N., Manzke G., Bento A. et al. The use of olive leaves and tea extracts as effective antioxidants against the oxidation of soybean oil under microwave heating // *Ind. Crops Prod.* 2013. Vol. 44. P. 37–43.
 39. Malheiro R., Casal S., Lamas H., Bento A. et al. Can tea extracts protect extra virgin olive oil from oxidation during microwave heating? // *Food Res. Int.* 2012. Vol. 48. P. 148–154. doi: 10.1016/j.foodres.2012.03.005.
 40. Rodrigues N., Malheiro R., Casal S., Manzanera M.C.A. et al. Influence of spike lavender (*Lavandula latifolia* Med.) essential oil in the quality, stability and composition of soybean oil during microwave heating // *Food Chem. Toxicol.* 2012. Vol. 50. P. 2894–2901.
 41. Cross G.A., Fung D.Y. The effect of microwaves on nutrient value of foods // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1982. Vol. 16, N 4. P. 355–381.
 42. Smith A.L., Perry J.J., Marshall J.A., Yousef A.E. et al. Oven, microwave, and combination roasting of peanuts: Comparison of inactivation of *Salmonella* surrogate *enterococcus faecium*, color, volatiles, flavor, and lipid oxidation // *J. Food Sci.* 2014. Vol. 79, N 8. P. S1584–S1594.
 43. Echarte M., Ansorena D., Astiasaraan A. Consequences of microwave heating and frying on the lipid fraction of chicken and beef patties // *J. Agric. Food Chem.* 2003. Vol. 51. P. 5941–5945.
 44. Alfaia M.M.C., Alves S.P., Lopes A.F., Fernandes M.J.E. et al. Effect of cooking methods on fatty acids conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat // *Meat Sci.* 2010. 84. P. 769–777.
 45. Broncano J.M., Petron M.J., Parra V., Timon M.L. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *Latissimus dorsi* muscle of Iberian pigs // *Meat Sci.* 2009. Vol. 83. P. 431–437.
 46. Domiszewski Z., Bienkiewicz G., Plusk D. Effects of different heat treatments on lipid quality of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) // *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2011. Vol. 10, N 3. P. 359–373.
 47. List G.R. Trans fat replacements: A global overview // *Lipid Technol.* 2014. Vol. 26, N 6. P. 131–133.
 48. Gill P.E., Wijk K. Case study of a healthy eating intervention for Swedish lorry drivers // *Health Educ. Res.* 2004. Vol. 19. P. 306–315.
 49. Stender S., Astrup A., Dyerberg J. A trans European Union difference in the decline in trans fatty acids in popular foods: a market basket investigation // *BMJ Open.* 2012. Vol. 2, N 5. Article ID e000859.
 50. Herzallah S. M., Humeid M. A., Al-Ismael K. M. Effect of heating and processing methods of milk and dairy products on conjugated linoleic acid and trans fatty acid isomer content // *J. Dairy Sci.* 2005. Vol. 88 (4). P. 1301–1310.
 51. Rodriguez-Alcala L. M., Fontecha J. Hot topic: fatty acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomer composition of commercial CLA-fortified dairy products: evaluation after processing and storage // *J. Dairy Sci.* 2007. Vol. 90. P. 2083–2090.
 52. Costa E.N., Lacerda E.C.Q., Santos S.M., Carilan S. et al. Action of successive heat treatments in bovine milk fatty acids // *J. Braz. Chem. Soc.* 2011. Vol. 22, N 11. P. 2115–2120.
 53. Tiansawang K., Luangpituksa P., Varayanond W., Hansawasdi C. GABA (Gamma-aminobutyric acid) production of mung bean (*Phaseolus aureus*) during germination and the cooking effect // *Suranaree J. Sci. Technol.* 2014. URL: <http://ird.sut.ac.th/e-journal/Journal/pdf/140284.pdf>.
 54. Gwendolyn A.C., Daniel Y.C., Fung R., Decareau V. The effect of microwaves on nutrient value of foods // *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1982. Vol. 16, N 4. P. 355–381.
