

УДК 543.544:547.913

ОЦЕНКА АНТИРАДИКАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ КОРНЯ ИМБИРЯ

© Т.А. Мишарина*, Е.С. Алинкина, Л.Д. Фаткуллина

*Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, ул. Косыгина, 4,
Москва, 119334 (Россия), e-mail: tmish@rambler.ru*

Изучены антирадикальные свойства компонентов сока свежего корня имбиря, эфирного масла и олеорезина имбиря (*Zingiber officinale* R.) и сопоставлены со свойствами синтетического антиоксиданта – ионола. Для оценки антирадикальных свойств использовали реакцию со стабильным свободным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом. По кинетическим кривым быстрой фазы реакции определены скорости этой фазы реакции и эквивалентные концентрации антирадикальных компонентов в препаратах имбиря. Найденные величины ЕС50 и величины антирадикальной эффективности АЕ для олеорезина имбиря и ионола были близки между собой и характерны для высокоактивных природных антиоксидантов, эти же величины для эфирного масла и сока имбиря были на 2 порядка меньше. По кинетическим параметрам препараты имбиря относятся к антирадикальным соединениям пролонгированного действия.

Ключевые слова: антирадикальные свойства, корень имбиря (*Zingiber officinale* R.), эфирное масло и олеорезин имбиря, ионол, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикал.

Введение

В любом живом организме каждое мгновение протекает огромное число процессов радикального окисления, благодаря которым осуществляется значительная часть жизненно важных превращений, включая синтез новых биологически активных соединений, трансформацию веществ в сериях каскадных реакций, регулирование биологических циклов и систем, осуществление функциональной деятельности органов и т.д. Количество необходимых для жизни свободных радикалов организмы регулируют с помощью системы ферментов антирадикальной защиты. С другой стороны, избыточное накопление свободных радикалов, нарушение баланса между образующимися и уничтоженными радикалами приводит к развитию окислительного стресса, который сопровождается повреждениями биологических молекул, окислением липидов, модификациями белков и ДНК [1–3]. В результате возникают различные заболевания, включая нарушение метаболизма, появление злокачественных образований, развитие сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний, снижение иммунитета, более быстрое старение организма и т.д. Существенно уменьшить окислительный стресс и его последствия позволяет регулярный прием дополнительных антиоксидантов, среди которых важнейшее место отводится натуральным веществам, присутствующим в растениях. В последние 10 лет этот класс природных веществ активно изучается, во многих работах доказаны и установлены их польза и эффективность [4, 5]. Поиск природных эффективных антиоксидантов является актуальнейшей проблемой и для пищевой промышленности, так как окисление жиров приводит не только к ухудшению органолептических характеристик продуктов, потере их качества, но и появлению

токсичных пероксидов полиненасыщенных жирных кислот.

Цель работы – изучение антирадикальных свойств препаратов, полученных из корня имбиря: сока свежего имбиря, эфирного масла и олеорезина (экстракта) имбиря, и сравнение с синтетическим антиоксидантом – ионолом.

Мишарина Тамара Арсеньевна – заведующая лабораторией флейвохимии, доктор химических наук, тел.: (499) 939-73-43, e-mail: tmish@rambler.ru
Алинкина Екатерина Сергеевна – аспирант, e-mail: katrinalinka@gmail.com
Фаткуллина Людмила Дмитриевна – старший научный сотрудник, кандидат медицинских наук, e-mail: bcp-lfat@mail.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

Экспериментальная часть

2,2-Дифенил-1-пикрилгидразил радикал (ДФПГР) и ионол (2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол) получены из компании Sigma-Aldrich. Эфирное масло и олеорезин, использованные в работе, были промышленными продуктами, произведенными компанией Plant Lipids Ltd., Индия. Свежий имбирь (Китай) приобретен в супермаркете. Сок получили измельчением корня имбиря, фильтрованием, добавлением равного по объему количества этанола (95%) и центрифугированием. Для исследований использовали прозрачный верхний слой, содержащий 50% сока натурального свежего имбиря.

