YASHIL CHOY (CAMELLIA SINENSIS L.) BARGLARI TARKIBIDAGI POLIFENOLLAR: KATEKSINLAR, EKSTRAKSIYA, TAHLIL VA BIOLOGIK AHAMIYATI

Saliyeva Xosiyat Murodjon qizi
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti magistranti

Ilmiy rahbari: **Pirniyazov Amanbay Joldasbayevich**
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti Fizikaviy va kolloid kimyo kafedrasi kimyo fanlari nomzodi dotsent
DOI:https://doi.org/10.5281/zenodo.23084007

Annotatsiya. Ushbu tezisda yashil choy (Camellia sinensis L.) barglaridagi asosiy polifenollar, avvalo flavan-3-ollar guruhiga kiruvchi katexinlar, ularning kimyoviy tarkibi, ekstraksiya sharoitlari, analitik aniqlash usullari, bioo'zlashtirilishi va biologik ahamiyati tahlil qilinadi. Yashil choy ishlab chiqarishda barglarning fermentativ oksidlanishi cheklangani sababli epigallokatexин-3-gallat (EGCG), epigallokatexin (EGC), epikatexin-3-gallat (ECG) va epikatexin (EC) kabi moddalarning katta qismi saqlanib qoladi. Zamonaviy tadqiqotlar katexinlarning antioksidant va hujayra signal tizimlariga ta'sir ko'rsatish qobiliyatini ko'rsatsa-da, inson organizmida ularning bioo'zlashtirilishi past va klinik natijalar laboratoriya tajribalariga qaraganda murakkabroq ekanini ham ta'kidlaydi. Shu sababli katexin miqdorini baholashda nafaqat umumiy polifenollar, balki individual birikmalar, damlash harorati-vaqti, pH, oziq-ovqat matritsasi va ichak mikrobiotasi kabi omillarni hisobga olish zarur.

Kalit so'zlar: Camellia sinensis, yashil choy, polifenollar, katexinlar, EGCG, HPLC, antioksidant faollik, ekstraksiya, bioo'zlashtirilish.

KIRISH

Polifenollar o'simliklarda keng tarqalgan ikkilamchi metabolitlar bo'lib, ularning fenolik halqalari va gidroksil guruhlari elektron yoki vodorod berish, metall ionlarini bog'lash hamda oksidlanish-qaytarilish jarayonlariga ta'sir ko'rsatish xususiyatiga ega. Oziq-ovqat kimyosi va farmakognoziyada polifenollarni o'rganishning asosiy sababi faqat antioksidant xususiyat bilan cheklanmaydi: bu birikmalar rang, ta'm, astringentlik, mahsulotning saqlanish barqarorligi va biologik faolligini ham belgilashi mumkin. Yashil choy shu nuqtai nazardan eng ko'p tadqiq qilingan o'simlik xomashyolaridan biri bo'lib, uning quruq barglarida polifenollar umumiy massaning taxminan chorakdan uchdan bir qismigacha yetishi mumkin. Katexinlar esa ushbu polifenolik fraksiyaning eng muhim qismini tashkil etadi (1.2).

Camellia sinensisdan yashil, qora, oq va ulun choylar olinadi, biroq ularning fenolik profili qayta ishlash texnologiyasiga bog'liq holda sezilarli farq qiladi. Yashil choy tayyorlashda bargdagi polifenoloksidaza va boshqa oksidlovchi fermentlar nisbatan erta inaktivatsiya qilinadi. Natijada qora choyga xos teaflavin va tearubiginlarga chuqur oksidlanish cheklanib, monomer katexinlar yuqori darajada saqlanadi. Ayniqsa EGCG yashil choy katexinlari ichida asosiy komponent sifatida ko'rsatiladi; ayrim zamonaviy sharhlarda u jami katexinlarning 50–70 foizigacha qismini tashkil qilishi mumkinligi qayd etilgan (2.9).