 55. Chiu C.P., Yang D.Y., Chen B.H. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs // *J. Food Protect.* 1998. Vol. 61, N 6. P. 712–719.
 56. Skog K., Solyakov A. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review // *Food Chem. Toxicol.* 2002. Vol. 40. P. 1213–1221.
 57. Felton J.S., Fultz E., Dolbear F.A., Knize M.G. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties // *Food Chem. Toxicol.* 1994. Vol. 32, N 10. P. 897–903.
 58. Scientific Committee on Foods of EC (SCF). Opinion of the Scientific Committee on Food in the risk to human health of PAHs in food. Brussels : SCF, 2002. URL: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out153_en.pdf
 59. Phillips D.H. PAHs in the diet // *Mutat. Res.* 1999. Vol. 443. P. 139–147.
 60. Lee S.J., Shin J.H., Sung N.J., Kim J.G. et al. Effect of cooking on the formation of N-nitrosodimethylamine in Korean dried seafood products // *Food Addit. Contam.* 2003. Vol. 20, N 1. P. 31–36.
 61. Barrington P.J. et al. Mutagenicity of basic fractions derived from lamb and beef cooked by common household methods // *Food Chem. Toxicol.* 1990. Vol. 28, N 3. P. 141–146.
 62. Jonker D., Til H.P. Human diets cooked by microwave or conventionally: comparative sub-chronic (13-wk) toxicity study in rats // *Food Chem. Toxicol.* 1995. Vol. 33, N 4. P. 245–256.
 63. Sirtori C., Paganuzzi M., Lombardo C., Ruzzon T. et al. Cooking meat in microwave ovens does not cause formation of mutagenic substances // *Minerva Med.* 1983. Vol. 74, N 47–48. P. 2803–2806.
 64. Celandroni F., Celandroni F., Longo I., Tosoratti N. et al. Effect of microwave radiation on *Bacillus subtilis* spores // *J. Appl. Microbiol.* 2004. Vol. 97, N 6. P. 1220–1227.
 65. Schlisselberg D.B., Kler E., Kalily E., Kisluk G. et al. Inactivation of foodborne pathogens in ground beef by cooking with highly controlled radio frequency energy // *Int. J. Food Microbiol.* 2013. Vol. 160, N 3. P. 219–26.
 66. Rosenberg U., Sinell H.J. Effect of high frequency treatment on several microorganisms important to food health // *Zentralbl. Hyg. Umweltmed.* 1989. Vol. 188, N 3–4. P. 271–283.
 67. Valles-Vega I., Prado-Rosas M.D.C.G.D. Changes in the anatomical organization of *Contraecaeum multipapillatum* L3 sensu lato (Nematoda: Anisakidae) larvae subjected to different culinary treatments in la Paz, Baja California Sur, Mexico // *Comp. Parasitol.* 2014. Vol. 81, N 2. P. 165–174.
 68. Smith K.E., Medus C., Meyer S.D., Boxrud D.J. et al. Outbreaks of salmonellosis in Minnesota (1998 through 2006) associated with frozen, microwaveable, breaded, stuffed chicken products // *J. Food Prot.* 2008. Vol. 7, N 10. P. 2153–2160.
 69. Raghuvanshi P., Mathur P., Sethi R., Bhatnagar P. Evaluation of the changes in sperm morphology, sperm count and gonadotrophic ratio of Swiss albino male mice fed continuously with microwave exposed food // *Adv. Biores.* 2012. Vol. 3, N 4. P. 95–99.
 70. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Евдокимов В.В. Содержание рибофлавина в спермоплазме мужчин // *Бюл. экспер. биол.* 2003. Т. 135, № 3. С. 299–301.
 71. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Спиричев В.В. Male fertility: a possible role of vitamins // *Укр. биохим. журн.* 1994. Т. 66, № 5. С. 17–22.
 72. Mejia Z.S., Beumer R.R., Zwietering M.H. Risk evaluation and management to reaching a suggested FSO in a steam meal // *Food Microbiol.* 2011. Vol. 28, N 4. P. 631–638.

