Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 4, Issue 5, 2025 Traditional Medicine

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОЗИЦИЙ КОЖУР АПЕЛЬСИНА И ГРЕЙПФРУТА

Ибрагим Рахманович Аскаров
Андижанский государственный университет, профессор кафедры химии, доктор химических наук, Заслуженный изобретатель Узбекистана, председатель Академии ТАБОБАТ Узбекистана
https://orcid.org/0000-0003-1625-0330

Нодира Икромова Икромова
Андижанский государственный университет, Аспирант по специальности «Химия товаров»
https://orcid.org/0009-0000-5944-3832
E-mail: Nodina94@mail.ru

Шахобидин Хасанбоевич Абдуллоев
Андижанский государственный университет, профессор кафедры химии, доктор химических наук, действительный член Академии Табобат Узбекистана
https://orcid.org/0000-0002-6069-1785

DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss5.2025.503

Ключевые слова: апельсин, грейпфрут, кожура фруктов, экстракция, антирадикальная активность, дифенилпикрилгидразил, спектрофотометрия, IC50, пищевая добавка

Аннотация.

Оценка спиртовых экстрактов смесей в различных соотношениях, приготовленных на основе кожуры апельсина и грейпфрута, рассматриваемых как отходы, методом подавления свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH), показала их высокую антирадикальную активность. Установлено, что для 50-процентного подавления свободных радикалов DPPH в стандартных условиях минимальные объемы экстрактов в 96%-ном этаноле составляют соответственно 106,85, 109,05 и 105,72 мкл для смесей в соотношении 1:1, 1:3 и 3:1. Эти результаты свидетельствуют о том, что смеси апельсина и грейпфрута, особенно композиция в соотношении 3:1, могут рассматриваться как перспективные лечебные средства для профилактики окислительного стресса в медицине.

Как цитировать

Аскаров, И. Р., Икромова, Н. И., & Абдуллоев, Ш. Х. АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОЗИЦИЙ КОЖУР АПЕЛЬСИНА И ГРЕЙПФРУТА. Журнал химии товаров и народной медицины, 4(5). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss5.2025.503

Введение. Апельсин (Citrus sinensis L. Osb.) и грейпфрут (Citrus paradisi) относятся к семейству рутовых (Rutaceae) и являются одними из наиболее широко возделываемых и потребляемых цитрусовых фруктов в мире [1]. В 2023–2024 годах производство апельсинов и грейпфрутов составило соответственно 48,82 и 6,9 миллиона тонн. Около 80% апельсинов, выращиваемых в мире, используются в промышленных целях, в основном для производства сока [2]. Однако промышленное производство цитрусовых продуктов ежегодно приводит к образованию 15–25 тысяч тонн отходов (кожура, мякоть и семена) [3]. В последние годы исследователи установили, что в кожуре этих фруктов содержится большое количество ценных биологически активных веществ, включая флавоноиды, полифенолы, витамины и эфирные масла, пектины, алкалоиды и минеральные вещества [4]. Это, в свою очередь, способствует их широкому применению в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности [5]. В частности, они используются для снижения уровня холестерина, улучшения функции кишечника, нейтрализации

воспалений и свободных радикалов, замедления старения, укрепления иммунной системы и регуляции жирового обмена в организме [6].

В наших предыдущих исследованиях была изучена антиоксидантная активность кожуры различных сортов апельсинов, в частности, апельсинов из Ирана, Африки, Китая и Турции, а также жёлто-зелёных и красных сортов грейпфрута. Согласно полученным результатам, кожура иранского апельсина и красного грейпфрута обладает высокой антиоксидантной активностью. В данной статье изложены результаты исследований по определению антирадикальной активности смесей кожуры иранского апельсина и красного грейпфрута в соотношениях 1:1, 1:3 и 3:1, с целью разработки пищевой добавки с нормированным содержанием биологически активных веществ.

