Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

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

APELSIN VA GREYPFRUT MEVA PO‘STLOQLARI KOMPOZITSIYALARINING ANTIRADIKAL FAOLLIGI

Ibrohimjon Rahmonovich Asqarov
Andijon davlat universiteti, Kimyo kafedrasi professori, kimyo fanlari doktori, O‘zbekistonda xizmat ko‘rsatgan ixtirochi, O‘zbekiston TABOBAT Akademiyasi raisi
https://orcid.org/0000-0003-1625-0330

Nodira Ikromovna Ikromova
Andijon davlat universiteti, "Tovarlar kimyosi" mutaxassisligi tayanch doktoranti
https://orcid.org/0009-0000-5944-3832
E-mail: Nodina94@mail.ru

Shaxobidin Xasanboyevich Abdulloyev
Andijon davlat universiteti, Kimyo kafedrasi professori, kimyo fanlari doktori, O’zbekiston TABOBAT Akademiyasi a’zosi
https://orcid.org/0000-0002-6069-1785

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

Kalit so'zlar: apelsin, greypfrut, meva po`stlog`i, ekstraksiya, antiradikal faollik, difenilpikrilgidrazil, spektrofotometriya, IC50, oziq-ovqat qo`shilmasi

Annotatsiya

Chiqindi sifatida qaralayotgan apelsin va greypfrut meva po‘stloqlari asosida tayyorlangan har xil nisbatdagi aralashmalarining spirtli ekstraktlarini 2,2-difenil-1-pikrilgidrazil (DPPH) erkin radikallarini so`ndirish usulida baholash ularning yuqori antiradikal faollikka ega ekanligini ko`rsatdi. Standart sharoitda DPPH erkin radikallarini 50 foizga so`ndirish uchun yetarli bo`lgan 1:1, 1:3 va 3:1 nisbatli aralashmalarning 96 %-li etanoldagi ekstraktlari minimal hajmi, mos ravishda, 106.85, 109.05 va 105.72 mkl ekanligi aniqlandi. Ushbu natijalar apelsin va greypfrutning aralashmalari, ayniqsa, 3:1 nisbatdagi kompozitsiyasi tabobatda oksidlanish stressini oldini olishda istiqbolli shifobaxsh vositalar sifatida qo`llanilishi mumkinligiga dalolat beradi.

Havola uchun

Asqarov, I. R., Ikromova, N. I., & Abdulloyev, S. X. APELSIN VA GREYPFRUT MEVA PO‘STLOQLARI KOMPOZITSIYALARINING ANTIRADIKAL FAOLLIGI. Tovarlar Kimyosi Va Xalq Tabobati Jurnali, 4(5). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss5.2025.503

Kirish. Apelsin (*Citrus sinensis L. Osb.*) va greypfrut (Citrus paradisi) Rutaceae oilasiga mansub bo'lib, dunyoda eng ko'p ekiladigan va iste'mol qilinadigan sitrus mevalardan hisoblanadi [1]. 2023-2024-yillarda apelsin va greypfrut mevalarining ishlab chiqarilishi mos ravishda 48.82 va 6.9 million tonnani tashkil etdi. Dunyo bo'ylab yetishtirilgan apelsinning 80 foizi sanoat jarayonlari, asosan, sharbat ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan [2]. Biroq, sanoatlashgan sitrus mahsulotlarini ishlab chiqarish har yili 15-25 ming tonna chiqindilarni (po‘stloq, go‘sht va urug‘ qoldiqlarini) hosil bo’lishiga olib keladi [3]. So’nggi yillarda tadqiqotchilar bu mevalar po’stlogida juda ko’p miqdorda qimmatli biologik faol, jumladan, flavanoidlar, polifenollar, vitamin va efir moylari, pektinlar, alkaloid va minerallar moddalar borligini aniqladilar [4]. Bu esa o’z navbatida ularni oziq-ovqat, farmatsevtika va kosmetika sanoatida keng foydalanilishiga olib kelmoqda [5]. Xususan, xolesterinni kamaytirish, ichak faoliyatini yaxshilash, yallig’lanish va erkin radikallarni zararsizlantirish, qarishni sekinlashtirish, immunitetni kuchaytirish, organizmda yog’ almashinuvini tartibga solishda qo’llaniladi [6].

Biz olib borgan oldingi tadqiqotlarda apelsinning turli navlari, xususan, Eron, Afrika, Xitoy va Turkiya apelsinlari hamda greypfrutning sariq-yashil va qizil navlari meva po'stloqlarining antioksidantlik faolligini o'rganildi. Olingan natijalarga ko'ra va Eron apelsini va qizil greypfrut meva po'stloqlarining antioksidantlik faolligi yuqori faollikka ega ekanligi aniqlandi. Ushbu maqolada biologik faol moddalari me'yorlashtirilgan oziq-ovqat qo'shilmasi tayyorlash maqsadida Eron apelsini va qizil greypfrut mevalari po'stloqlari asosida tayyorlangan 1:1, 1:3 va 3;1 nisbatli aralashmalarning antiradikallik faolligini aniqlash bo`yicha olib borigan tadqiqotlar natijalari bayon qilingan.

Materiallar va metodlar.