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Yashil choy polifenollariga qiziqishning ikkinchi sababi ularning biologik tizimlardagi ko'p yo'nalishli ta'siridir. In vitro tajribalarda katexinlar reaktiv kislorod va azot turlarini neytrallashi, lipid peroksidlanishini cheklashi, ayrim fermentlar va signal oqsillari faolligiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Biroq laboratoriya sharoitida kuzatiladigan samarani to'g'ridan-to'g'ri insondagi klinik ta'sir bilan tenglashtirish to'g'ri emas, chunki katexinlarning ichakdan so'rilishi, metabolizmi va to'qimalarga yetib borishi cheklangan. Shuning uchun zamonaviy yondashuv polifenolni "kuchli antioksidant" sifatida oddiy ta'riflashdan ko'ra, uning kimyoviy shakli, dozasi, biologik mavjudligi va oziq-ovqat matritsasini birgalikda tahlil qilishni talab qiladi (1.5.9).

Mazkur tezisning maqsadi yashil choy barglaridagi polifenollarning tarkibiy xususiyatlarini, ularni ajratib olish va tahlil qilishning muhim jihatlarini, katexinlarning barqarorligi hamda bioo'zlashtirilishiga ta'sir qiluvchi omillarni zamonaviy xalqaro adabiyotlar asosida umumlashtirishdan iborat. Shuningdek, tezisda biologik faollik haqidagi dalillar tanqidiy nuqtai nazardan baholanib, yuqori konsentratsiyali ekstraktlar xavfsizligi va standartlashtirish masalalariga alohida e'tibor qaratiladi.

ASOSIY QISM

1. Yashil choy polifenollarining kimyoviy tarkibi

Yashil choy polifenollari bir xil kimyoviy sinf emas. Ular tarkibida katexinlar, flavonol glikozidlari, fenolik kislotalar va boshqa kam miqdordagi fenolik birikmalar mavjud. Shunga qaramay, quruq barg va damlamaning funksional xususiyatlarini belgilashda flavan-3-ollar — katexinlar — yetakchi o'rinni egallaydi. Eng ko'p uchraydigan to'rtta katexin EGCG, EGC, ECG va EC bo'lib, ularga kamroq miqdorda katexin (C), gallokatexin (GC) va gallokatexin gallat (GCG) qo'shiladi (2.3). Gallat guruhi mavjudligi molekulaning gidroksil guruhlari sonini oshiradi va shu orqali redoks xususiyatlari hamda oqsillar bilan o'zaro ta'siriga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

EGCG molekulasi gallat qoldig'i va ko'p sonli fenolik gidroksil guruhlariga ega bo'lgani sababli yashil choy biologik faolligi haqidagi ko'plab ishlarning markazida turadi. EGC va EC gallat qoldig'isiz, ECG esa gallatlangan katexin sifatida ajralib turadi. Bu strukturaviy tafovutlar ularning suvda eruvchanligi, oksidlanishga moyilligi, membranalardan o'tishi va metabolik kon'yugatsiyasini o'zgartiradi. Shu bilan birga, "ko'proq gidroksil — har doim yuqoriroq klinik samaradorlik" degan soddalashtirilgan xulosa to'g'ri emas: biologik ta'sir uchun molekulaning organizmda saqlanishi va kerakli konsentratsiyaga yetishi ham muhimdir (1.5).

1-jadval. Yashil choydagi asosiy katexinlar va ularning ilmiy ahamiyati

Katexin	Qisqartma	Tarkibiy xususiyat	Asosiy izoh
Epigallokatexin-3-gallat	EGCG	Gallatlangan; ko'p gidroksil guruhlariga ega	Yashil choy katexinlarining eng ko'p o'rganilgan va ko'pincha eng katta ulushdagi komponenti
Epigallokatexin	EGC	Gallatsiz; uch gidroksilli B-halqaga ega	EGCGga qaraganda tizimli bioo'zlashtirilishi nisbatan yuqoriroq bo'lishi mumkin
Epikatexin-3-gallat	ECG	Gallatlangan	Oqsillar va

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

		katexin	fermentlar bilan kuchli o‘zaro ta’sir ko‘rsatishi mumkin
Epikatexin	EC	Gallatsiz flavan-3-ol	Molekulyar massasi kichikroq; insonda EGCGga nisbatan yaxshiroq so‘rilishi mumkin
Katexin/gallokatexin	C/GC	Epi bo‘lmagan shakllar	Qizdirish va epimerizatsiya jarayonlarida ularning nisbati o‘zgarishi mumkin

Jadvaldagi farqlar yashil choyni standartlashtirishda “umumiy polifenol” ko‘rsatkichining o‘zi yetarli emasligini ko‘rsatadi. Masalan, Folin–Ciocalteu usuli umumiy qaytaruvchi fenolik moddalar haqida tezkor ma’lumot bersa, alohida EGCG, EGC, ECG va EC miqdorini ajratib bera olmaydi. Individual katexinlarni baholash uchun xromatografik usullar talab qilinadi (3.4).