Антирадикальная активность препаратов имбиря и ионола определена по следующей методике. К 1 мл 200 мкМ метанольного раствора ДФПГР добавляли метанольные растворы антиоксидантов (ионол, эфирное масло, сок или олеорезин имбиря) до достижения выбранных концентраций и доводили суммарный объем до 2 мл метанолом. Исходная концентрация ДФПГР во всех реакционных смесях составляла 1×10^{-4} М (39,4 мг/л), такие растворы имели оптическую плотность около 1. Мы исследовали четыре серии модельных реакций, в которых концентрации субстратов варьировались в следующих пределах: эфирное масло 20–8000 мг/л, олеорезин 2–500 мг/л, сок имбиря 20–10000 мг/л и ионол 1–100 мг/л. Для получения кинетических кривых восстановления ДФПГР антиоксидантами реакционные смеси помещали в кварцевые кюветы (10 мм) с плотно закрывающимися крышками и регистрировали оптическую плотность на спектрофотометре СФ-2000 (ЗАО «ОКБ Спектр», Россия) при 515 нм при комнатной температуре в темноте через каждые 5 мин в течение 120 мин.

Для растворов ДФПГР в метаноле был построен график линейной зависимости оптической плотности от концентрации ДФПГР. По этому графику определили величину молярного коэффициента поглощения ϵ , который был равен 10010 л/моль см (толщина кюветы 1 см). По величине оптической плотности рассчитывали концентрацию остающегося радикала в модельных реакциях. Каждую серию кинетических измерений проводили трижды, математическую обработку результатов осуществляли с помощью программ Microsoft Excel 2007 и SigmaPlot 10. Стандартное отклонение средних величин из трех измерений не превышало 3% (относительных).

Результаты и их обсуждение

Имбирь (*Zingiber officinale* R.), травянистое растение, является популярной пряностью, но также было установлено, что свежий и сухой имбирь имеют лечебное действие. В Полинезии с его помощью лечат диабет, гипертензию, ожирение и многие другие заболевания [6]. Выявлено терапевтическое действие имбиря на онкологические заболевания [4, 5, 7, 8]. В свежем имбире, в экстрактах корня имбиря (СО₂-экстрактах и олеорезинах), а также в конденсированной фракции летучих соединений – эфирном масле, найдены соединения, обладающие свойствами антиоксидантов [9–11]. Из свежего имбиря получают 0,3–0,5% эфирного масла и около 2% олеорезина. Известно, что эфирное масло имбиря обладает обезболивающим и антисептическим действием при простуде, ревматизме, ангине, головной боли [7, 8]. Олеорезины (экстракты) и эфирные масла являются более удобными в применении, так они, в отличие от свежего или сушеного имбиря, устойчивы к микробиологическому заражению.

Для определения антирадикальной активности мы использовали простой в исполнении и высокочувствительный метод на основе реакции со стабильным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом (ДФПГР) [12–14]. В основе реакции лежит способность антиоксиданта отдавать протоны и восстанавливать ДФПГР. По мере восстановления ДФПГР происходит изменение его окраски от интенсивно фиолетового до соломенно-желтого. Это фиксируется спектрофотометрическим методом при длине волны 515–517 нм.

Для каждой серии изученных субстратов были получены кинетические кривые восстановления радикала компонентами субстратов в течение 2 ч (7200 сек). Из полученных данных построены графики зависимости степени восстановления радикала за 30 мин от концентрации субстрата. Эти графики были линейны для всех субстратов, по ним определили концентрацию субстрата, при которой степень восстановления радикала составляла 50% (ЕС₅₀), полученные величины приведены в таблице. Как видно, эти концентрации были близки для олеорезина и ионола и существенно больше для эфирного масла и сока имбиря. На рисунке 1 даны кинетические кривые для каждого из субстратов при концентрации, близкой к найденной ЕС₅₀. Из кинетических кривых (рис. 1) видно, что реакция радикала с каждым образцом имеет две фазы: первую – быструю, она заканчивается тогда, когда самые активные антирадикальные компоненты