Antiradikallik faollikni baholash. Etanolli eritmada barqaror binafsha rangli 2,2-difenil-1-pikrilgidrazil radikali (DPPH•) turli antiradikal (antioksidant) xususiyatli birikmalar ta'sirida juftlashmagan elektronini juftlastirishi tufayli rangsizlanish xossasiga ega bo`lganligi uchun, antiradikal faollikni spektrofotometrik baholashda keng qo'llaniladi [7 - 10]. Mazkur ishda Blois [8] tomonidan taklif etilgan DPPH• erkin radikallarini so`ndirishning takomillashtirilgan usulidan [9] foydalanib Eron apelsini va qizil greypfrut mevalari po'stloqlari asosida tayyorlangan 1:1, 1:3 va 3;1 nisbatli aralashmalar ekstraktlarining antiradikal faolligi baholandi.

DPPH• ishchi eritmasini tayyorlash. 100 ml hajmli o'lchov kolbasida etanolda (96 %) 7.92 mM DPPH• eritmasi tayyorlanib, yoruglik ta'siridan saqlash uchun alyuminiy qog'ozga o'ralib xona haroratida qorong'i joyda saqlandi.

Ekstraktlarini tayyorlash uchun 0.75 g quritish shkafida 35 oC temperaturada o`zgarmas massaga kelguncha quritilgan, tegirmonda maydalangan apelsin va qizil greypfrut mevalari po'stloqlari aralashmasi namunasini 25 ml 96 % li etanolda 20 daqiqa davomida, 60 oC temperaturada ultratovushli vannada ekstraksiya qilindi. Olingan ekstrakt tirqishli diametri 0,45 mkm bo`lgan shpritsli filtrdan o`tkazildi.

Ekstraktlarning antiradikallik xususiyatini baholash. Qalinligi 10 mm bo`lgan 4 ml hajmli kvarts kyuvetaga 3 ml DPPH ning etanoldagi eritmasi va 100 mkl etanol solib aralashtirib, spektrofotometrga joylashtirildi va YOKE K7000 spektrofotometrida 517 nm to'lqin uzunlikda 30 daqiqaning har 5 daqiqasida, optik zichlik (D1) qiymatlari o'lchandi. O`lcangan D1 qiymati vaqt davomida o`zgarmadi (1-3-jadvallar).

Sinaluvchi Eron apelsini va qizil greypfrut mevalari po'stloqlari asosida tayyorlangan 1:1, 1:3 va 3;1 nisbatli aralashmalar ekstraktlarini antiradikallik faolligini aniqlash uchun, aynan yuqoridagi kabi qalinligi 10 mm bo`lgan 4 ta alohida kyuvetalarga hajmi 25, 50, 75, 100 mkl filtrlangan o`simlik ekstrakti quyilib, ularning har biriga 3 ml dan DPPH eritmasi qo`silib aralashtirildi va etanol bilan umumiy hajmi 4,1 ml ga yetkazildi. Hosil bo`lgan kyuvetadagi eritma zudlik bilan aralashtirilib yuqorida bayon qilingan tartibda, 517 nm to`lqin uzunlikdadagi optik zichligi (D2) o'lchandi. O`lchangan optik zichliklar qiymatlari va ular asosida quyidagi formula

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

yordamida hisoblab topilgan Eron apelsini va qizil greypfrut mevalari po'stloqlari asosida tayyorlangan 1:1, 1:3 va 3;1 nisbatli aralashmalar ekstraktlarining antiradikal faolligi natijalari 1- 3-jadvallarda keltirildi.

1-jadval.

DPPH eritmasiga har xil hajmda qo'shilgan 1:1 nisbatdagi apelsin va qizil greypfrut meva po'stloqlari aralashmasi spirtli ektraktining 517 nm to`lqin uzunlikda o'lchangan optik zichligi qiymatlari va hisoblangan antiradikallik faolligi (ARF).

Ekstrakt hajmi, mkl	Vaqt, daq.	Optik zichlik, *D*	ARF, %	Ekstrakt hajmi, mkl	Vaqt, daq.	Optik zichlik, *D*	ARF, %
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

2-jadval.

DPPH eritmasiga har xil hajmda qo‘shilgan 1:3 nisbatdagi apelsin va qizil greypfrut meva po‘stloqlari aralashmasi spirtli ektraktining 517 nm to`lqin uzunlikda o‘lchangan optik zichligi qiymatlari va hisoblangan antiradikallik faolligi (ARF).

Ekstrakt hajmi, mkl	Vaqt, daq.	Optik zichlik, *D*	ARF, %	Ekstrakt hajmi, mkl	Vaqt, daq.	Optik zichlik, *D*	ARF, %
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

3-jadval.

