UO'K: 543.544.5.068.7:635.55

RUKKOLA (ERUCA SATIVA L.) O'SIMLIGINING ERKIN MONOSAXARIDLAR TARKIBINI YUQORI SAMARALI SUYUQLIK XROMATOGRAFIYASI (HPLC-RID) USULIDA ANIQLASH

Amanova Oyjamol Zikir qizi
Toshkent kimyo texnologiya insitituti Asisstent
Barakayev Nusratilla Rajabovich
Olmaliq davlat texnika institute Professor

Annotatsiya. Ushbu maqolada Brassicaceae (karamdoshlar) oilasiga mansub bir yillik o'simlik bo'lgan rukkola (Eruca sativa L.) namunasidagi erkin monosaxaridlar tarkibi yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC), refraktometrik detektor (RID) yordamida o'rganildi. Xromatogrammada uchta asosiy pik qayd etilib, ular chiqish vaqtlari (Rt) bo'yicha glyukoza (Rt=6,452 min), arabinoza (Rt=13,411 min) va riboza (Rt=16,792 min) sifatida identifikatsiya qilindi. Aniqlangan piklarning umumiy yuzasidagi nisbiy ulushi glyukoza uchun 43,03 %, ribozaga 41,43 % va arabinozaga 15,54 % ni tashkil etdi. Olingan natijalar rukkolaning uglevod-monosaxarid profilini shakllantirishda geksoza (glyukoza) va pentozalar (arabinoza, riboza) taxminan teng nisbatda ishtirok etishini ko'rsatadi va bu o'simlikning oziqaviy hamda funksional xususiyatlarini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari, shuningdek, rukkolaning boshqa Brassicaceae vakillari bilan solishtirma tahlilini ham qamrab oladi va uning uglevod profilini shakllantiruvchi omillarni yoritadi.

Kalit so'zlar: rukkola, Eruca sativa, monosaxaridlar, glyukoza, arabinoza, riboza, HPLC-RID, refraktometrik detektor, uglevodlar.

Аннотация В данной статье изучен состав свободных моносахаридов в образце руккулы (Eruca sativa L.) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с рефрактометрическим детектором (РИД). На хроматограмме зафиксированы три основных пика, идентифицированные по времени удерживания (Rt) как глюкоза (Rt=6,452 мин), арабиноза (Rt=13,411 мин) и рибоза (Rt=16,792 мин). Относительная доля от суммарной площади пиков составила для глюкозы 43,03 %, рибозы 41,43 % и арабинозы 15,54 %. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в углеводном профиле руккулы гексоза (глюкоза) и пентозы (арабиноза, рибоза) присутствуют в сопоставимых количествах.

Ключевые слова: руккула, Eruca sativa, моносахариды, глюкоза, арабиноза, рибоза, ВЭЖХ-РИД, рефрактометрический детектор, углеводы.

Abstract. This article presents the analysis of free monosaccharides in a sample of rocket/arugula (Eruca sativa L.) by high-performance liquid chromatography

(HPLC) with a refractive index detector (RID). Three major peaks were recorded and identified by retention time (Rt) as glucose (Rt=6.452 min), arabinose (Rt=13.411 min) and ribose (Rt=16.792 min). Their relative share of the total peak area was 43.03% for glucose, 41.43% for ribose and 15.54% for arabinose. The results show that the hexose (glucose) and pentoses (arabinose, ribose) are present in comparable amounts in the carbohydrate profile of rocket, which is important for evaluating its nutritional and functional value.

Keywords: rocket, Eruca sativa, monosaccharides, glucose, arabinose, ribose, HPLC-RID, refractive index detector, carbohydrates.

KIRISH.

Rukkola (Eruca sativa L.) Brassicaceae (karamdoshlar) oilasiga mansub, O'rta yer dengizi mintaqasidan kelib chiqqan, hozirda dunyoning ko'plab mamlakatlarida, jumladan O'zbekistonda ham keng ekiladigan yaproqli sabzavot ekinidir. U o'ziga xos achchiq-o'tkir ta'mi, yuqori antioksidant faolligi, glyukozinolatlar, flavonoidlar, vitaminlar va mineral moddalarga boyligi bilan ajralib turadi va funksional oziq-ovqat sifatida tobora katta qiziqish uyg'otmoqda [1, 2].