практически полностью вступят в реакцию, и вторую – медленную. Плавное уменьшение концентрации свободного радикала во второй фазе говорит о наличии в субстрате компонентов с низкой антирадикальной активностью. Если при наличии в системе свободных радикалов кинетическая кривая выходит на насыщение, это говорит о полном исчезновении антирадикальных веществ и о конце реакции, в этом случае можно рассчитать концентрацию активных соединений в изучаемом образце. Для других кривых, не выходящих на насыщение, концентрация антирадикальных веществ рассчитывается из их кинетической кривой по точке пересечения двух касательных – для быстрой и медленной фазы. Из рисунке 2 можно увидеть, каким образом проводится расчет. Для этого определяются линейные уравнения 1 и 2 (рис. 2). Для изученных нами субстратов получены следующие уравнения 1 для быстрой стадии:

Сок имбиря: $y = 94,5 - 0,0843x, R^2=0,8759;$

Эфирное масло имбиря: $y = 97,4 - 0,07x, R^2=0,9553;$

Олеорезин имбиря: $y = 95,2 - 0,0767x, R^2=0,8863;$

Инол: $y = 99,82 - 0,03x, R^2=0,9997.$

Медленная вторая стадия описывается уравнениями 2:

Сок имбиря: $y = 36,92 - 0,001x, R^2=0,9889;$

Эфирное масло имбиря: $y = 39,4 - 0,0015x, R^2=0,9901;$

Олеорезин имбиря: $y = 32,27 - 0,001x, R^2=0,9695;$

Инол: $y = 43,53 - 0,003x, R^2=0,9890.$

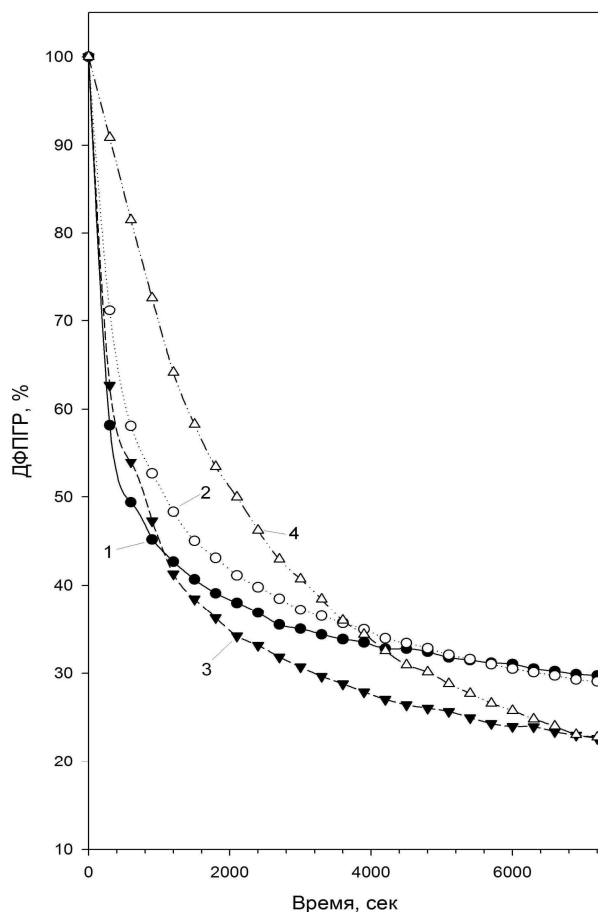


Рис. 1. Кинетические кривые восстановления дифенилпикрилгидразил радикала компонентами сока (1), эфирного масла (2) и олеорезина (3) имбиря и инолом (4)