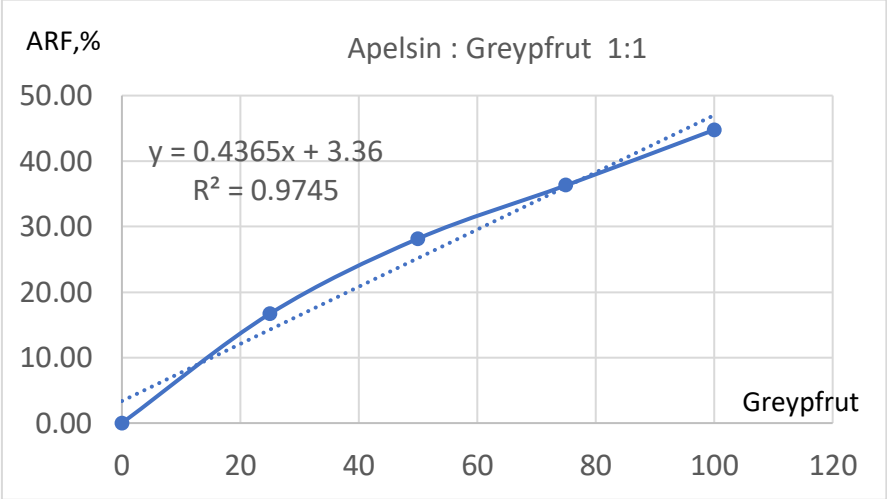
DPPH eritmasiga har xil hajmda qo‘shilgan 3:1 nisbatdagi apelsin va qizil greypfrut meva po‘stloqlari aralashmasi spirtli ektraktining 517 nm to`lqin uzunlikda o‘lchangan optik zichligi qiymatlari va hisoblangan antiradikallik faolligi (ARF).

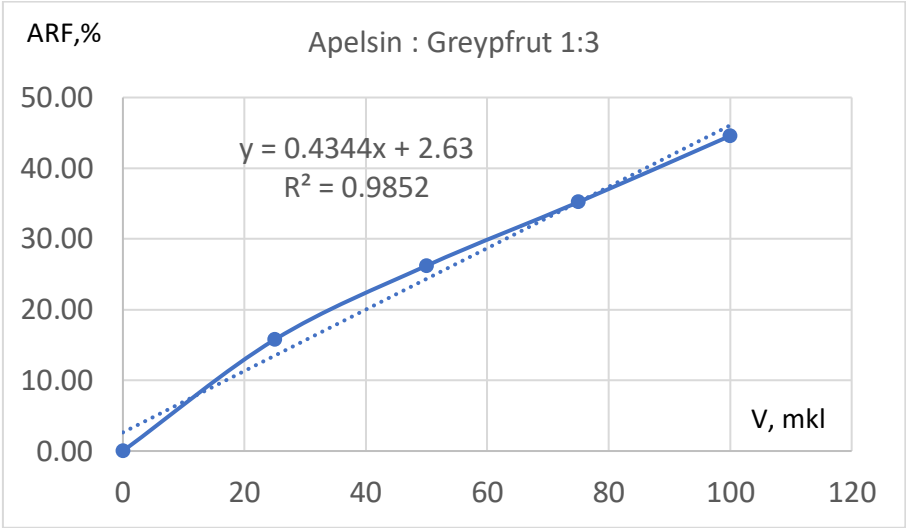
Ekstrakt hajmi, mkl	Vaqt, daq.	Optik zichlik, *D*	ARF, %	Ekstrakt hajmi, mkl	Vaqt, daq.	Optik zichlik, *D*	ARF, %
25	0	1,011	0,00	75	0	1,011	0,0
	5	0,883	12,66		5	0,696	31,2
	10	0,875	13,45		10	0,67	33,7
	15	0,87	13,95		15	0,661	34,6
	20	0,869	14,05		20	0,651	35,6
	25	0,864	14,54		25	0,644	36,3

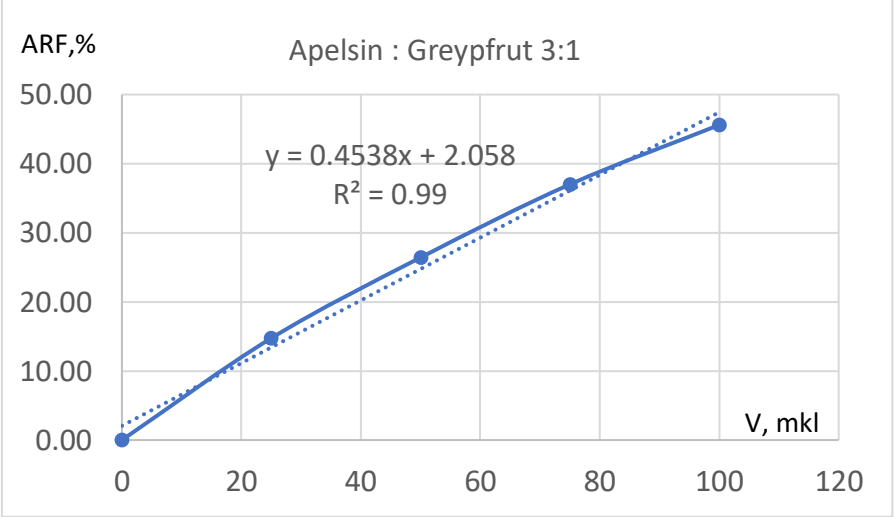
	30	0,862	14,74		**30**	0,637	37,0
50	0	1,011	0,00	100	0	1,011	0,00
	5	0,796	21,27		5	0,609	39,76
	10	0,775	23,34		10	0,587	41,94
	15	0,76	24,83		15	0,576	43,03
	20	0,755	25,32		20	0,566	44,02
	25	0,749	25,91		25	0,556	45,00
	30	0,744	26,41		**30**	0,55	45,60

Natijalar muhokamasi.