2. Ekstraksiya va damlash sharoitlarining polifenollarga ta’siri

O‘simlik polifenollarini ajratib olishda erituvchi turi, harorat, vaqt, xomashyo zarrachalarining o‘lchami, pH va qattiq faza-suyuqlik nisbati muhim. Oziq-ovqat maqsadidagi yashil choy uchun eng tabiiy ekstragent suv bo‘lib, sanoat va laboratoriya sharoitlarida suv-spirt aralashmalari, ultratovush, mikroto‘lqin, fermentativ yordamchi ekstraksiya yoki boshqa “yashil” texnologiyalar ham qo‘llanadi. Zamonaviy sharhlarda energiya va erituvchi sarfini kamaytirish, termolabil birikmalarni saqlash va selektivlikni oshirish yangi ekstraksiya texnologiyalarining asosiy maqsadi sifatida ko‘rsatilgan (4).

Damlashda yuqori harorat ekstraksiyani tezlashtiradi, biroq juda uzoq vaqt davom etgan qizdirish katexinlarning epimerizatsiyasi va degradatsiyasini kuchaytirishi mumkin. Turkiya yashil choyi bo‘yicha tajribada 85 °C haroratda 3 daqiqa damlash EGCG uchun 50,69 mg/100 ml maksimal ko‘rsatkich va yuqori sensor baho bilan bog‘langan; vaqt uzaygani sari epi-shakldagi katexinlar kamayishga moyil bo‘lgan (6). Boshqa metabolomik tadqiqotda esa 95 °C da umumiy katexin miqdori 10 daqiqada yuqori nuqtaga yetgani, keyingi uzoq qizdirishda epi-katexinlar kamayib, epi bo‘lmagan shakllar ko‘paygani kuzatilgan (7). Bu natijalar “eng issiq va eng uzoq damlash har doim eng foydali” degan fikr noto‘g‘ri ekanini ko‘rsatadi.

Yashil choyda polifenollarni saqlash va o‘rganishning texnologik zanjiri



Minimal oksidlanish yashil choyda EGCG, EGC, ECG va EC kabi katexinlarning yuqori ulushda saqlanishiga yordam beradi.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

1-diagramma. Yashil choy polifenollarini saqlash va o'rganishning konseptual texnologik zanjiri

Yashil choy barglari yig'ilgandan keyingi dastlabki ishlov ham katexin profilini belgilaydi. Bug'lash yoki quruq issiqlik bilan "fiksatsiya" qilish polifenoloksidaza faolligini pasaytirib, monomer katexinlarning chuqur oksidlanishini cheklaydi. Keyingi quritish va saqlash bosqichlarida namlik, kislorod, yorug'lik va harorat nazorati muhim. Shuningdek, damlangan choyni uzoq vaqt iliq holda saqlash ham kimyoviy profilni yangi damlangan ichimlikdan farqlashi mumkin. Demak, xomashyoning botanika turi bilan birga post-harvest texnologiya va iste'molga tayyorlash sharoitlari ham laboratoriya natijalarini talqin qilishda qayd etilishi lozim (2.7).

2-jadval. Yashil choy polifenollarini ekstraksiya va tahlil qilish usullarining taqqoslanishi