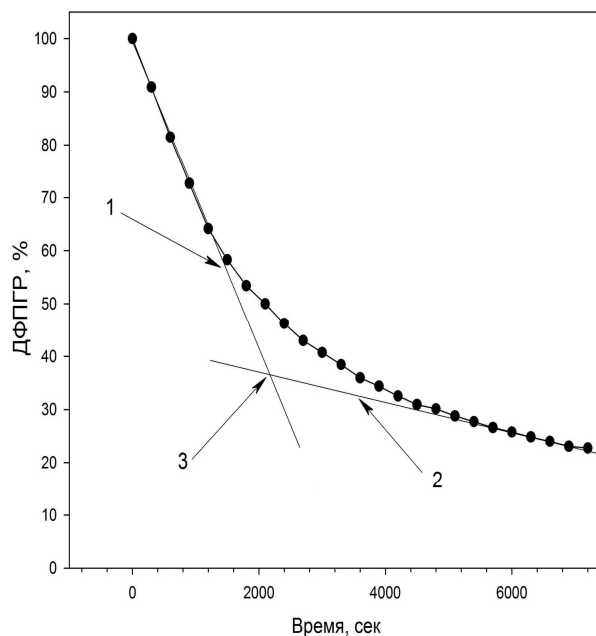


Рис. 2. Графическое определение концентрации антирадикальных компонентов в природных экстрактах по кинетической кривой восстановления дифенилпикрилгидразил радикала: прямая 1 описывается уравнением 1, прямая 2 – уравнением 2

Из уравнений 1 и 2 определяются координаты пересечения двух прямых, y соответствует степени восстановления радикала. Величина $(100-y)$ пропорциональна содержанию самых активных антирадикальных компонентов в субстратах, x показывает время достижения найденной степени восстановления радикала. Для изученных субстратов рассчитанные концентрации антирадикальных компонентов (в единицах, эквивалентных концентрации радикала), а также время окончания первой быстрой стадии реакции отражены в таблице. Как видно, для всех четырех субстратов быстрая стадия приводит к практически одинаковому расходованию радикала, при этом время достижения конца этой стадии реакции для препаратов из имбиря близкое и составляет 691–835 сек, а для ионола оно значительно больше – 2077 сек. По принятой классификации, если время реакции для достижения EC_{50} больше 5 мин, такие антиоксиданты относятся к «среднебыстрым» [12–14]. Теоретически реакция является стехиометрической и пропорциональна количеству атомов водорода, вступивших в реакцию с ДФПГ радикалом, т.е. можно ожидать, что количество восстановленного радикала будет пропорционально концентрации компонента (или компонентов в случае смеси нескольких антиоксидантов) с антирадикальной активностью. В реальных системах картина намного сложнее: может быть несколько антиоксидантов с различающейся активностью, или одна молекула антиоксиданта может иметь более, чем один элиминируемый атом водорода; во всех случаях протекает не одна, а несколько реакций, в которых также могут принимать участие и образующиеся продукты реакций. Примером может быть реакция ДФПГ с индивидуальным соединением ионолом (2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенолом), механизм этой реакции подробно изучен в работе [12]. Было найдено, что одна молекула ионола может восстанавливать 2,8 молекул радикала, при этом образуются димеры ионола, молекулы со структурами хиноидов, продукты присоединения ионола к дифенилпикрилгидразилу и т.д. [12–14].

Для таких сложных систем, как экстракты растительного сырья, эфирные масла и олеорезины, имеющие многокомпонентный состав, мольное соотношение концентраций радикала и антиоксидантов является величиной неопределяемой. При изучении свойств многокомпонентных смесей антиоксидантов суммарная картина становится очень сложной, поэтому практически невозможно определить кинетические и термодинамические параметры реакции каждого отдельного компонента, но можно сравнить свойства всей системы с каким-то известным, хорошо изученным индивидуальным антиоксидантом, например, ионолом. Для ионола можно рассчитать реальную эффективную концентрацию, так как он является индивидуальным компонентом с молекулярной массой 220 Д. Для эфирного масла имбиря можно допустить, что средняя молекулярная масса его компонентов была 204 Д, так как масло состояло на 80% из сесквитерпеновых углеводов. Полученные эквивалентные концентрации антирадикальных соединений для всех образцов в нМ, а также реальные для эфирного масла и ионола мы привели к абсолютной величине навески и определили эквивалентную, или «эффективную», концентрацию соединений с высокой антирадикальной активностью в соке, эфирном масле и олеорезине имбиря, в ионоле, а также реальную в эфирном масле и ионоле при допущении: 1 моль антирадикального компонента взаимодействует с 1 моль радикала (табл.). Расчет показал, что в соке имбиря содержится около 0,25% антирадикальных соединений, в эфирном масле – 0,63%, в олеорезине – 135,6%. Низкую концентрацию антирадикальных соединений в субстрате не следует отождествлять с его низкой антирадикальной активностью. Действительно, из кинетических кривых (рис. 1), а также из величин коэффициентов в уравнении 1 видно, что скорости первой стадии реакции для всех трех имбирных образцов были практически одинаковы и были в 2–2,5 раза больше, чем скорость реакции ионола, т.е. соединения, содержащиеся в имбире по своим антирадикальным свойствам превосходили ионол. Для ионола мы получили концентрацию антирадикальных компонентов 137,5%, это подтверждает сложный механизм этой реакции, приведенный в работе [12].