Материалы и методы

Оценка антирадикальной активности. Стабильный фиолетовый радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (DPPH•) в этанольном растворе обладает способностью обесцвечиваться под воздействием соединений с антирадикальными (антиоксидантными) свойствами за счёт спаривания неспаренного электрона. Поэтому он широко используется для спектрофотометрической оценки антирадикальной активности [7 - 10]. В настоящем исследовании антирадикальная активность экстрактов смесей кожуры иранского апельсина и красного грейпфрута в соотношениях 1:1, 1:3 и 3:1 была оценена по усовершенствованному методу тушения DPPH•-радикалов, предложенному Blois [8] и доработанному в [9].

Приготовление рабочего раствора DPPH•. Раствор DPPH• (7,92 мМ) был приготовлен в 96% этаноле в мерной колбе объёмом 100 мл, обёрнут фольгой для защиты от света и хранился в тёмном месте при комнатной температуре.

Экстракция. Для получения экстрактов 0,75 г высушенной до постоянной массы при 35 °C в сушильном шкафу и измельчённой смеси кожуры апельсина и красного грейпфрута экстрагировали в 25 мл 96% этанола при 60 °C в течение 20 минут в ультразвуковой ванне. Полученный экстракт фильтровали через шприцевой фильтр с диаметром пор 0,45 мкм.

Оценка антирадикальной активности экстрактов. В кварцевую кювету объёмом 4 мл и толщиной 10 мм вносили 3 мл раствора DPPH в этаноле и 100 мкл этанола, тщательно перемешивали и помещали в спектрофотометр YOKE K7000. Оптическую плотность *(D_1)* измеряли при длине волны 517 нм каждые 5 минут в течение 30 минут. Значения $_{D1}$ оставались стабильными (таблицы 1–3).

Для оценки антирадикальной активности экстрактов смесей кожуры иранского апельсина и красного грейпфрута в соотношениях 1:1, 1:3 и 3:1, по аналогичной методике в четыре отдельные кюветы с толщиной 10 мм добавляли по 25, 50, 75 и 100 мкл фильтрованного растительного экстракта. К каждому образцу добавляли по 3 мл раствора DPPH, после чего общий объём доводили этанолом до 4,1 мл. Полученные растворы быстро перемешивали и измеряли их оптическую плотность (D_2) при длине волны 517 нм.

Антирадикальная активность (АРА, %) рассчитывалась по формуле:

$$АРА, \% = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 100$$

Результаты определения антирадикальной активности экстрактов смесей в соотношениях 1:1, 1:3 и 3:1 представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1.

Значения оптической плотности, измеренные при длине волны 517 нм, и рассчитанная антирадикальная активность (АРА) спиртового экстракта смеси кожуры апельсина и красного грейпфрута в соотношении 1:1, добавленного в различных объемах к раствору DPPH.

Объем экстракта, мкл	Время, минуты.	Оптический плотность, *D*	АРА, %	Объем экстракта, мкл	Время, минуты.	Оптический плотность, *D*	АРА, %
25	0	1,03	0,00	75	0	1,03	0,0
	5	0,888	13,79		5	0,738	28,3
	10	0,879	14,66		10	0,717	30,4
	15	0,872	15,34		15	0,703	31,7
	20	0,867	15,83		20	0,691	32,9
	25	0,862	16,31		25	0,672	34,8
	30	0,858	16,70		**30**	0,656	36,3
50	0	1,03	0,00	100	0	1,03	0,00
	5	0,794	22,91		5	0,667	35,24
	10	0,775	24,76		10	0,639	37,96
	15	0,762	26,02		15	0,62	39,81
	20	0,753	26,89		20	0,6	41,75
	25	0,746	27,57		25	0,584	43,30
	30	0,74	28,16		**30**	0,569	44,76

Таблица 2.

Значения оптической плотности, измеренные при длине волны 517 нм, и рассчитанная антирадикальная активность (АРА) спиртового экстракта смеси кожуры апельсина и красного грейпфрута в соотношении 1:3, добавленного в различных объемах к раствору DPPH.

