BG Pulse Journal USA
ISSN:1947-2536 http://www.bgpulseusa.com/index.php/bg

TOPINAMBUR (*HELIANTHUS TUBEROSUS L.*) VA YAKON (*SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS*) O‘SIMLIKLARINING KIMYOVIY TARKIBI, BIOLOGIK FAOL MODDALARI VA ULARDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARI

Raimova Gulhayo Sirojiddinovna
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.23295234

Annotatsiya: Mazkur maqolada topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) va yakon (*Smallanthus sonchifolius*) o‘simliklarining kimyoviy tarkibi, biologik faol komponentlari, funksional xususiyatlari va ulardan turli mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyatlari ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy yo‘nalishi ushbu o‘simliklarning tuganaklarida uchraydigan inulin, fruktooligosaxaridlar, erkin qandlar, fenolik kislotalar, flavonoidlar hamda boshqa biologik faol birikmalarning xomashyo sifatini shakllantirishdagi o‘rnini aniqlashdan iborat. Adabiyotlarda keltirilgan natijalar topinambur va yakonning uglevod tarkibi, saqlashga chidamliligi, qayta ishlash xususiyatlari va funksional ingredientlar olish imkoniyatlari jihatidan o‘ziga xos xususiyatlarga ega ekanini ko‘rsatadi. Yakon tuganaklarida fruktooligosaxaridlar va fenolik birikmalarning mavjudligi, topinamburda esa inulin saqlovchi fruktanlarning to‘planishi ushbu xomashyolardan foydalanishning muhim ilmiy asoslaridan hisoblanadi. Shu bilan birga, biologik faol moddalarning miqdori o‘simlik genotipi, yetishtirish sharoiti, rivojlanish bosqichi, yig‘ib olish vaqti, saqlash hamda texnologik ishlov berish usullariga bog‘liq. Maqolada mazkur omillar qiyosiy yoritilib, quritilgan xomashyo, kukun, ekstrakt, konsentrat va funksional oziq-ovqat ingredientlarini ishlab chiqish istiqbollari baholanadi. Xulosa sifatida, topinambur va yakonni kompleks o‘rganish ularning xomashyo salohiyatidan samarali foydalanish, sifat ko‘rsatkichlarini standartlashtirish hamda o‘simlik asosidagi yangi mahsulotlar yaratish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishi ta’kidlanadi.

Kalit so‘zlar: topinambur, yakon, *Helianthus tuberosus L.*, *Smallanthus sonchifolius*, inulin, fruktooligosaxaridlar, fenolik birikmalar, flavonoidlar, antioksidant faollik, funksional ingredientlar, o‘simlik xomashyosi, tovarlar kimyosi.

Аннотация: В статье на основе научной литературы рассматриваются химический состав, биологически активные компоненты, функциональные свойства топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*) и якона (*Smallanthus sonchifolius*), а также перспективы их использования при разработке различных видов продукции. Основное внимание уделено инулину, фруктоолигосахаридам, свободным сахарам, фенольным кислотам, флавоноидам и другим биологически активным соединениям, определяющим свойства растительного сырья. Анализ публикаций показывает, что топинамбур и якон обладают различными, но взаимодополняющими характеристиками с точки зрения углеводного состава, хранения, переработки и получения функциональных ингредиентов. Наличие фруктоолигосахаридов и фенольных соединений в клубнях якона, а также инулинсодержащих фруктанов в клубнях топинамбура представляет научный интерес для разработки продуктов растительного происхождения. Вместе с тем количественное содержание биологически активных веществ зависит от генотипа растения, условий выращивания, стадии развития, сроков уборки, хранения и способов технологической обработки. В статье сопоставлены указанные факторы и рассмотрены перспективы получения высушенного растительного сырья, порошков, экстрактов, концентратов и функциональных пищевых ингредиентов. Сделан вывод о том,

что комплексное изучение топинамбура и якона способствует научному обоснованию рационального использования растительного сырья, стандартизации показателей качества и разработке новых продуктов на растительной основе.

Ключевые слова: топинамбур, якон, *Helianthus tuberosus L.*, *Smallanthus sonchifolius*, инулин, фруктоолигосахариды, фенольные соединения, флавоноиды, антиоксидантная активность, функциональные ингредиенты, растительное сырьё, товароведение.