Usul	Maqsad	Afzallik	Cheklov
Issiq suvda damlash	Oziq-ovqatga yaqin ekstraksiya	Oddiy, toksik erituvchisiz, real iste'mol sharoitiga mos	Harorat-vaqtga juda sezgir; selektivligi past
Suv–etanol ekstraksiyasi	Laboratoriya/sanoat ekstrakti	Ko'p fenolik moddalarni samarali ajratadi	Erituvchi nisbatini standartlashtirish zarur
Ultratovush/mikroto'lqin yordamida	Tezlashtirilgan ekstraksiya	Vaqt va erituvchi sarfini kamaytirishi mumkin	Uskuna va optimallashtirish talab qiladi
Folin–Ciocalteu	Umumiy fenolik miqdor	Tez va nisbatan arzon	Individual katexinlarni ajratmaydi; boshqa qaytaruvchi moddalar ta'sir qiladi
HPLC-UV/DAD	EGCG, EGC, ECG, EC ni miqdoriy tahlil	Standartlar bilan aniq kvantifikatsiya	Standart moddalar, kolonka va erituvchilar talab etadi
LC–MS/HRMS	Aniqlash va strukturaviy identifikatsiya	Yuqori selektivlik va sezgirlik	Qimmat uskuna va murakkab ma'lumot tahlili

3. Analitik aniqlash va standartlashtirish

Choy polifenollarini aniqlashda namuna tayyorlash bosqichi tahlil natijasining o'zi qadar muhim. Bir xil navdagi choy ham zarracha o'lchami, namlik, ekstraksiya erituvchisi va vaqtiga qarab turlicha natija berishi mumkin. Meta-tahlil va sharhlarda yashil choy katexinlari bo'yicha turli tadqiqotlar o'rtasidagi tafovutlarning muhim qismi aynan namuna tayyorlash va ekstraksiya protokollaridagi farqlar bilan izohlanishi qayd etilgan (4). Shu sababli ilmiy ishda "yashil choyda polifenol ko'p" degan umumiy jumladan ko'ra, ishlatilgan xomashyo, quruq massa yoki damlama hajmiga nisbatan birlik, ekstraksiya va analitik usul aniq ko'rsatilishi kerak.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Umumiy fenolik miqdorni baholashda spektrofotometrik Folin–Ciocalteu usuli amaliy va tezkor, ammo u to'liq selektiv emas. Individual katexinlar uchun yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) keng tarqalgan asosiy yondashuv bo'lib qolmoqda. ISO 14502-2:2005 standartida ham yashil choydagi bir nechta katexin va kofeinni HPLC-UV yordamida aniqlash ko'zda tutilgan. Zamonaviy laboratoriyalarda LC-MS/MS va yuqori aniqlikdagi mass-spektrometriya murakkab aralashmalardagi kam miqdordagi birikmalar hamda metabolitlarni aniqlash imkoniyatini kengaytiradi (3).

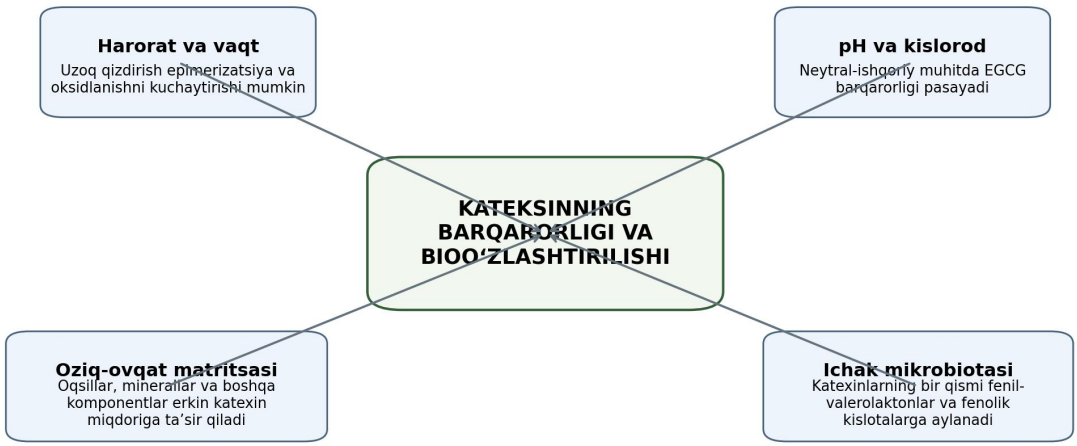
Standartlashtirishning yana bir vazifasi natijalarni biologik tadqiqotlar bilan bog'lashdir. Masalan, ikki ekstraktning umumiy polifenol miqdori bir xil bo'lishi mumkin, ammo birida EGCG ulushi yuqori, ikkinchisida EGC yoki flavonol glikozidlari ko'proq bo'lishi ehtimoli bor. Bunday farq antioksidant test, oqsil bilan bog'lanish, ichakdan o'tish va metabolizm natijalarini o'zgartiradi. Shuning uchun funksional oziq-ovqat yoki biologik faol qo'shimcha yaratishda "total polyphenols" ko'rsatkichi individual profil bilan to'ldirilishi maqsadga muvofiq (3.4).