Yuqoridagi jadvallarda keltirilgan natijalar tahlili turli nisbatlardagi apelsin va greypfrut meva po`stloqlari aralashmalari antiradikal faolligi yuqori ekanligini ko`rsatadi. Ekstrakt hajmi o`zgarmagan holda ekstraktning barcha hajmlari uchun dastlab ARF keskin ortib borib, 25-30 daqiqalarda deyarli o`zgarmay qolganligi kuzatildi. Shuning uchun, 30-daqiqada olingan ARF qiymatlaridan foydalanib sinalayotgan kompozitlar ekstraktlarining DPPH erkin radikallarini 50 % gacha so`ndishi uchun yetarli bo`lgan minimal hajmini, ya'ni IC_{50} qiymatini topish mumkin bo`ladi. Buning uchun har bir tajribada 30-daqiqadagi antiradikallik faolliklari (ARF,%) qiymatlarining tajriba uchun olingan oziq-ovqat qo`shilma ekstrakti hajmi orasidagi grafigi tuzilib, eng kichik kvadratlar metodidan [11] foydalanib eksperimental nuqtalarga eng yaqin bo`lgan to`gri chiziq funksiyasining matematik formulasi aniqlandi (1-rasm).







1-rasm. Turli nisbatlardagi apelsin va qizil greypfrut meva po‘stloqlari aralashmasi spirtli ekstraktlarining 30-daqiqada aniqlangan ARF (%) qiymatlarining ularning hajmlariga bog’liqlik grafiklari va bu grafiklarga mos keluvchi eng yaqin to`g`ri chiziq funktsiya formulalari hamda to`g`ri chiziqning erksperimental nuqtalarga yaqinligini ko`rsatuvchi R^2 qiymatlari.

Aynan shu metod yordamida eksperimental nuqtalar va nazariy to`g`ri chiziq orasidagi yaqinlikni tavsiflovchi parametr R^2 qiymatlari ham hisoblandi. Rasmlardan ko`rinib turibdiki, ikkala oziq-ovqat qo`shilmasi uchun R^2 qiymatlari birga yaqin. Bu esa, topilgan to`g`ri chiziq formulalaridan foydalanib, yuqori aniqlik bilan namunalarning IC_{50} ko`rsatkichlarini hisoblashga haqli ekanligimizni ifodalaydi.

Shunday qilib, eksperimental nuqtalarga eng yaqin nazariy to`g`ri chiziq formulasi $y=mx+b$ dan kelib chiqib, 50 % ARF ta’minlovchi hajm (IC_{50}) qiymatini $x=(y-b)/m$ formula asosida hisoblab topdik. Eron apelsini va qizil greypfrut mevalari po‘stloqlari asosida tayyorlangan 1:1 nisbatli aralashma uchun bu qiymat

$$IC_{50} = \frac{(50-0.4365)}{3.36} = 106.85\ mkl \text{ ni}$$

tashkil etdi. 1:3 nisbatli aralashma uchun

$$IC_{50} = \frac{(50-0.4344)}{2.63} = 109.05\ mkl \text{ ni}$$

tashkil etgan bo’lsa, 3:1 nisbatli aralashma uchun esa,

$$IC_{50} = \frac{(50-0.4538)}{2.058} = 105.72\ mkl \text{ natijani ko`rsatdi.}$$

Ushbu qiymatlar Eron apelsini va qizil greypfrut mevalari po‘stloqlari asosida tayyorlangan aralashmalarning antiradikallik faolligi yuqori ekanligini, ayniqsa, 3:1 nisbatli aralashmaning faolligi eng yuqoriligini hamda ularning tarkibida odam organizmidagi oksidlanish stressini oldini oluvchi biologik faol moddalar mavjudligiga dalolat beradi. Olingan natijalar ushbu aralashmalarning tabobatda istiqbolli shifobaxsh vositalar sifatida qo`llash mumkinligini tasdiqlaydi. Shundan kelib chiqib, antiradikallik faolligi eng yuqori bo`lgan Eron apelsini va qizil greypfrut mevalari po‘stloqlari 3:1 og`irlik nisbatdagi aralashmasini yangi shifobaxsh oziq-ovqat qo`shilmasi sifatida qo`llashga tavsiya etamiz va shartli ravishda uni “Asshan” deb nomlaymiz.

Xulosa. Chiqindi sifatida qaralayotgan Eron apelsini va qizil greyfruit meva po‘stloqlari kompozitsiyasi asosida tayyorlangan har xil og`irlik nisbatdagi aralashmalarning spirtli ekstyraktlarining DPPH erkin radikallarini so`ndirish xususiyatini sinovdan o`tkazish tajribalari ularning yuqori antiradikal faollikka ega ekanligini ko`rsatdi. Standart sharoitda DPPH erkin radikallarini 50 foizga so`ndirish uchun yetarli bo`lgan Eron apelsini va qizil greypfrut mevalari po‘stloqlari asosida tayyorlangan 1:1, 1:3 va 3:1 nisbatli aralashmalarining spirtli ekstraktlari minimal hajmi mos ravishda 106.85, 109.05 va 105.72 mkl ni tashkil qildi. Demak, mazkur tabiiy chiqindi mahsulotlotlari tabobatda shifobaxsh vositalar sifatida qo`llanilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

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.