References

1. Chandrasekaran S., Ramanathan S., Basa T. Microwave food processing – A review. *J Food Res Int.* 2013; Vol. 52 (1): 243–326.
2. Microwave cooking and food safety. Risk Assessment Studies Report No. 19. Food and Environmental Hygiene Department. The

- Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2005. 28 p. URL: http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/files/microwave_ra_e.pdf
3. Center for devices and radiological Health. Microwave oven radiation. U.S. Food and Drug Administration, 2000. (cited 04 Aug 17) URL: <http://www.fda.gov/cdrh/consumer/microwave.html>
 4. Hill A. and ILSI. Europe Microwave Oven Task Force. Microwave Ovens. Brussels: ILSI Europe, 1998. 21 p.
 5. Mullin J. Microwave processing. In: *New Methods of Food Preservation* / ed. G.W. Gould. London: Chapman and Hill, 1995: 112–34.
 6. Ohlsson T. Domestic use of microwave ovens. In: *Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition* / eds M.R. Robinson, R.K. Sadler. London: Academic Press, 1993; Vol. 2: 1232–7.
 7. Das A.K., Rajkumar V. Effect of different fat level on microwave cooking properties of goat meat patties. *J Food Sci Technol*. 2011; Vol. 50 (6): 1206–11.
 8. Mglinet A.I., Slepak M.E., Sukhanov B.P., Ustinova A.V. Effect of various methods of heat treatment on the biological value of the chopped meat reduced calorie products intended for baby food. *Vopr Pitan [Probl Nutrition]*. 1989; N 3: 64–7. (in Russian)
 9. Bandyopadhyay K., Chakraborty C., Barman A.K. Effect of microwave and enzymatic treatment on the recovery of protein from Indian defatted rice bran meal. *J Oleo Sci*. 2012; Vol. 61 (10): 525–9.
 10. Ramezanzadeh F.M., Rao R.M., Prinyawiwatkul W., Marshall W.E. et al. Effects of microwave heat, packaging, and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran. *J Agric Food Chem*. 2000; Vol. 48 (2): 464–7.
 11. Serventi L., Sachleben J., Vodovotz Y. Effect of soy addition on microwavable pocket-type flat doughs. *J Food Sci*. 2011; Vol. 76 (5): E392–8.
 12. Allen J.C., Corbitt A.D., Maloney K.P., Butt M.S. et al. Glycemic index of sweet potato as affected by cooking methods. *Open Nutr J*. 2012; Vol. 6: 1–11.
 13. Kodentsova V.M., Kochetkova A.A., Smirnova E.A., Sarkisyan V.A., Bessonov V.V. The composition of the fat component of the diet and the body's supply of fat-soluble vitamins. *Vopr Pitan [Probl Nutrition]*. 2014; Vol. 83 (6): 4–17. (in Russian)
 14. Malheiro R., Oliveira I., Vilas-Boas M., Falcao S. et al. Effect of microwave heating with different exposure times on physical and chemical parameters of olive oil. *Food Chem Toxicol*. 2009; Vol. 47: 92–7.
 15. Tan C.P., Che Man Y.B., Jinap S., Yusoff M.S.A. Effects of microwave heating on the quality characteristics and thermal properties of RBD palm olein. *Innovative Food Sci Emerg Technol*. 2002; Vol. 3: 157–63.
 16. Vieira T.M.F.S., Regitano-D'Arce M.A.B. Stability of oils heated by microwave: UV-spectrophotometric evaluation *Food Science and Technology (Campinas)*. *Cienc Tecnol Aliment*. 1998; Vol. 18 (4): 433–7.
 17. Chiavaro E., Rodriguez-Estrada M.T., Vittadini E., Pellegrini N. Microwave heating of different vegetable oils: Relation between chemical and thermal parameters. *LWT Food Sci Technol*. 2010; Vol. 43: 1104–12.
 18. Olabemiwo O.M., Esan A.O., Adepoju A.J., Omodara N.B. Effect of microwave heating on fatty acid profiles of three Nigerian vegetable oils. *IOSR J Appl Chem (IOSR-JAC)*. 2014; Vol. 7 (4): 51–4.