Объем экстракта, мкл	Время, минуты.	Оптический плотность, *D*	АРА, %	Объем экстракта, мкл	Время, минуты.	Оптический плотность, *D*	АРА, %
25	0	1,034	0,00	75	0	1,034	0,0
	5	0,904	12,57		5	0,734	29,0
	10	0,893	13,64		10	0,714	30,9
	15	0,886	14,31		15	0,699	32,4
	20	0,88	14,89		20	0,688	33,5
	25	0,876	15,28		25	0,679	34,3
	30	0,871	15,76		**30**	0,67	35,2
50	0	1,034	0,00	100	0	1,034	0,00
	5	0,817	20,99		5	0,651	37,04
	10	0,799	22,73		10	0,623	39,75
	15	0,786	23,98		15	0,607	41,30
	20	0,777	24,85		20	0,594	42,55
	25	0,77	25,53		25	0,583	43,62
	30	0,763	26,21		**30**	0,573	44,58

Таблица 3.

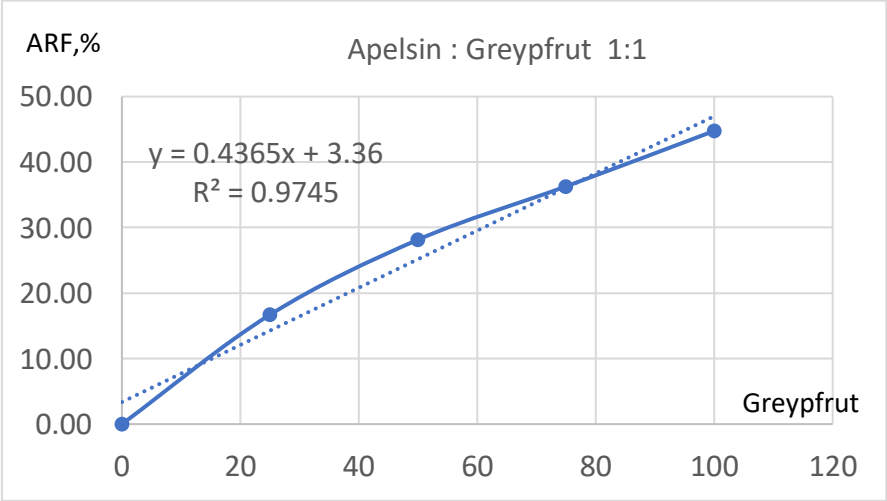
Значения оптической плотности, измеренные при длине волны 517 нм, и рассчитанная антирадикальная активность (АРА) спиртового экстракта смеси кожуры апельсина и красного грейпфрута в соотношении 3:1, добавленного в различных объемах к раствору DPPH.

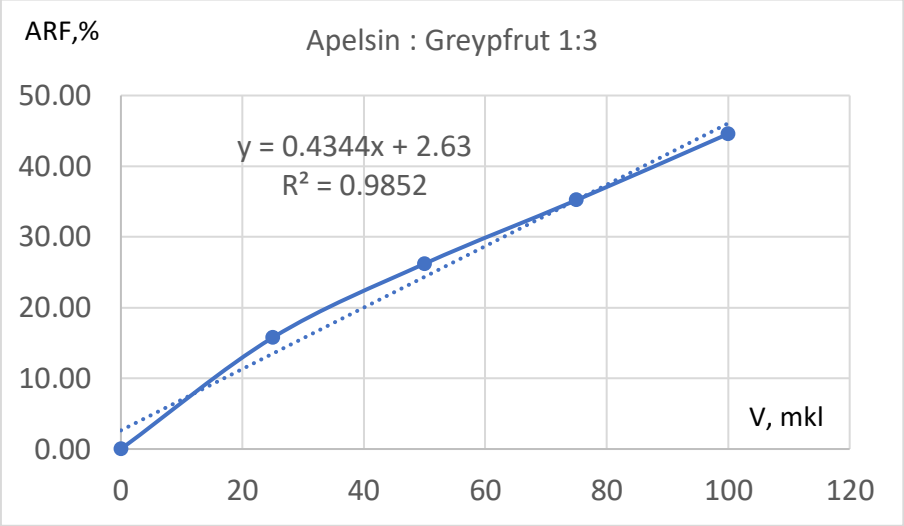
Объем экстракта, мкл	Время, минуты.	Оптический плотность, *D*	АРА, %	Объем экстракта, мкл	Время, минуты.	Оптический плотность, *D*	АРА, %
25	0	1,011	0,00	75	0	1,011	0,0
	5	0,883	12,66		5	0,696	31,2
	10	0,875	13,45		10	0,67	33,7
	15	0,87	13,95		15	0,661	34,6
	20	0,869	14,05		20	0,651	35,6
	25	0,864	14,54		25	0,644	36,3
	30	0,862	14,74		**30**	0,637	37,0
50	0	1,011	0,00	100	0	1,011	0,00
	5	0,796	21,27		5	0,609	39,76
	10	0,775	23,34		10	0,587	41,94
	15	0,76	24,83		15	0,576	43,03
	20	0,755	25,32		20	0,566	44,02
	25	0,749	25,91		25	0,556	45,00
	30	0,744	26,41		**30**	0,55	45,60