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.

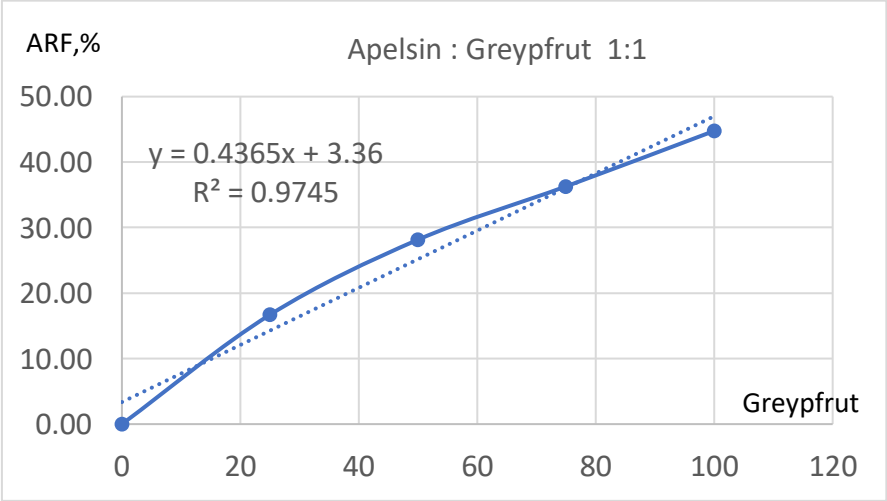
Значения оптической плотности, измеренные при длине волны 517 нм, и рассчитанная антирадикальная активность (АРА) спиртового экстракта смеси кожуры апельсина и красного грейпфрута в соотношении 3:1, добавленного в различных объемах к раствору DPPH.

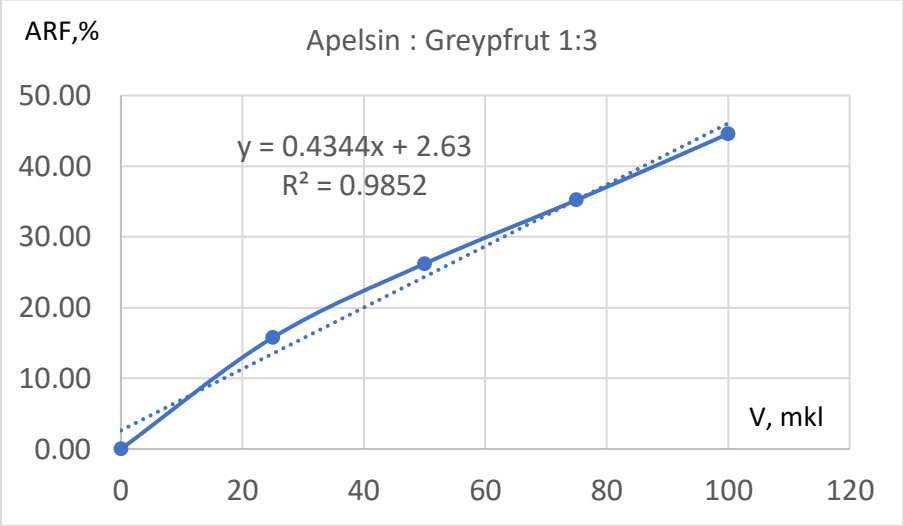
Объем экстракта, мкл	Время, минуты.	Оптический плотность, *D*	АРА, %	Объем экстракта, мкл	Время, минуты.	Оптический плотность, *D*	АРА, %
25	0	1,011	0,00	75	0	1,011	0,0
	5	0,883	12,66		5	0,696	31,2
	10	0,875	13,45		10	0,67	33,7
	15	0,87	13,95		15	0,661	34,6
	20	0,869	14,05		20	0,651	35,6
	25	0,864	14,54		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}.





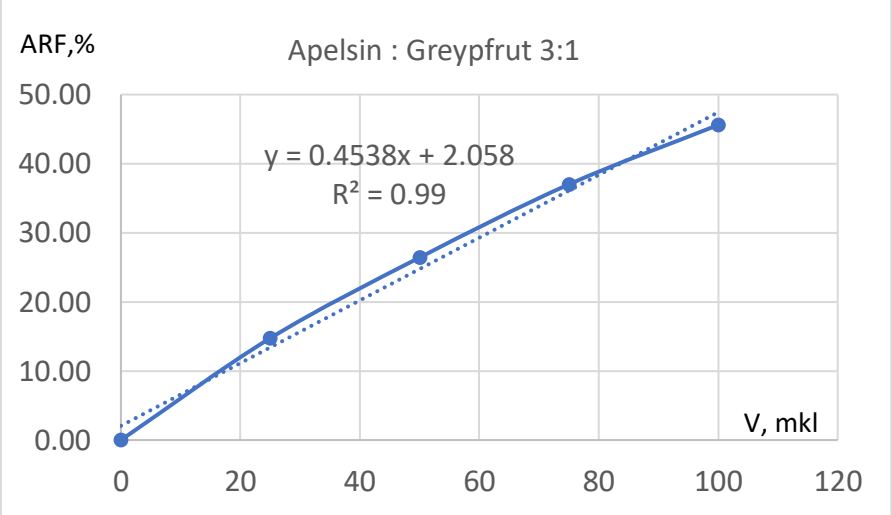


Рисунок 1. Графики зависимости значений антирадикальной активности (АРА, %) на 30-й минуте от объема спиртовых экстрактов смесей кожуры апельсина и красного грейпфрута в различных соотношениях и значения коэффициентов детерминации R^2, отражающих степень соответствия экспериментальных данных аппроксимирующим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

Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

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

ANTIRADICAL ACTIVITY OF ORANGE AND GRAPEFRUIT PEEL COMPOSITIONS

Ibragim R. Askarov
Andijan State University, Professor of the Department of Chemistry, Doctor of Chemistry, Honored Inventor of Uzbekistan, Chairman of the TABOBAT Academy of Uzbekistan
https://orcid.org/0000-0003-1625-0330

Nodira I. Ikromova
Andijan State University, Basic doctoral student in the specialty "Chemistry of Goods"
https://orcid.org/0009-0000-5944-3832
E-mail: Nodina94@mail.ru

Shakhobidin Kh. Abdulloev
Andijan State University, Professor of the Department of Chemistry, Doctor of Chemical Sciences, Member of the Tabobat Academy of Uzbekistan
https://orcid.org/0000-0002-6069-1785

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

Keywords:
Citrus peel, orange, grapefruit, antioxidant, adrenaline, autooxidation, inhibition, aqueous extract, alcoholic extract, optical density

Annotation.
The evaluation of alcoholic extracts of mixtures in various ratios prepared from orange and grapefruit peels, considered as waste materials, using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging method, demonstrated their high antiradical activity. It was found that, under standard conditions, the minimum volumes of extracts in 96% ethanol required to inhibit 50% of DPPH free radicals were 106.85, 109.05, and 105.72 μL for the mixtures with ratios of 1:1, 1:3, and 3:1, respectively. These results suggest that the mixtures of orange and grapefruit peels, especially the 3:1 composition, may be considered as promising therapeutic agents for the prevention of oxidative stress in medicine.

How to Cite
Askarov, I. R., Ikromova, N. I., & Abdulloev, S. K. ANTIRADICAL ACTIVITY OF ORANGE AND GRAPEFRUIT PEEL COMPOSITIONS. Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 4(5). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss5.2025.503

Introduction. Orange (*Citrus sinensis* L. Osb.) and grapefruit (*Citrus paradisi*) belong to the Rutaceae family and are among the most widely cultivated and consumed citrus fruits in the world [1]. In the 2023–2024 period, the global production of oranges and grapefruits amounted to 48.82 and 6.9 million tons, respectively. Approximately 80% of the oranges grown worldwide are used for industrial purposes, primarily for juice production [2]. However, industrial citrus processing generates 15–25 thousand tons of waste annually, including peels, pulp, and seeds [3].

In recent years, researchers have found that citrus peels contain a significant amount of valuable biologically active compounds, including flavonoids, polyphenols, vitamins and essential oils, pectins, alkaloids, and minerals [4]. This discovery has led to their extensive use in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries [5]. Specifically, these compounds are used to reduce cholesterol levels, improve intestinal function, neutralize inflammation and free radicals, slow aging, strengthen the immune system, and regulate fat metabolism in the human body [6].

In our previous studies, the antioxidant activity of the peels of various orange cultivars specifically those from Iran, Africa, China, and Turkey as well as yellow-green and red grapefruit varieties, was

investigated. According to the results obtained, the peels of Iranian oranges and red grapefruits exhibited high antioxidant activity. This article presents the findings of research aimed at determining the antiradical activity of mixtures made from Iranian orange and red grapefruit peels in the ratios of 1:1, 1:3, and 3:1, with the goal of developing a food additive with a standardized content of biologically active compounds.

Materials and Methods

Evaluation of Antiradical Activity. The stable violet-colored radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•) in ethanol solution has the ability to become decolorized in the presence of compounds with antiradical (antioxidant) properties due to the pairing of its unpaired electron. For this reason, it is widely used in spectrophotometric assessments of antiradical activity [7 - 10].

In the present study, the antiradical activity of ethanol extracts from mixtures of Iranian orange and red grapefruit peels in the ratios of 1:1, 1:3, and 3:1 was evaluated using an improved method of DPPH• radical scavenging originally proposed by Blois [8] and further refined in [9].

Preparation of the DPPH• Working Solution. A DPPH• solution (7.92 mM) was prepared in 96% ethanol in a 100 ml volumetric flask. The flask was wrapped in aluminum foil to protect the solution from light and stored in a dark place at room temperature.

Extraction. To obtain the extracts, 0.75 g of a mixture of orange and red grapefruit peels—dried to constant weight at 35 °C in a drying oven and ground—was extracted in 25 ml of 96% ethanol at 60 °C for 20 minutes using an ultrasonic bath. The resulting extract was filtered through a syringe filter with a pore diameter of 0.45 μm.

Evaluation of the Antiradical Activity of the Extracts. A quartz cuvette with a volume of 4 ml and a thickness of 10 mm was filled with 3 ml of DPPH solution in ethanol and 100 μl of ethanol, then thoroughly mixed and placed in a YOKE K7000 spectrophotometer. The optical density (D_1) was measured at a wavelength of 517 nm every 5 minutes over a 30-minute period. The D_1 values remained stable (see Tables 1–3).