Для сравнения антирадикальных свойств таких сложных по составу и по механизму реакций смесей антиоксидантов предложено использовать величину EC_{50} , которая эквивалентна количеству субстрата, содержащего компоненты с антирадикальной активностью, необходимому для восстановления половины радикала [12–14]. Для наших систем мы выразили эти величины в мг/л (табл.). Полученные величины EC_{50} для олеорезина имбиря и ионола близки между собой и характерны для высокоактивных природных антиоксидантов. Однако этот тест имеет недостаток – отсутствие связи со временем реакции. Поэтому предложено использовать другой тест, объединяющий время восстановления половины радикала и требуемую для этого концентрацию субстрата. Это величина антирадикальной эффективности (АЕ), которая рассчитывается по формуле, предложенной в [14]

$$AE = 1 / (EC_{50} \times T_{EC_{50}}).$$

Кинетические и физико-химические характеристики процесса восстановления дифенилпикрилгидразил радикала ионолом и компонентами сока, эфирного масла и олеорезина корня имбиря

Кинетические и физико-химические параметры реакции	Сок имбиря	Эфирное масло имбиря	Олеорезин имбиря	Ионол
Содержание антирадикальных соединений, эквивалентное ДФПГР, нмоль/мл	63,77	61,86	68,82	62,49
Навеска образца, мг/мл	10	2	0,02	0,01
«Эффективная» концентрация компонентов с высокой АРА в образцах, ммоль/г	$6,377 \times 10^{-3}$	$3,093 \times 10^{-2}$	3,441	6,249
Содержание антирадикальных соединений с высокой АРА в образцах, мкг/мл	25,13	12,61*	27,12	13,75*
Концентрация компонентов с высокой АРА в образцах, %	0,25	0,63*	135,6	137,5*
Время окончания первой стадии, сек	691	849	835	2077
EC50, г/л	10	2	0,02	0,01
T50, сек	600	1200	750	2100
АЕ, л/г сек	$1,7 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-4}$	$6,7 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$

Примечание. * Для соединений с Мм 204 и 220 соответственно.

В результате проведенных расчетов получены величины антирадикальной эффективности АЕ (табл.). Как видно, ионол и олеорезин имбиря имели близкие значения антирадикальной эффективности, эти величины были на два порядка больше, чем таковые для эфирного масла и сока имбиря.

Полученные данные о содержании веществ с антирадикальной активностью в препаратах из имбиря можно было бы использовать для расчета скорости и константы скорости реакции на первой стадии, но следует помнить, что полученные величины о содержании компонентов с антирадикальной активностью условны и могут значительно отличаться от реальности, если учитывать химическую природу веществ, входящих в состав этих субстратов. Параметр АЕ является достаточным и вполне успешно используется для сравнения антирадикальных свойств растительных препаратов и оценки содержания в них антиоксидантов [15].