 19. Albi T., Lanzon A., Guinda A., Leon M., Perez-Camino M. C. Microwave and conventional heating effects on thermoxidative degradation of edible fats. *J Agric Food Chem*. 1997; Vol. 45: 3795–8.
 20. Albi T., Lanzon A., Guinda A., Perez-Camino M.C. et al. Microwave and conventional heating effects on some physical and chemical parameters of edible fats. *J Agric Food Chem*. 1997; Vol. 45: 3000–3.
 21. Borges T.H., Malheiro R., de Souza A.M., Casal S. et al. Microwave heating induces changes in the physicochemical properties of baru (*Dipteryx alata*Vog.) and soybean crude oils. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2014; Vol. 117: 503–13.
 22. Ali M.A., Nouruddeen Z.B., Muhamad I.I., Latip R.A.A. Othman N.H. Effect of microwave heating on the quality characteristics of canola oil in the presence of palm olein. *Acta Sci Pol Technol Aliment*. 2013; Vol. 12 (3): 241–51.
 23. El-Abassy, R. M., Donfack, P., Materny A. Assessment of conventional and microwave heating induced degradation of carotenoids in olive oil by VIS Raman spectroscopy and classical methods. *Food Res Int*. 2010; Vol. 43: 694–700.
 24. Farag R.S., El-Baroty G.S., Basuny A.M. The influence of phenolic extracts obtained from the olive plant (cv. Picual and Kronakii), on the stability of sunflower oil. *Int J Food Sci Technol*. 2003; Vol. 38: 81–7.
 25. Shaker E.S. Antioxidative effect of extracts from red grape seed and peel on lipid oxidation in oils of sunflower. *LWT Food Sci Technol*. 2006; Vol. 39: 883–92.
 26. Lolos M., Oreopoulou V., Tzia C. Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and antioxidants. *J Sci Food Agric*. 1999; Vol. 79: 1524–8.
 27. Houhoula D.P., Oreopoulou V., Tzia C. Antioxidant efficiency of oregano during frying and storage of potato chips. *J Sci Food Agric*. 2003; Vol. 83: 1499–503.
 28. Che Man Y.B., Jaswir I. Effects of natural and synthetic antioxidants on changes in refined bleached and deodorized palm olein during deep – fat frying of potato chips. *J Am Oil Chem Soc*. 1999; Vol. 76: 331–9.
 29. Gordon M.H., Kourimska L. The effect of antioxidants on changes in oils during heating and deep frying. *J Sci Food Agric*. 1995; Vol. 68: 347–53.
 30. Yanislieva V.N., Marinova E.M., Marekov I.N., Gordon M.H. Effect of ethanolic extract from summer savory (*Satureja hortensis* L) on the stability of sunflower oil at frying temperature. *J Sci Food Agric*. 1997; Vol. 74: 524–30.
 31. Zandi P., Gordon M.H. Antioxidant activity of extracts from old tea leaves. *Food Chem*. 1999; Vol. 64: 285–8.
 32. Tian L.L., White P.J. Antipolymerization activity of oat extract in soy bean and cottonseed oils under frying conditions. *J Am Oil Chem Soc*. 1994; Vol. 71: 1087–94.
 33. Lee J., Lee S., Lee H., Park K., Choe E. Spinach (*Spinacia oleracea*) powder as a natural food-grade antioxidant in deep fat-fried products. *J Agric Food Chem*. 2002; Vol. 50: 5664–9.
 34. Abdalla E.A., Roozen J.P. Effect of plant extracts on the oxidative stability of sunflower oil and emulsion. *Food Chem*. 1999; Vol. 64: 323–9.
 35. Shyamala B.N., Gupta S., Jyothi Lakshmi A., Prakash J. Leafy vegetable extracts — antioxidant activity and effect on storage stability of heated oil. *Innovative Food Sci Emerg Technol*. 2005; Vol. 6 (2): 239–45.
 36. Beddows C.G., Jagait C. and Kelly M.J. Preservation of alpha-tocopherol in sunflower oil by herbs and spices. *Int J Food Sci Nutr*. 2000; Vol. 51: 327–39.