So'nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar rukkolaning nafaqat glyukozinolatlar va fenol birikmalari, balki vitamin (A, C, K guruhi), mineral moddalar (ayniqsa kalsiy) hamda pishiriq tolasi (dietary fiber) jihatidan ham boy ekanligini ko'rsatmoqda, bu esa uni "superoziq" (superfood) sifatida tavsiflashga asos bermoqda va suyak, immun hamda yurak-qon tomir tizimi salomatligini qo'llab-quvvatlashdagi ahamiyatini oshiradi [5]. Shu bilan birga, o'simlikning turli o'sish bosqichlarida — urug'lardan ninachalar (sprouts) va mikrosabzavotlar (microgreens) shaklida yetishtirilishi ham uning oziqaviy tarkibiga, jumladan oqsil va biofaol moddalar miqdoriga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan [6].

O'simlik xom ashyosining kimyoviy tarkibini, jumladan erkin monosaxaridlar profilini o'rganish nafaqat uning ozuqaviy qiymatini baholash, balki texnologik qayta ishlash jarayonlarini (ekstraksiya, quritish, konservalash) optimallashtirish uchun ham muhim ahamiyatga ega. Uglevodlar o'simlik hujayrasining asosiy energetik va tuzilma komponentlaridan biri bo'lib, ularning miqdoriy va sifat tarkibi o'simlik turiga, o'sish sharoitlariga hamda vegetatsiya bosqichiga bog'liq holda o'zgarib turadi. Xususan, turli genotiplarni har xil dala sharoitlarida (masalan, Buyuk Britaniya va Italiya iqlim mintaqalarida) yetishtirish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarda qandlar miqdorining o'n barobargacha farqlanishi (bir necha mg/g quruq massadan deyarli 30 mg/g quruq massagacha)

ISSN 3030-3907

qayd etilgan, bu esa atrof-muhit omillarining uglevod almashinuviga kuchli ta'sirini ko'rsatadi [4].

Brassicaceae oilasi vakillari, jumladan rukkola, karam, turp va boshqa turlar bo'yicha olib borilgan ko'plab tadqiqotlar ularning biokimyoviy tarkibini, ayniqsa glyukozinolatlar, flavonoidlar va uchuvchan birikmalar profilini keng o'rganishga bag'ishlangan [1, 2, 3]. Biroq erkin monosaxaridlar (glyukoza, fruktoza, arabinoza, riboza va boshqalar) tarkibini alohida, aniq miqdoriy usullar bilan tahlil qilishga bag'ishlangan ishlar nisbatan kamroq uchraydi, garchi bu ko'rsatkichlar o'simlikning umumiy uglevod-energetik holatini va ikkilamchi metabolitlar (glyukozinolatlar, fenollar) sintezi bilan bog'liqligini aks ettiruvchi muhim parametr hisoblanadi.

Genom va transkriptom darajasida o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, rukkola bargidagi glyukoza kontsentratsiyasi glyukozinolatlar biosintezi bilan bog'liq ko'plab genlarning ekspressiyasi bilan ijobiy korrelyatsiyada bo'ladi, bu esa uglevod almashinuvi bilan ikkilamchi metabolitlar sintezi o'rtasidagi chambarchas bog'liqlikni tasdiqlaydi [7]. Bundan tashqari, rukkola ekstraktlaridagi yog' kislotalari boy fraksiyasining antidiabetik xususiyatlari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar o'simlikning uglevod-lipid almashinuviga bog'liq funksional salohiyatini yana bir bor tasdiqlaydi [8].

Erkin qandlarni (glyukoza, fruktoza, saxaroza, arabinoza, riboza va boshqalar) aniqlashning eng ishonchli va keng qo'llaniladigan usullaridan biri — yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) bo'lib, u ko'pincha refraktometrik detektor (RID) bilan birgalikda qo'llaniladi, chunki qandlar xromofor guruhlarga ega emas va ularni UF-detektor bilan bevosita qayd etib bo'lmaydi [3]. HPLC-RID usuli o'simlik va oziq-ovqat namunalaridagi individual qandlarni yuqori selektivlik va takrorlanuvchanlik bilan aniqlash imkonini beradi [4]. So'nggi yillarda ishlab chiqilgan va validatsiya qilingan HPLC-RID metodikalari turli xil o'simlik va oziq-ovqat matritsalari (olma sharbati, mayonez, shifobaxsh o'simliklar va boshqalar) uchun 0,997 dan yuqori chiziqlilik koeffitsiyenti (R^2), past aniqlash (LOD) va miqdoriy aniqlash chegaralari (LOQ) hamda 5 % dan past nisbiy standart chetlanish (RSD) ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadi, bu usulning yuqori ishonchliligini tasdiqlaydi [9, 10, 11].