Изученное эфирное масло имбиря содержало только летучие соединения и являлось природной смесью монотерпеновых углеводородов, спиртов, цитраля и сесквитерпенов. Основными компонентами масла были сесквитерпеновые углеводороды: куркумен (8,8%), зингиберен (34,7%), фарнезен (9,3%), бисаболен (8,2%) и сесквифелландрен (16,5%), их содержание в масле составляло около 80%. ГХ анализ модельных систем, содержащих продукты реакции свободного радикала с эфирным маслом имбиря, показал, что через 2 часа в реакционной смеси полностью отсутствовал гингерон, который является замещенным фенолом, и, вероятно, именно он обеспечивал быструю первую фазу реакции. Более того, рассчитанная по кинетическим характеристикам этой фазы «эффективная» концентрация компонента с антирадикальной активностью (0,63%, табл.) была близка к концентрации гингерона в эфирном масле (0,87%). Более медленная фаза реакции, вероятно, проходила с участием зингиберена и других сесквитерпеновых углеводородов, содержание которых монотонно уменьшалось. Так, через 72 ч после начала реакции содержание зингиберена в модельной системе снизилось в 5 раз. Способность зингиберена и других сесквитерпеновых углеводородов ингибировать автоокисление низших альдегидов в модельных системах было показано нами ранее [16]. Механизм этих реакций близок к механизму реакции γ -терпинена со свободным радикалом, который детально изучен в работе [17].

Олеорезин имбиря был получен экстракцией этилацетатом, в нем содержалось около 30% эфирного масла. Около 70% веществ в олеорезине имбиря были нелетучие ди- и тритерпеноиды, стероиды, флавоноиды, замещенные метоксифенолы и другие соединения, состав которых полностью не известен [8]. В одной из последних работ [18] в корневище свежего имбиря найдено 42 соединения, большая часть которых относится к метоксифенолам с различными заместителями, их называют гингеролами и гингеронами. Эти метоксифенолы с боковыми углеводородными заместителями с 4–18 атомами углерода, одной или двумя спиртовыми или кетонными группами придают имбирю и его олеорезину жгучий вкус. Ранее сообщалось, что в метанольном экстракте корня имбиря содержалось около 4 мг/г флавоноидов и около 12 мг/г замещенных метоксифенолов [19]. В высушенном корне имбиря в зависимости от вида и условий выращивания найдено от 0,4 до 3,2 мг/г флавоноидов: кверцетина, эпикатехина, катехина, кемпферола, фисетина и

морина [5]. Многие из этих веществ переходят в экстракты, поэтому олеорезин имбиря является очень сложной многокомпонентной смесью веществ, в том числе флавоноидов и метоксифенолов, которые, как известно, являются эффективными природными антиоксидантами. Наличие этих веществ в олеорезине имбиря обеспечивает ему высокую антирадикальную активность. Кроме того, эти соединения обладают также другими видами биологической активности, благотворно влияют на здоровье людей и на продолжительность их жизни.

Сок свежего имбиря содержал все компоненты эфирного масла и олеорезина имбиря, но в меньшей концентрации (около 0,25%), поэтому суммарная кажущаяся антирадикальная активность была невысокой. Из кинетических кривых для всех препаратов из имбиря видно, что скорость первой стадии реакции с радикалом была одинаковой, и она была больше, чем для ионола. Основное различие между препаратами имбиря и ионолом было во второй, медленной фазе реакции, которая выходила на плато только через 3–4 суток проведения реакции для имбиря и через 5 ч для ионола. Наличие длительного, т.е. пролонгированного антирадикального действия, которое характерно для многих сложных по составу природных экстрактов с антиоксидантной активностью, является, с нашей точки зрения, огромным достоинством таких препаратов. Одна из важнейших задач современной фармакологии как раз и состоит в разработке препаратов пролонгированного действия. Для этого изобретают специальные сложные формы лекарственных средств, способы сохранения, доставки и высвобождения действующих веществ, снижения их суточной дозы, обеспечения и поддержания постоянной концентрации в крови без пиковых колебаний, снижения побочного действия. Всеми такими качествами обладают многие растительные препараты, нужно только тщательно изучить состав и свойства таких препаратов, вспомнить опыт их использования в течение столетий и выявить новые полезные свойства. На основании полученных в работе результатов можно сделать вывод, что среди натуральных природных продуктов можно найти большое число препаратов (экстрактов, эфирных масел), способных с успехом заменить синтетические антиоксиданты.