Обсуждение результатов

Анализ результатов, представленных в таблицах выше, показывает, что смеси кожуры апельсина и грейпфрута в различных соотношениях обладают высокой антирадикальной активностью. При неизменном объёме раствора DPPH, антирадикальная активность (АРА) всех экстрактов сначала резко возрастает, а затем, примерно к 25–30-й минуте, стабилизируется. Поэтому для дальнейших расчётов использовались значения АРА, полученные на 30-й минуте.

На основе этих данных можно определить минимальный объём экстракта, необходимый для нейтрализации 50% свободных радикалов DPPH, то есть значение IC_{50}. Для этого строится график зависимости антирадикальной активности (АРА, %) от объёма экстракта (мкл), использованного в эксперименте. Затем по методу наименьших квадратов [11] определяется математическое уравнение прямой линии, максимально точно аппроксимирующей экспериментальные точки (см. рисунок 1). Таким образом, метод позволяет количественно сравнить антирадикальные свойства исследуемых смесей и выявить наиболее эффективный состав на основе значения IC_{50}.





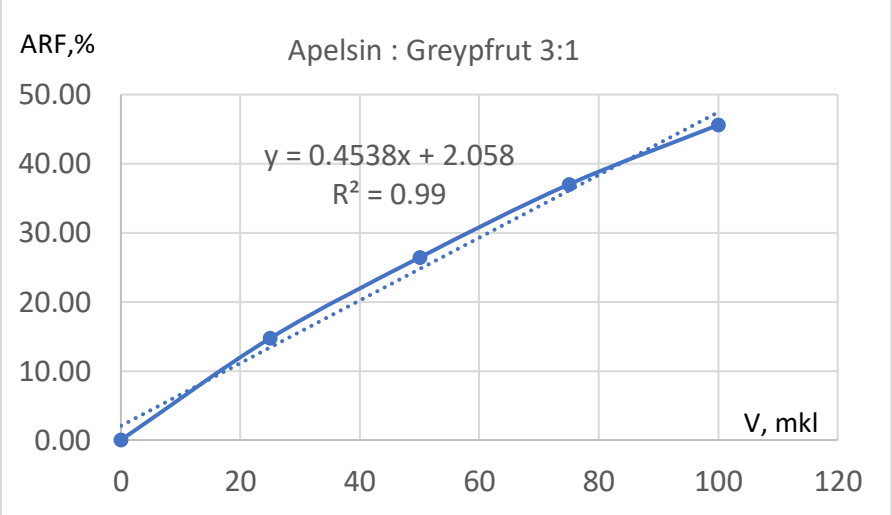


Рисунок 1. Графики зависимости значений антирадикальной активности (АРА, %) на 30-й минуте от объема спиртовых экстрактов смесей кожуры апельсина и красного грейпфрута в различных соотношениях и значения коэффициентов детерминации R^2, отражающих степень соответствия экспериментальных данных аппроксимирующим функциям.

С использованием вышеописанного метода были также рассчитаны значения коэффициента детерминации R^2, характеризующего степень соответствия между экспериментальными точками и теоретической прямой линией. Как видно из графиков, значения R^2 для обеих пищевых добавок близки к единице. Это указывает на высокую точность аппроксимации и, следовательно, на правомерность использования уравнений прямых линий для расчета показателей IC_{50}.