4. Katexinlarning bioo'zlashtirilishi va metabolizmi

Yashil choy katexinlarining laboratoriyada kuchli reaktivlik ko'rsatishi ularning organizmda ham xuddi shu darajada faol bo'lishini anglatmaydi. Insonda katexinlarning faqat kichik qismi o'zgarmagan holatda tizimli qon aylanishiga o'tadi. Cai va hammualliflar sharhida ichilgan katexinlarning umumiy tizimli mavjudligi past ekani, EGC va EC ning EGCGga nisbatan yaxshiroq so'rilishi mumkinligi ko'rsatilgan; EGCG esa katta molekulyar massa, ko'p gidroksil guruhlari, ichakdagi beqarorlik va efflyuks mexanizmlari sabab cheklangan bioo'zlashtirilishga ega (5).

So'rilgan katexinlar ichak epiteliysi va jigarda metillanish, glyukuronidlanish hamda sulfatlanish kabi II-faza reaksiyalariga uchraydi. So'rilmagan katta qism esa yo'g'on ichakka yetib borib, mikrobiota tomonidan kichik molekulali fenolik metabolitlarga, jumladan fenil-γ-valerolaktonlar va fenolik kislotalarga aylantiriladi. So'nggi yillardagi adabiyotlar aynan shu mikrob metabolitlari katexinlarning umumiy biologik ta'sirini tushuntirishda muhim bo'lishi mumkinligini ta'kidlaydi, chunki ularning ayrimlari ota-katexinlarga qaraganda yaxshiroq bioo'zlashtiriladi (10).

Yashil choy katexinlarining samaradorligini belgilovchi asosiy omillar



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

2-diagramma. Katexin barqarorligi va bioo'zlashtirilishiga ta'sir qiluvchi asosiy omillar

Biologik mavjudlik muammosi formulatsiya texnologiyalariga ham qiziqishni oshirgan. Liposomalar, polisaxarid va oqsil tashuvchilar, nanozarrachalar, siklodekstrinlar kabi tizimlar EGCGni oksidlanish va ichak muhitidagi degradatsiyadan qisman himoya qilishi mumkin. Biroq bunday tizimlarda laboratoriya natijasi, hayvon modeli va insondagi klinik natijani bir-biridan aniq ajratish lozim. Oziq-ovqat mahsulotiga yangi tashuvchi tizim qo'shish uning xavfsizligi, dozasi, texnologik barqarorligi va regulyator bahosini ham talab qiladi (5).

5. Biologik ahamiyati: dalillar va cheklovlar

Katexinlarning eng yaxshi o'rganilgan xususiyatlaridan biri oksidlovchi stress jarayonlariga ta'siridir. Fenolik gidroksil guruhlari erkin radikallarga vodorod yoki elektron berishi, ayrim o'tish metallari bilan kompleks hosil qilishi va lipid peroksidlanish zanjirlarini cheklashi mumkin. Bundan tashqari, EGCG ayrim oqsillar, fermentlar va hujayra signal yo'llari bilan to'g'ridan-to'g'ri o'zaro ta'sirlashishi mumkin. Shu sababli polifenollarning biologik rolini faqat "radikalni tutish" bilan izohlash yetarli emas; redoks signalizatsiya, ferment faolligi va gen ekspressiyasiga ta'sir kabi mexanizmlar ham muhokama qilinadi (1).

Yallig'lanish, metabolik sindrom, yurak-qon tomir kasalliklari, neyrodegenerativ jarayonlar va saraton biologiyasi bo'yicha ko'plab in vitro va preklinik tadqiqotlar yashil choy katexinlariga qiziqish uyg'otgan. Biroq zamonaviy sharhlar insonlarda natijalar bir xil emasligini va klinik samarani baholashda doza, choy turi, kofein, parhez, ichak mikrobiotasi va individual metabolizm kabi omillarni hisobga olish zarurligini ko'rsatadi. Masalan, saraton profilaktikasi bo'yicha Cochrane tahlili mavjud dalillarni bir xil va qat'iy himoya ta'sirini tasdiqlash uchun yetarli deb hisoblamaydi (11). Demak, yashil choyni foydali oziq-ovqat komponenti sifatida ko'rish mumkin, biroq uni kasallikni mustaqil davolovchi vosita sifatida talqin qilish ilmiy jihatdan asosli emas.