Список литературы

1. Gate L., Ba G.N., Tew K.D., Tapiero H. Oxidative stress induced in pathologies: the role of antioxidants // *Biomed. Pharmacother.* 1999. Vol. 53. Pp. 169–180.
2. Namiki M. Antioxidants antimutagens in food // *Crit.Rev. Food Sci. Nutrition.* 1990. Vol. 29. Pp. 273–300.
3. Mates M. Effects of antioxidant enzymes in the molecular control of reactive oxygen species toxicology // *Toxicology.* 2000. Vol. 153. Pp. 83–104.
4. Butt M.S., Sultan M.T. Ginger and its health claims: molecular aspects // *Clinical Reviews in Food Sci. And Nutrition.* 2011. Vol. 51. Pp. 383–393.
5. Rahman S., Salehin F., Iqbal A. In vitro antioxidant and anticancer activity of young *Zingiber officinale* against human breast carcinoma cell lines // *BMC Complementary and Alternative Medicine.* 2011. Vol. 11. Pp. 76–83.
6. Astley S.B. Dietary antioxidants past, present and future // *Trends Food Sci. Technol.* 2003. Vol. 14. Pp. 93–98.
7. Flavours and Fragrances. Chemistry, Bioprocessing and Sustainability / Ed. R.G.Berger. New York: Springer Verlag, 2007. Pp. 43–116.
8. Funk J.L., Frye J.B., Oyarzo J.N., Timmermann B.N. Comparative effects of two gingerol-containing *Zingiber officinale* extracts on experimental rheumatoid arthritis. // *J. Nat. Prod.* 2009. Vol. 72, no. 3. Pp. 403–407.
9. Chen Ch., Kuo M., Wu Ch., Ho Ch. Pungent compounds of ginger (*Zingiber officinale* L. Rosc.) extracted by liquid carbon dioxide // *J. Agric. Food Chem.* 1986. Vol. 34, N2. Pp. 477–480.
10. Kikuzaki H., Natakani N. Antioxidant effects of some ginger constituents // *J. Food Sci.* 1993. Vol. 578. Pp. 1407–1410.
11. Aruoma O.I., Spencer J.P., Warren D., Jenner P., Butler J., Halliwell B. Characterization of food antioxidants, illustrated using commercial garlic and ginger preparations // *Food Chem.* 1997. Vol. 60. Pp. 149–156.
12. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity // *Lebenm. Wiss. Technology.* 1995. Vol. 28, no. 1. Pp. 25–30.
13. Huang D., Ou B., Prior R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays // *J. Agric. Food Chem.* 2005. Vol. 53, no. 6. Pp. 1841–1856.
14. Sanchez-Moreno C., Larrauri J.A., Saura-Calixto F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols // *J. Sci. Food Agric.* 1998. Vol. 76. Pp. 270–276.
15. Волков В.А., Дорофеева Н.А., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Изучение кинетики взаимодействия антиоксидантов экстрактов лекарственных растений со стабильным радикаломДФПГ // *Биоантиоксидант : тез. докл. VII Международной конференции.* М., 2006. С. 87–89.
16. Мишарина Т.А., Теренина М.Б., Крикунова Н.И. Антиоксидантные свойства эфирных масел // *Прикладная биохимия и микробиология.* 2009. Т. 45, №6. С. 710–716.

17. Foti M.C., Ingold K.U. Mechanism of inhibition of lipid peroxidation by γ -terpinene, an unusual and potentially useful hydrocarbon antioxidant // *J. Agric. Food Chem.* 2003. Vol. 51, no. 9. Pp. 2758–2765.
18. Feng T., Su J., Ding Z.-H., Zheng Y.-T., Li y., Leng Y., Liu J.-K. Chemical constituents and their bioactivities of Tongling white ginger // *J. Agric. Food Chem.* 2011. Vol. 59. Pp. 11690–11695.
19. Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Rahmat A. Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) // *Molecules.* 2010. Vol. 15. Pp. 4324–4333.

Поступило в редакцию 26 января 2012 г.

После переработки 29 февраля 2012 г.