 37. Salta F.N., Mylona A., Chiou A., Boskou G. et al. Oxidative stability of edible vegetable oils enriched in polyphenols with olive leaf extract. *Food Sci Technol Int*. 2007; Vol. 13: 413–21.
 38. Malheiro R., Rodrigues N., Mancke G., Bento A. et al. The use of olive leaves and tea extracts as effective antioxidants against the oxidation of soybean oil under microwave heating. *Ind Crops Prod*. 2013; Vol. 44: 37–43.
 39. Malheiro R., Casal S., Lamas H., Bento A. et al. Can tea extracts protect extra virgin olive oil from oxidation during microwave heating? *Food Res Int*. 2012; Vol. 48: 148–54.
 40. Rodrigues N., Malheiro R., Casal S., Manzanera M.C.A. et al. Influence of spike lavender (*Lavandula latifolia* Med.) essential oil in the quality, stability and composition of soybean oil during microwave heating. *Food Chem Toxicol*. 2012; Vol. 50: 2894–901.
 41. Cross G.A., Fung D.Y. The effect of microwaves on nutrient value of foods. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 1982; Vol. 16 (4): 355–81.
 42. Smith A.L., Perry J.J., Marshall J.A., Yousef A.E. et al. Oven, microwave, and combination roasting of peanuts: Comparison of inactivation of *Salmonella* surrogate *enterococcus faecium*, color, volatiles, flavor, and lipid oxidation. *J Food Sci*. 2014; Vol. 79 (8): S1584–94.
 43. Echarre M., Ansorena D., Astiasaraan A. Consequences of microwave heating and frying on the lipid fraction of chicken and beef patties. *J Agric Food Chem*. 2003; Vol. 51: 5941–5.

44. Alfaia M.M.C., Alves S.P., Lopes A.F., Fernandes M.J.E. et al. Effect of cooking methods on fatty acids conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Sci.* 2010; 84: 769–77.
45. Broncano J.M., Petron M.J., Parra V., Timon M.L. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *Latissimus dorsi* muscle of Iberian pigs. *Meat Sci.* 2009; Vol. 83: 431–7.
46. Domiszewski Z., Bienkiewicz G., Plust D. Effects of different heat treatments on lipid quality of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2011; Vol. 10 (3): 359–73.
47. List G.R. Trans fat replacements: A global overview. *Lipid Technol.* 2014; Vol. 26 (6): 131–3.
48. Gill P.E., Wijk K. Case study of a healthy eating intervention for Swedish lorry drivers. *Health Educ Res.* 2004; Vol. 19: 306–15.
49. Stender S., Astrup A., Dyerberg J. A trans European Union difference in the decline in trans fatty acids in popular foods: a market basket investigation. *BMJ Open.* 2012; Vol. 2 (5). Article ID e000859.
50. Herzallah S.M., Humeid M.A., Al-Ismail K.M. Effect of heating and processing methods of milk and dairy products on conjugated linoleic acid and trans fatty acid isomer content. *J Dairy Sci.* 2005; Vol. 88: 1301–10.
51. Rodriguez-Alcala L.M., Fontecha J. Hot topic: fatty acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomer composition of commercial CLA-fortified dairy products: evaluation after processing and storage. *J Dairy Sci.* 2007; Vol. 90: 2083–90.
52. Costa E.N., Lacerda E.C.Q., Santos S.M., Carilan S. et al. Action of successive heat treatments in bovine milk fatty acids. *J Braz Chem Soc.* 2011; Vol. 22 (11): 2115–20.
53. Tiansawang K., Luangpituksa P., Varanyanond W., Hansawasdi C. GABA (Gamma-aminobutyric acid) production of mung bean (*Phaseolus aureus*) during germination and the cooking effect. *Suranaree J Sci Technol.* 2014. URL: <http://ird.sut.ac.th/e-journal/Journal/pdf/140284.pdf>.