2025-yilgi keng qamrovli sharh ham katexinlar bo'yicha in vitro mexanizmlar juda ko'p o'rganilganini, ammo insonda past barqarorlik va past oral bioo'zlashtirilish sabab amaliy profilaktik yoki terapevtik qo'llanish cheklanganini ta'kidlaydi (9). Bu xulosa o'simlik polifenollari bo'yicha ilmiy ish yozishda muhim metodologik tamoyilni ko'rsatadi: laboratoriya antioksidant testi klinik foydaning bevosita ekvivalenti emas. Shuning uchun kelajakdagi tadqiqotlar bioo'zlashtiriladigan metabolitlar, standartlashtirilgan doza va uzoq muddatli klinik natijalarga ko'proq e'tibor qaratishi kerak.

6. Xavfsizlik va yuqori konsentratsiyali ekstraktlar

Oddiy yashil choy damlamasi bilan yuqori dozali konsentrlangan ekstraktlar o'rtasida muhim farq bor. Yevropa oziq-ovqat xavfsizligi idorasi (EFSA) yashil choy damlamasidagi katexinlarni odatda xavfsiz deb baholagan, biroq oziq-ovqat qo'shimchalari ko'rinishida kuniga 800 mg yoki undan yuqori EGCG qabul qilinishi jigar zararlanishining dastlabki belgilariga bog'liq bo'lishi mumkinligini ko'rsatgan. EFSA mavjud ma'lumotlar asosida 800 mg dan past qo'shimcha dozalari uchun ham universal xavfsiz chegara belgilay olmagan (8). Bu ma'lumot ayniqsa konsentrlangan ekstrakt va kapsula mahsulotlarini ishlab chiqishda muhimdir.

Katexin barqarorligi pH, harorat, saqlash va kislorodga bog'liq. Ular antioksidant bo'lishi bilan birga ayrim sharoitlarda prooksidant reaksiyalarda ham qatnashishi mumkin. Dori vositalari bilan farmakokinetik o'zaro ta'sirlar ehtimoli ham muhokama qilingan. Shu sababli ilmiy tezis va mahsulot tavsiflarida "tabiiy modda — mutlaqo xavfsiz" kabi mutlaq bayonlardan qochish kerak. Yashil choyni oziq-ovqat sifatida odatiy iste'mol qilish va yuqori konsentratsiyali biologik faol qo'shimchalar o'rtasida dozaviy va xavfsizlik nuqtai nazaridan aniq farq mavjud (8.9).

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

XULOSA

Yashil choy (Camellia sinensis L.) polifenollarga, ayniqsa katexinlarga boy o'simlik xomashyosi hisoblanadi. Uning asosiy katexinlari EGCG, EGC, ECG va EC bo'lib, ular molekulyar tuzilishi, gallat guruhining mavjudligi, barqarorligi va bioo'zlashtirilishi bilan bir-biridan farq qiladi. Yashil choy ishlab chiqarishda fermentativ oksidlanishning erta cheklanishi monomer katexinlarning saqlanishini ta'minlaydi va shu xususiyat uni qora choydan fenolik profil jihatidan ajratib turadi.

Polifenollar miqdorini baholashda ekstraksiya sharoiti hal qiluvchi ahamiyatga ega. Damlash harorati va vaqtining oshishi dastlab katexin ajralishini tezlashtirishi mumkin, ammo uzoq va kuchli qizdirish epimerizatsiya, oksidlanish va individual katexinlar miqdorining kamayishiga olib kelishi ehtimoli mavjud. Shu bois tajriba protokollarida xomashyo turi, namuna tayyorlash, erituvchi, harorat, vaqt va tahlil birligi standartlashtirilishi lozim. Umumiy fenolik miqdorni spektrofotometrik baholash foydali skrining usuli bo'lsa-da, EGCG va boshqa individual katexinlar uchun HPLC yoki LC-MS kabi selektiv usullar muhimdir.