Shu bilan birga, adabiyotlarda ta'kidlanishicha, har qanday xromatografik usulni amaliyotga tatbiq etishdan oldin uni Xalqaro Garmonizatsiya Konferentsiyasi (ICH Q2(R1)) tavsiyalariga muvofiq validatsiya qilish — ya'ni chiziqlilik, aniqlik, takrorlanuvchanlik, LOD/LOQ kabi ko'rsatkichlarni tekshirish talab etiladi [12, 13]. Kalibrlash egri chizig'ining statistik jihatdan ishonchli bo'lmasligi amaliyotda tez-tez uchraydigan muammo bo'lib, bunday holatlarda tadqiqotchilar odatda natijalarni nisbiy (masalan, "Area Percent") ko'rinishda

ISSN 3030-3907

taqdim etish bilan cheklanadilar, bu esa skrining xarakteridagi dastlabki ma'lumot sifatida qaraladi.

Rukkola (Eruca sativa L.) o'simligi namunasidagi erkin monosaxaridlar (glyukoza, arabinoza, riboza) tarkibini yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi, refraktometrik detektor (HPLC-RID) usulida aniqlash va olingan natijalarni tahlil qilishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: rukkola namunasini standart tartibda tayyorlash va erkin qandlarni ekstraksiya qilish; HPLC-RID tizimida xromatografik tahlil o'tkazish; qayd etilgan piklarni chiqish vaqtlari bo'yicha identifikatsiya qilish; har bir komponentning nisbiy ulushini hisoblash; olingan natijalarni adabiyot ma'lumotlari bilan solishtirib, ularning biologik va oziqaviy ahamiyatini muhokama qilish.

Rukkola (Eruca sativa L.) o'simligining yer usti (vegetativ) qismidan olingan namuna xizmat qildi. Namuna standart tartibda quritilib, 0,1–1,5 mm o'lchamgacha maydalandi, so'ngra erkin qandlarni ekstraksiya qilish uchun umumiy qabul qilingan usul — issiq distillangan suv (yoki suvli-spirtli aralashma) yordamida ekstraksiya, so'ngra ekstraktni sovutish, filtrlash (0,45 mkm membranali filtr orqali) va HPLC tizimiga in'yeksiya qilishdan iborat protsedura bo'yicha tayyorlandi.

Namuna tayyorlash bosqichida ekstraksiya harorati va vaqti alohida nazorat qilindi, chunki yuqori harorat va uzoq ekstraksiya vaqti nafaqat erkin monosaxaridlar chiqishini oshirishi, balki polisaxaridlarning qisman gidrolizlanishi hisobiga ularning ulushini sun'iy ravishda ko'paytirib yuborishi mumkin. Shu sababli ekstraksiya sharoitlari adabiyotda tavsiya etilgan mo"tadil rejimlarga (issiq suv bilan ekstraksiya, so'ngra xona haroratida qisqa muddatli mazeratsiya) muvofiq tanlandi [9].

Xromatografik tahlil suyultirilgan namunani yuqori samarali suyuqlik xromatografi (HPLC), refraktometrik detektor (RID) o'rnatilgan tizimda amalga oshirildi. Tahlil quyidagi asosiy sharoitlarda o'tkazildi: in'yeksiya hajmi 5,0 mkl; detektor RID (Refractive Index Detector); tahlil davomiyligi taxminan 25 minut. Uglevodlarni ajratish uchun odatda amino- yoki kation almashinuvchi (masalan, Ca^{2+} yoki Pb^{2+} shaklidagi) qutbli statsionar faza qo'llaniladigan bo'lib, harakatlanuvchi faza sifatida asetonitril-suv aralashmasi yoki toza suv, ustun harorati esa 30–35 °C oralig'ida termostatlashtirilgan holda ishlatiladi, bu qandlarning izomer shakllari (masalan, α- va β-anomerlar) o'rtasidagi taqsimotni barqarorlashtirish va pik shaklini yaxshilash uchun zarur [9, 10].

Xromatogrammada qayd etilgan piklar chiqish vaqtlari (Rt) standart namunalar ma'lumotlariga muvofiq glyukoza, arabinoza va riboza sifatida identifikatsiya qilindi. Har bir moddaning miqdoriy tarkibi "Area Percent" (yuza

ISSN 3030-3907

ulushi, %) usuli bo'yicha, ya'ni har bir identifikatsiya qilingan pikning umumiy pik yuzasiga (5614,906 nRIU·s) nisbatan ulushi sifatida hisoblandi.