To assess the antiradical activity of the ethanol extracts of the Iranian orange and red grapefruit peel mixtures in ratios of 1:1, 1:3, and 3:1, 25, 50, 75, and 100 μl of each filtered plant extract were added to four separate 10 mm cuvettes. Then, 3 ml of DPPH solution was added to each cuvette, and the total volume was brought up to 4.1 ml with ethanol. The mixtures were immediately stirred, and their optical density (D_2) was measured at 517 nm.

Antiradical activity (ARA, %) was calculated using the formula: $ARA, \% = ((D_1 – D_2) / D_1) \times 100$.

The results of the antiradical activity measurements for the mixtures in the ratios 1:1, 1:3, and 3:1 are presented in Tables 1–3.

Table 1.

Optical density values measured at a wavelength of 517 nm and the calculated antiradical activity (ARA, %) of the ethanol extract of a 1:1 mixture of orange and red grapefruit peels, added in varying volumes to the DPPH solution.

Extract volume, μl	Time, minutes.	Optic density, *D*	ARF, %	Extract volume, μl	Time, minutes.	Optic density, *D*	ARF, %
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

Table 2.

Optical density values measured at a wavelength of 517 nm and the calculated antiradical activity (ARA, %) of the ethanol extract of a 1:3 mixture of orange and red grapefruit peels, added in varying volumes to the DPPH solution.

Extract volume, µl	Time, minutes.	Optic density, *D*	ARF, %	Extract volume, µl	Time, minutes.	Optic density, *D*	ARF, %
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

Table 3.

Optical density values measured at a wavelength of 517 nm and the calculated antiradical activity (ARA, %) of the ethanol extract of a 3:1 mixture of orange and red grapefruit peels, added in varying volumes to the DPPH solution.

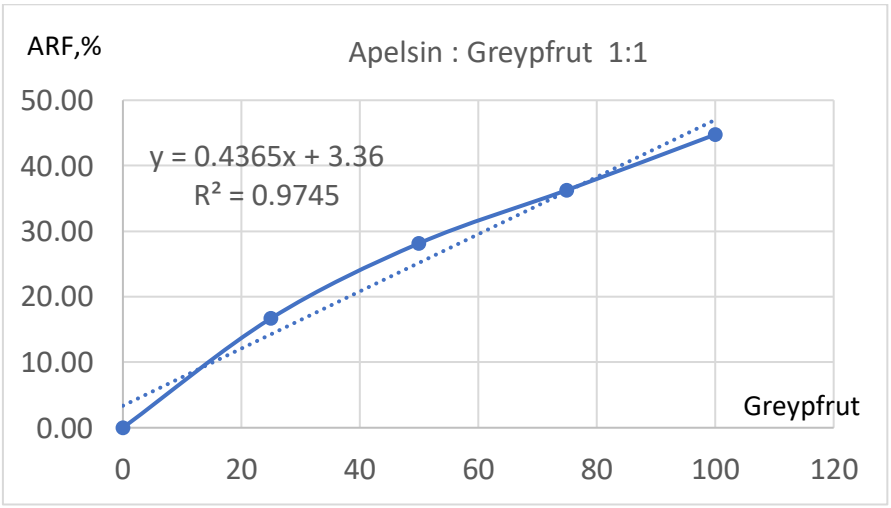
Extract volume, µl	Time, minutes.	Optic density, *D*	ARF, %	Extract volume, µl	Time, minutes.	Optic density, *D*	ARF, %
25	0	1,011	0,00	75	0	1,011	0,0
	5	0,883	12,66		5	0,696	31,2
	10	0,875	13,45		10	0,67	33,7
	15	0,87	13,95		15	0,661	34,6
	20	0,869	14,05		20	0,651	35,6
	25	0,864	14,54		25	0,644	36,3
	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

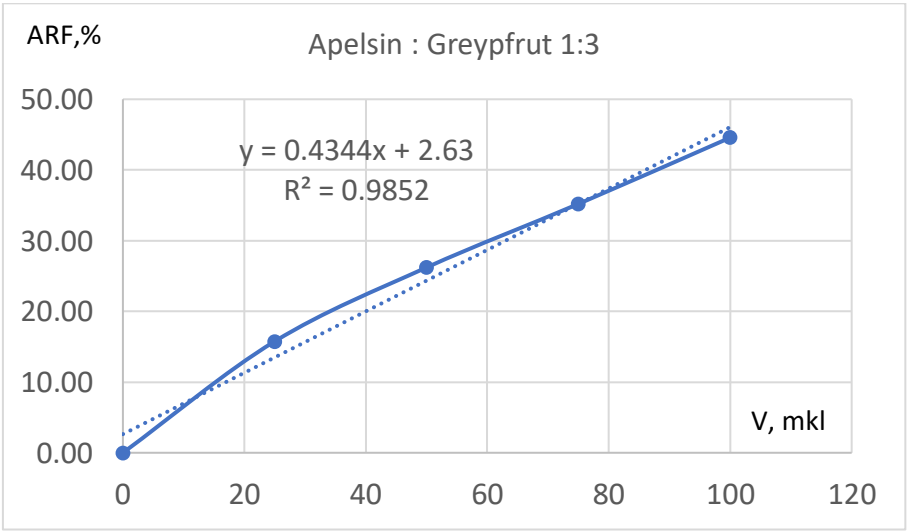
	20	0,755	25,32		20	0,566	44,02
	25	0,749	25,91		25	0,556	45,00
	30	0,744	26,41		**30**	0,55	45,60

Discussion of Results

Analysis of the results presented in the tables above shows that mixtures of orange and grapefruit peels in various ratios exhibit high antiradical activity. When the volume of the DPPH solution remains constant, the antiradical activity (ARA) of all extracts initially increases sharply and then stabilizes around the 25–30 minute mark. Therefore, ARA values measured at the 30-minute point were used for further calculations.