Katexinlar antioksidant, signal-modulyatsion va boshqa biologik xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin, ammo ularning insondagi ta'siri past bioo'zlashtirilish, ichak va jigar metabolizmi, mikrobiota hamda oziq-ovqat matritsasi bilan belgilanadi. Shu sababli in vitro natijalarni bevosita klinik xulosaga aylantirish ehtiyotkorlikni talab qiladi. Oddiy choy damlamasi va yuqori dozali ekstraktlar o'rtasidagi xavfsizlik farqi ham alohida hisobga olinishi zarur. Umuman, yashil choy polifenollari oziq-ovqat kimyosi, farmakognoziya va funksional oziq-ovqatlar uchun istiqbolli tadqiqot obyekti bo'lib, kelajakda standartlashtirilgan analitik usullar, metabolitlar profili va insondagi aniq dozaviy javob munosabatlarini chuqurroq o'rganish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Musial, C., Kuban-Jankowska, A., & Gorska-Ponikowska, M. (2020). Beneficial properties of green tea catechins. International Journal of Molecular Sciences, 21(5), 1744. https://doi.org/10.3390/ijms21051744
2. Zhao, T., Li, C., Wang, S., & Song, X. (2022). Green Tea (Camellia sinensis): A review of its phytochemistry, pharmacology, and toxicology. Molecules, 27(12), 3909. https://doi.org/10.3390/molecules27123909
3. Sun, M.-F., Jiang, C.-L., Kong, Y.-S., Luo, J.-L., Yin, P., & Guo, G.-Y. (2022). Recent advances in analytical methods for determination of polyphenols in tea: A comprehensive review. Foods, 11(10), 1425. https://doi.org/10.3390/foods11101425
4. Li, H., Guo, H., Luo, Q., Wu, D.-T., Zou, L., Liu, Y., Li, H.-B., & Gan, R.-Y. (2023). Current extraction, purification, and identification techniques of tea polyphenols: An updated review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63(19), 3912–3930. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1995843
5. Cai, Z.-Y., Li, X.-M., Liang, J.-P., Xiang, L.-P., Wang, K.-R., Shi, Y.-L., Yang, R., Shi, M., Ye, J.-H., Lu, J.-L., Zheng, X.-Q., & Liang, Y.-R. (2018). Bioavailability of tea catechins and its improvement. Molecules, 23(9), 2346. https://doi.org/10.3390/molecules23092346
6. Saklar, S., Ertas, E., Ozdemir, I. S., & Karadeniz, B. (2015). Effects of different brewing conditions on catechin content and sensory acceptance in Turkish green tea infusions. Journal of Food Science and Technology, 52(10), 6639–6646. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1746-y

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

7. Jin, Y., Zhao, J., Kim, E. M., Kim, K. H., Kang, S., Lee, H., & Lee, J. (2019). Comprehensive investigation of the effects of brewing conditions in sample preparation of green tea infusions. Molecules, 24(9), 1735. https://doi.org/10.3390/molecules24091735
8. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). (2018). Scientific opinion on the safety of green tea catechins. EFSA Journal, 16(4), 5239. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5239
9. Radeva-Ilieva, M., Stoeva, S., Hvarchanova, N., & Georgiev, K. D. (2025). Green tea: Current knowledge and issues. Foods, 14(5), 745. https://doi.org/10.3390/foods14050745
10. Liu, C., Gan, R.-Y., Chen, D., Zheng, L., Ng, S. B., & Rietjens, I. M. C. M. (2024). Gut microbiota-mediated metabolism of green tea catechins and the biological consequences: An updated review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 64(20), 7067–7084. https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2180478
11. Filippini, T., Malavolti, M., Borrelli, F., Izzo, A. A., Fairweather-Tait, S. J., Horneber, M., & Vinceti, M. (2020). Green tea (Camellia sinensis) for the prevention of cancer. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2020(3), CD005004. https://doi.org/10.1002/14651858.CD005004.pub3
12. Kochman, J., Jakubczyk, K., Antoniewicz, J., Mruk, H., & Janda, K. (2021). Health benefits and chemical composition of matcha green tea: A review. Molecules, 26(1), 85. https://doi.org/10.3390/molecules26010085

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.