*Misharina T.A.**, *Alinkina E.S.*, *Fatkullina L.D.*, *Burlakova E.B.* ESTIMATION OF ANTIRADICAL PROPERTIES OF COMPONENTS FROM GINGER RHIZOME

Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences, stl. Kosygina, 4, Moscow, 119334 (Russia)

Antiradical properties of three samples from the ginger (*Zingiber officinale* R.): juice from fresh rhizome, essential oil and extract (oleoresin) were studied and compared with the properties of synthetic antioxidant ionol (butylated hydroxytoluene, BHT). The reaction antioxidants with the stable free 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical was used as model systems. DPPH equivalents per gram of ginger samples, values of EC₅₀ and values of antiradical efficiency AE were determined.

The values of EC₅₀ and AE for ginger oleoresin and BHT were similar. They were the same as high active natural antioxidants and these values for essential oil and ginger juice were on 2 orders lower. On the base of kinetic parameters the ginger samples may be belong antiradical compounds with prolonged actions.

Keywords: antiradical properties, ginger root (*Zingiber officinale* R.), essential oil and ginger oleoresin, ionol, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical.

References

1. Gate L., Ba G.N., Tew K.D., Tapiero H. *Biomed. Pharmacother.*, 1999, vol. 53, pp. 169–180.
2. Namiki M. *Crit.Rev. Food Sci. Nutrition.*, 1990, vol. 29, pp. 273–300.
3. Mates M. *Toxicology*, 2000, vol. 153, pp. 83–104.
4. Butt M.S, Sultan M.T. *Clinical Reviews in Food Sci. and Nutrition*, 2011, vol. 51, pp. 383–393.
5. Rahman S., Salehin F., Iqbal A. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2011, vol. 11, pp. 76–83.
6. Astley S.B. *Trends Food Sci. Technol.*, 2003, vol. 14, pp. 93–98.
7. Flavours and Fragrances. Chemistry, Bioprocessing and Sustainability / ed. R.G.Berger. New York: Springer Verlag, 2007, pp. 43–116.
8. Funk J.L., Frye J.B., Oyarzo J.N., Timmermann B.N. *J. Nat. Prod.*, 2009, vol. 72, no. 3, pp. 403–407.
9. Chen Ch., Kuo M., Wu Ch., Ho Ch. *J. Agric. Food Chem.*, 1986, vol. 34, no. 2, pp. 477–480.
10. Kikuzaki H., Natakani N. *J. Food Sci.*, 1993, vol. 578, pp. 1407–1410.
11. Aruoma O.I., Spencer J.P., Warren D., Jenner P., Butler J., Halliwell B. *Food Chem.*, 1997, vol. 60, pp. 149–156.
12. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. *Lebenm. Wiss. Technology*, 1995, vol. 28, no. 1, pp. 25–30.
13. Huang D., Ou B., Prior R.L. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, vol. 53, no. 6, pp. 1841–1856.
14. Sanchez-Moreno C., Larrauri J.A., Saura-Calixto F. *J. Sci. Food Agric.*, 1998, vol. 76, pp. 270–276.
15. Volkov V.A., Dorofeeva N.A., Khizhniak S.D., Pakhomov P.M. *Bioantioxidant: tez. dokl. VII mezhdunarodnoi konferentsii*. [Bioantioxidant: Theses Reports. VII International Conference]. Moscow, 2006, pp. 87–89. (in Russ.).
16. Misharina T.A., Terenina M.B., Krikunova N.I. *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologii*, 2009, vol. 45, no. 6, pp. 710–716. (in Russ.).
17. Foti M.C., Ingold K.U. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, vol. 51, no. 9, pp. 2758–2765.
18. Feng T., Su J., Ding Z.-H., Zheng Y.-T., Li y., Leng Y., Liu J.-K. *J. Agric. Food Chem.*, 2011, vol. 59, pp. 11690–11695.
19. Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Rahmat A. *Molecules*, 2010, vol. 15, pp. 4324–4333.

Received January 26, 2012

Revised February 29, 2012

* Corresponding author.