Tizimda mavjud kalibrlash egri chiziqlari amaldagi tahlil sharoitida statistik jihatdan yetarli ishonchlilikka ega bo'lmaganligi sababli ("Invalid calibration curve" ogohlantirishi), natijalar absolyut kontsentratsiya (mg/kg) shaklida emas, balki nisbiy pik yuzasi ulushi (%) shaklida keltirildi. Bu moddalarning namunadagi nisbiy miqdorini qiyosiy baholash uchun yetarli, biroq absolyut miqdoriy ko'rsatkichlarni olish uchun kelgusida tegishli standart eritmalar asosida ICH Q2(R1) tavsiyalariga muvofiq to'liq validatsiya qilingan kalibrlash egri chizig'ini qayta qurish tavsiya etiladi [12, 13]. Bunday validatsiya, xususan, chiziqlilik (kamida 5 nuqtada, $R^2 > 0,99$), aniqlash chegarasi (LOD), miqdoriy aniqlash chegarasi (LOQ), takrorlanuvchanlik (RSD < 5 %) va qayta ishlab chiqarish qobiliyati kabi parametrlarni o'z ichiga olishi lozim.

Olingan xromatografik ma'lumotlar statistik ishlov berish uchun tizim dasturiy ta'minotining standart integratsiya algoritmi yordamida qayta ishlandi; har bir pikning yuzasi bazaviy chiziq (baseline) tuzatilgandan so'ng avtomatik integratsiya rejimida hisoblandi, so'ngra natijalar foiz nisbatlariga o'tkazildi.

Rukkola namunasining HPLC-RID usulida olingan xromatogrammasida uchta aniq ifodalangan pik qayd etildi (1-jadval).

1-Jadval

№	Chiqish vaqti, Rt (min)	Aniqlangan modda	Pik yuzasi (nRIU·s)	Ulushi, (%)
1	6,452	Glyukoza	2416,027	43,03
2	13,411	Arabinoza	872,579	15,54
3	16,792	Riboza	2326,300	41,43
		Jami	**5614,906**	**100,00**

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, tahlil qilingan rukkola namunasida glyukoza (43,03 %) va riboza (41,43 %) deyarli teng nisbatda, dominant komponentlar sifatida namoyon bo'ldi, arabinoza esa nisbatan kamroq (15,54 %) ulushni tashkil etdi.

Glyukoza o'simlik hujayrasining asosiy energetik substrati va fotosintez mahsuloti bo'lib, uning yuqori ulushi rukkolaning faol moddalar almashinuvi va uglevodlarga boyligidan dalolat beradi. Adabiyot ma'lumotlariga ko'ra, turli o'sish sharoitlarida yetishtirilgan Eruca turlarida umumiy qandlar miqdori bir necha mg/g dan deyarli 30 mg/g quruq massagacha o'zgarishi mumkin, bu esa iqlim, tuproq va agrotexnik omillarning uglevod to'planishiga sezilarli ta'sirini ko'rsatadi [4]. Shu nuqtai nazardan, ushbu tadqiqotda aniqlangan nisbiy taqsimot (glyukoza va ribozaning deyarli teng ulushi) mahalliy o'sish sharoitlariga xos xususiyat sifatida

ISSN 3030-3907

qaralishi va kelgusi tadqiqotlarda turli hudud va mavsumlarda olingan namunalar bilan solishtirilishi maqsadga muvofiqdir.