Based on these data, it is possible to determine the minimum volume of extract required to neutralize 50% of DPPH free radicals—this is known as the IC_{50} value. To determine this, a graph is plotted showing the dependence of antiradical activity (ARA, %) on the volume of extract (µl) used in the experiment. Then, using the least squares method [11], a mathematical equation for the straight line that best fits the experimental data is determined (see Figure 1). Thus, the method allows for a quantitative comparison of the antiradical properties of the tested mixtures and makes it possible to identify the most effective composition based on the IC_{50} value.





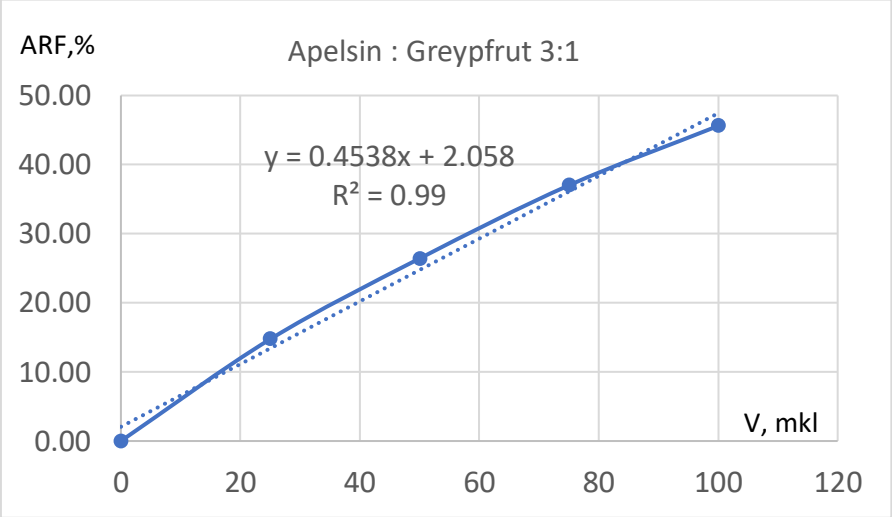


Figure 1. Graphs showing the dependence of antiradical activity values (ARA, %) at the 30th minute on the volume of ethanol extracts of orange and red grapefruit peel mixtures in different ratios (1:1, 1:3, and 3:1), along with the determination coefficients (R^2) indicating the degree of fit between the experimental data and the corresponding linear regression functions.

Using the method described above, the determination coefficients *(R^2)*, which indicate the degree of fit between the experimental data points and the theoretical straight-line regression, were also calculated. As can be seen from the graphs, the R^2 values for all mixtures are close to one. This indicates a high approximation accuracy and, therefore, justifies the use of linear equations to calculate the IC_{50} values.

Thus, based on the general linear equation $y = mx + b$, the volume of extract providing 50% antiradical activity (IC_{50} value) was calculated using the formula:

$x = (y - b) / m$

The calculations yielded the following results:

For the 1:1 mixture of Iranian orange and red grapefruit peel:

$IC_{50} = (50 - 0.4365) / 3.36 = 106.85\ \mu l$

For the 1:3 mixture:

$IC_{50} = (50 - 0.4344) / 2.63 = 109.05\ \mu l$

For the 3:1 mixture:

$IC_{50} = (50 - 0.4538) / 2.058 = 105.72\ \mu l$

These results show that all three extract variants possess comparable antiradical activity. However, the lowest IC_{50} value—indicating the highest efficiency—was observed in the mixture with a higher proportion of orange peel (3:1), making it particularly promising as an antioxidant food supplement.

These values confirm the high antiradical activity of the mixtures prepared from Iranian orange and red grapefruit peels, especially the 3:1 ratio, which showed the strongest effect. This suggests that these mixtures contain biologically active compounds capable of preventing oxidative stress in the human body. The results support the potential use of these compositions as health-promoting agents in medicine.

Based on these findings, we recommend the 3:1 (orange to grapefruit peel) mixture as a novel therapeutic and preventive food additive, which we provisionally name "Asshan."

Conclusion. Experiments aimed at determining the ability of ethanol extracts from mixtures of Iranian orange and red grapefruit peels—prepared in different weight ratios—to neutralize DPPH free radicals demonstrated their high antiradical activity. The minimum volumes of ethanol extracts required to suppress 50% of DPPH free radicals under standard conditions were 106.85 µl, 109.05 µl, and 105.72 µl for the 1:1, 1:3, and 3:1 mixture, respectively. Therefore, these natural waste products show promising potential for use as therapeutic and preventive agents in medicine.

References

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.