Таким образом, исходя из общего уравнения прямой линии вида y = mx + b, объём экстракта, обеспечивающий 50% антирадикальной активности (значение IC_{50}), был вычислен по формуле:

x = (y – b) / m

Расчёты дали следующие результаты:

Для смеси кожуры иранского апельсина и красного грейпфрута в соотношении 1:1:

IC_{50} = (50 – 0.4365) / 3.36 = 106.85 мкл

Для смеси в соотношении 1:3:

IC_{50} = (50 – 0.4344) / 2.63 = 109.05 мкл

Для смеси в соотношении 3:1:

IC_{50} = (50 – 0.4538) / 2.058 = 105.72 мкл

Эти результаты демонстрируют, что все три варианта экстрактов обладают сопоставимой антирадикальной активностью, однако наименьшее значение IC_{50} (наиболее эффективный состав) наблюдается у смеси с преобладанием апельсиновой кожуры (3:1), что делает её особенно перспективной для использования в качестве антиоксидантной пищевой добавки.

Данные значения свидетельствуют о высокой антирадикальной активности смесей, приготовленных на основе кожуры иранского апельсина и красного грейпфрута, особенно состава с соотношением 3:1, обладающего наивысшей активностью. Это указывает на наличие в этих смесях биологически активных веществ, способных предотвращать окислительный стресс в организме человека. Полученные результаты подтверждают перспективность использования данных композиций в медицине в качестве оздоровительных средств. Исходя из этого, мы рекомендуем использовать смесь кожуры иранского апельсина и красного грейпфрута в соотношении 3:1 по массе в качестве новой лечебно-профилактической пищевой добавки и условно называем её "Asshan".

Вывод. Эксперименты по определению способности спиртовых экстрактов смесей кожуры иранского апельсина и красного грейпфрута, в различных весовых соотношениях, нейтрализовать свободные радикалы DPPH показали их высокую антирадикальную активность. Минимальные объёмы спиртовых экстрактов, необходимые для 50%-го подавления свободных радикалов DPPH в стандартных условиях, составили соответственно 106.85, 109.05 и 105.72 мкл для смесей с соотношениями 1:1, 1:3 и 3:1. Следовательно, данные натуральные отходы могут быть использованы в качестве лечебно-профилактических средств в медицине.

Литературы

1. Zou, Z.; Xi, W.; Hu, Y.; Nie, C.; Zhou, Z. Antioxidant activity of Citrus fruits. Food Chem. 2016, 196, 885–896.
2. FAO. Citrus Fruit Fresh and Processed—Statistical Bulletin 2016. 2017. Available online: http://www.fao.org/3/a-i8092e.pdf (accessed on 24 January 2020).
3. Taghizadeh-Alisaraei, A.; Hosseini, S.H.; Ghobadian, B.; Motevali, A. Biofuel production from citrus wastes: A feasibility study in Iran. Renew. Sustain. Energy Rev. 2017, 69, 1100–1112.
4. Satari, B.; Karimi, K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. Resour. Conserv. Recycl. 2018, 129, 153–167.
5. Sharma, K.; Mahato, N.; Cho, M.H.; Lee, Y.R. Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmently friendly approaches. Nutrition 2017, 34, 29–46.
6. Hosseini, S.S.; Khodaiyan, F.; Yarmand, M.S. Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties. Int. J. Biol. Macromol. 2016, 82, 920–926.
7. Singh B., Singh J.P., Kaur A., Singh N. Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. Food Research International. 2020;132:109114.-P.1-22.
8. Gulcin I., Beydemir S., Sat I.G., Kufrevioglu O.I. Evaluation of antioxidant activity of cornelian cherry (Cornus mas L.). Acta Aliment. Hung. 2005, 34, 193–202 pp.
9. Blois M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 1958, 181, 1199–1200 pp.
10. Abdullaev S. S. Antiradical activity of food additives "Askarun" and "Askarufen". Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(4). -128-133 pp. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss4.2024.349.
11. Манаков В.М. Системы линейных алгебраических уравнений: учебное пособие / В.М. Манаков, В.В. Мухранова, Т.С. Нам – Хабаровск: Изд - во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 79 с. - ISBN 978-5-7389-1759-2.