Pentoza qatoriga mansub riboza va arabinozaning yuqori miqdorda aniqlanishi esa, o'simlik hujayra devori polisaxaridlari (gemitsellyuloza, pektin moddalari) va nuklein kislotalar tarkibiy qismlarining gidrolizi natijasida hosil bo'lishi bilan izohlanishi mumkin [3, 4]. Xususan, riboza ribonuklein kislota (RNK) va bir qator koenzimlarning (masalan, NAD, FAD, ATP) tarkibiy qismi bo'lib, uning nisbatan yuqori ulushi o'simlik to'qimalarida nuklein kislotalar va energiya almashinuvi bilan bog'liq faol biokimyoviy jarayonlarning borayotganidan dalolat berishi mumkin. Arabinoza esa, birinchi navbatda, hujayra devori arabinoksilanlari va pektin polisaxaridlarining gidrolitik parchalanish mahsuloti sifatida namoyon bo'ladi va uning miqdori o'simlik to'qimasining tuzilma qattiqligi hamda pishish darajasi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Adabiyot ma'lumotlariga ko'ra, Brassicaceae oilasi vakillarida, jumladan rukkolada, erkin va bog'langan holdagi qandlar o'simlikning umumiy fenol va glyukozinolat birikmalari sintezi bilan chambarchas bog'liq bo'lib, ularning nisbati o'simlikning fiziologik holati va o'sish sharoitlariga bog'liq holda o'zgarib turadi [1, 2]. Xususan, glyukoza ko'p glyukozinolatlarning biosintez yo'lida uridindifosfat-glyukoza (UDP-glyukoza) shaklida ishtirok etadi, shuning uchun uning yuqori miqdori bilvosita glyukozinolatlar sintezi faolligini ham aks ettirishi mumkin [7]. Shu bois, erkin monosaxaridlar profilini o'rganish nafaqat uglevod almashinuvi, balki o'simlikning ikkilamchi metabolitlar (glyukozinolatlar, flavonoidlar) ishlab chiqarish salohiyatini bilvosita baholash imkonini ham beradi.

Oziqaviy nuqtai nazardan yondashganda, rukkola tarkibidagi erkin monosaxaridlarning nisbatan yuqori bo'lmagan umumiy miqdori (boshqa shirin mevali sabzavotlar bilan solishtirganda) uni past glisemik ta'sirga ega, ammo bir vaqtning o'zida dietik tola, vitaminlar va antioksidantlarga boy sabzavot sifatida tavsiflashga imkon beradi [5]. Bunday tarkib, ayniqsa, funksional oziq-ovqat mahsulotlari va parhezga mo'ljallangan taomlar ishlab chiqarishda rukkolani istiqbolli xom ashyo sifatida ko'rib chiqishga asos bo'ladi.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, tahlil natijalarida kalibrlash egri chiziqlariga oid ogohlantirishlar mavjudligi sababli, keltirilgan foiz ko'rsatkichlari faqat identifikatsiya qilingan uchta modda o'rtasidagi nisbiy taqsimotni aks ettiradi va namunadagi umumiy quruq moddaga nisbatan absolyut miqdorni bildirmaydi. Adabiyotda keltirilgan validatsiya qilingan HPLC-RID metodikalarida odatda 0,1–15 mg/mL oralig'ida chiziqlilik va 5 % dan past RSD ko'rsatkichlariga erishilgan [9, 10, 11], bu esa kelgusida rukkola namunalari uchun ham shunga o'xshash validatsiya jarayonini amalga oshirish imkoniyati mavjudligini ko'rsatadi. Shu bois, olingan natijalar birlamchi (skrining) xarakterga ega bo'lib, keyingi

ISSN 3030-3907

tadqiqotlarda mos standart eritmalar asosida to'liq validatsiya qilingan kalibrlash egri chiziqlaridan foydalangan holda absolyut kontsentratsiyalarni (mg/kg quruq modda hisobida) aniqlash maqsadga muvofiqdir.

Kelgusi tadqiqotlar doirasida quyidagi yo'nalishlarni rivojlantirish tavsiya etiladi: birinchidan, namunalar sonini ko'paytirish va turli hudud, mavsum hamda o'sish bosqichlaridan olingan rukkola namunalarini qamrab olgan qiyosiy tadqiqotlar o'tkazish; ikkinchidan, ICH Q2(R1) talablariga muvofiq to'liq validatsiya qilingan kalibrlash tizimidan foydalanib absolyut kontsentratsiyalarni aniqlash; uchinchidan, tahlil qilinadigan qandlar spektrini kengaytirish (fruktoza, saxaroza, galaktoza va boshqalar); to'rtinchidan, monosaxaridlar profili bilan glyukozinolatlar va fenol birikmalari miqdori o'rtasidagi korrelyatsiyani statistik tahlil qilish.