54. Gwendolyn A.C., Daniel Y.C., Fung R., Decareau V. The effect of microwaves on nutrient value of foods. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr.* 1982; Vol. 16 (4): 355–381. <http://www.tandfonline.com/toc/bfsn19/16/4>
55. Chiu C.P., Yang D.Y., Chen B.H. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. *J Food Protect.* 1998; Vol. 61 (6): 712–9.
56. Skog K., Solyakov A. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review. *Food Chem Toxicol.* 2002; Vol. 40: 1213–21.
57. Felton J.S., Fultz E., Dolbeare F.A., Knize M.G. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food Chem Toxicol.* 1994; Vol. 32 (10): 897–903.
58. Scientific Committee on Foods of EC (SCF). Opinion of the Scientific Committee on Food in the risk to human health of PAHs in food. Brussels: SCF, 2002. URL: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out153_en.pdf
59. Phillips D.H. PAHs in the diet. *Mutat Res.* 1999; Vol. 443: 139–47.
60. Lee S.J., Shin J.H., Sung N.J., Kim J.G. et al. Effect of cooking on the formation of N-nitrosodimethylamine in Korean dried seafood products. *Food Addit Contam.* 2003; Vol. 20 (1): 31–6.
61. Barrington P.J. et al. Mutagenicity of basic fractions derived from lamb and beef cooked by common household methods. *Food Chem Toxicol.* 1990; Vol. 28 (3): 141–6.
62. Jonker D., Til H.P. Human diets cooked by microwave or conventionally: comparative sub-chronic (13-wk) toxicity study in rats. *Food Chem Toxicol.* 1995; Vol. 33 (4): 245–56.
63. Sirtori C., Paganuzzi M., Lombardo C., Ruzzon T. et al. Cooking meat in microwave ovens does not cause formation of mutagenic substances. *Minerva Med.* 1983; Vol. 74 (47–48): 2803–6.
64. Celandroni F., Celandroni F., Longo I., Tosoratti N. et al. Effect of microwave radiation on *Bacillus subtilis* spores. *J Appl Microbiol.* 2004; Vol. 97 (6): 1220–7.
65. Schlisselberg D.B., Kler E., Kalily E., Kisluk G. et al. Inactivation of foodborne pathogens in ground beef by cooking with highly controlled radio frequency energy. *Int J Food Microbiol.* 2013; Vol. 160 (3): 219–26.
66. Rosenberg U., Sinell H.J. Effect of high frequency treatment on several microorganisms important to food health. *Zentralbl Hyg Umweltmed.* 1989; Vol. 188 (3–4): 271–83.
67. Valles-Vega I., Prado-Rosas M.D.C.G.D. Changes in the anatomical organization of *Contraecaecum multipapillatum* L3 sensu lato (Nematoda: Anisakidae) larvae subjected to different culinary treatments in la Paz, Baja California Sur, Mexico. *Comp Parasitol.* 2014; Vol. 81 (2): 165–74.
68. Smith K.E., Medus C., Meyer S.D., Boxrud D.J. et al. Outbreaks of salmonellosis in Minnesota (1998 through 2006) associated with frozen, microwaveable, breaded, stuffed chicken products. *J Food Prot.* 2008; Vol. 7 (10): 2153–60.
69. Raghuvanshi P., Mathur P., Sethi R., Bhatnagar P. Evaluation of the changes in sperm morphology, sperm count and gonadotrophic ratio of Swiss albino male mice fed continuously with microwave exposed food. *Adv Biores.* 2012; Vol. 3 (4): 95–9.
70. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Evdokimov V.V. The riboflavin content in the seminal plasma of men. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 2003; Vol. 135 (3): 299–301. (in Russian)
71. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Spirichev V.B. Male fertility: a possible role of vitamins. *Ukrainskiy biokhimiicheskiy zhurnal* [The Ukrainian Biochemical Journal]. 1994; Vol. 66 (5): 17–22. (in Russian)
72. Mejia Z.S., Beumer R.R., Zwietering M.H. Risk evaluation and management to reaching a suggested FSO in a steam meal. *Food Microbiol.* 2011; Vol. 28 (4): 631–8.