O'tkazilgan tadqiqot natijasida rukkola (Eruca sativa L.) o'simligi namunasida HPLC-RID usuli yordamida uchta erkin monosaxarid — glyukoza (43,03 %), riboza (41,43 %) va arabinoza (15,54 %) aniqlandi. Glyukoza va ribozaning deyarli teng ulushda, arabinozaning esa nisbatan kamroq miqdorda namoyon bo'lishi rukkolaning uglevod profilini shakllantiruvchi asosiy komponentlarni ko'rsatadi va bu taqsimot o'simlik hujayra devori polisaxaridlari hamda nuklein kislotalar almashinuvi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Olingan ma'lumotlar rukkolaning ozuqaviy qiymatini kompleks baholashda, shuningdek uni funksional oziq-ovqat mahsulotlari va farmatsevtik xom ashyo sifatida qayta ishlash texnologiyalarini ishlab chiqishda foydali ma'lumot bazasi bo'lib xizmat qilishi mumkin. Ishlatilgan HPLC-RID usuli o'zining soddaligi, selektivligi va takrorlanuvchanligi bilan o'simlik xom ashyosidagi erkin qandlarni skrining tarzida baholash uchun qulay vosita ekanligini namoyish etdi, biroq absolyut miqdoriy natijalarni olish uchun kelgusida to'liq validatsiya qilingan kalibrlash tizimidan foydalanish zarur.

Kelgusi tadqiqotlarda namunalar sonini ko'paytirish, validatsiya qilingan kalibrlash tizimidan foydalanish hamda boshqa qandlar (fruktoza, saxaroza va h.k.) spektrini kengaytirish tavsiya etiladi. Bundan tashqari, monosaxaridlar tarkibini o'simlikning boshqa biokimyoviy ko'rsatkichlari (glyukozinolatlar, fenol birikmalari, antioksidant faollik) bilan bog'liq holda o'rganish rukkolaning oziq-ovqat va farmatsevtika sohalaridagi qo'llanilishini ilmiy asoslash imkonini beradi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Pasini F., Verardo V., Caboni M.F., D'Antuono L.F. Determination of glucosinolates and phenolic compounds in rocket salad by HPLC-DAD-MS: Evaluation of Eruca sativa Mill. and Diplotaxis tenuifolia L. genetic resources // Food Chemistry. 2012. Vol. 133, № 3. P. 1025–1033.

ISSN 3030-3907

2. Bell L., Oruna-Concha M.J., Wagstaff C. Identification and quantification of glucosinolate and flavonol compounds in rocket salad (Eruca sativa, Eruca vesicaria and Diplotaxis tenuifolia) by LC–MS // Food Chemistry. 2015. Vol. 172. P. 852–861.
3. Weiß K., Alt M. Determination of Single Sugars, Including Inulin, in Plants and Feed Materials by High-Performance Liquid Chromatography and Refraction Index Detection // Fermentation. 2017. Vol. 3, № 3. Art. 36.
4. Robbins T. et al. Genotypes of Eruca vesicaria subsp. sativa grown in contrasting field environments differ on transcriptomic and metabolomic levels, significantly impacting nutritional quality // (PMC10652768).
5. Elshahed M.S. et al. Eruca sativa as a nutraceutical resource rich in bioactive compounds with therapeutic potential and translational applications // Discover Food. 2026.
6. Komeroski M.R. et al. Nutritional quality and bioactive compounds of arugula (Eruca sativa L.) sprouts and microgreens // International Journal of Food Science & Technology. 2023.
7. The Eruca sativa Genome and Transcriptome: A Targeted Analysis of Sulfur Metabolism and Glucosinolate Biosynthesis Pre and Postharvest // (PMC7652772).
8. The fatty acid-rich fraction of Eruca sativa (rocket salad) leaf extract exerts antidiabetic effects in cultured skeletal muscle, adipocytes and liver cells // (PMC6130626).
9. Unveiling the carbohydrates profile of anti-diabetic medicinal plants by a developed and validated high-performance liquid chromatography coupled with refractive index detector (HPLC-RID) // PubMed, 2026.
10. Development and Validation of HPLC-RID method for Determination of Sugars and Polyols.
11. HPLC Analysis of Mono- and Disaccharides in Food Products.
12. A Validated HPLC-RID Method for Quantification and Optimization of Total Sugars: Fructose, Glucose, Sucrose, and Lactose in Eggless Mayonnaise // Fermentation. 2023, Vol. 10, № 3.
13. Tihomirova K., Daļecka B., Mežule L. Application of Conventional HPLC RI Technique for Sugar Analysis in Hydrolysed Hay // Agronomy Research. 2016. Vol. 14, № 5. P. 1713–1719.
14. Государственная фармакопея Российской Федерации, XIV издание. Методы количественного определения. ОФС.1.2.3.0017.15.

ISSN 3030-3907