Abstract: This review examines the chemical composition, bioactive constituents, functional properties, and potential applications of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) based on published scientific literature. Particular attention is paid to inulin, fructooligosaccharides, free sugars, phenolic acids, flavonoids, and other compounds that contribute to the characteristics and potential value of these plant materials. The reviewed evidence indicates that Jerusalem artichoke and yacon possess distinct yet complementary properties in terms of carbohydrate composition, storage behaviour, processing characteristics, and the production of functional ingredients. The presence of fructooligosaccharides and phenolic compounds in yacon tubers, together with inulin-type fructans in Jerusalem artichoke tubers, provides a scientific basis for exploring their use in plant-based products. However, the concentrations of bioactive constituents vary with genotype, cultivation conditions, developmental stage, harvesting time, storage, and processing methods. These factors are compared, and the prospects for producing dried plant material, powders, extracts, concentrates, and functional food ingredients are discussed. The review highlights the importance of comprehensive raw-material characterization, appropriate quality control, and standardization when developing products based on these plants. Further comparative research is needed to establish the stability of key compounds during processing, determine suitable product formulations, and verify the safety and functional properties of the resulting products.

Keywords: Jerusalem artichoke, yacon, *Helianthus tuberosus L.*, *Smallanthus sonchifolius*, inulin, fructooligosaccharides, phenolic compounds, flavonoids, antioxidant activity, functional ingredients, plant raw materials, commodity science.

KIRISH: O‘simlik xomashyosining kimyoviy tarkibini o‘rganish, uning sifat ko‘rsatkichlarini ilmiy asosda baholash va biologik faol komponentlardan samarali foydalanish zamonaviy oziq-ovqat kimyosi, biotexnologiya, farmakognoziya va tovarlar kimyosining o‘zaro bog‘liq yo‘nalishlaridan biridir. So‘nggi yillarda o‘simliklardan olinadigan tabiiy uglevodlar, xususan, inulin va fruktooligosaxaridlarning texnologik hamda fiziologik xususiyatlariga bo‘lgan ilmiy qiziqish ortib bormoqda. Bu birikmalar oziq-ovqat mahsulotlarining tarkibini takomillashtirish, ulardagi ayrim ingredientlarni almashtirish va funksional xususiyatlarga ega mahsulotlar ishlab chiqishda qo‘llanilishi mumkin [1–3].

Topinambur va yakon ana shunday xomashyo manbalari qatoriga kiradi. Topinambur Shimoliy Amerikadan kelib chiqqan, Asteraceae oilasiga mansub ko‘p yillik o‘simlik bo‘lib, uning yerosti tuganaklari fruktanlar, jumladan, inulin to‘planadigan asosiy organ hisoblanadi. Yakon esa And tog‘lari mintaqasidan kelib chiqqan o‘simlik bo‘lib, uning iste’mol qilinadigan tuganaklari tarkibida fruktooligosaxaridlar, turli qandlar va fenolik birikmalar uchraydi [1, 2, 4].

Ushbu o‘simliklarni o‘rganishda ularning faqat ozuqaviy qiymatiga emas, balki kimyoviy tarkibining xomashyo sifatiga, qayta ishlash jarayonlariga va tayyor mahsulotning saqlanish

xususiyatlariga ta’siriga ham e’tibor qaratish lozim. Masalan, uglevodlarning molekulyar tuzilishi va polimerlanish darajasi ekstraksiya samaradorligi, eruvchanlik, namlikni bog‘lash va mahsulot teksturasi kabi texnologik ko‘rsatkichlarga ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli bir xil o‘simlik turidan olingan xomashyo ham yetishtirish, yig‘ib olish va saqlash sharoitlariga qarab turlicha xususiyat namoyon qilishi mumkin [1, 3]. Yakon bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda uning fruktooligosaxaridlari, fenolik komponentlari va antioksidant faolligi o‘rtasidagi bog‘liqlik o‘rganilgan. Jumladan, Campos va hammualliflarining tadqiqotida yakonning 35 ta namunasi tekshirilgan hamda fruktooligosaxaridlar, umumiy fenolik moddalar va antioksidant faollik ko‘rsatkichlarining namunalar o‘rtasida sezilarli farqlanishi aniqlangan [4]. Topinambur bo‘yicha ilmiy sharhlarda esa inulin miqdori va xususiyatlariga nav, agroekologik sharoit, yig‘im-terim muddati hamda saqlash omillari ta’sir qilishi ko‘rsatilgan [3]. Shunga qaramay, topinambur va yakonni faqat biologik faolligi bo‘yicha tavsiflash ularning amaliy salohiyatini to‘liq ochib bermaydi. Tovarlar kimyosi nuqtayi nazaridan xomashyoning identifikatsiyasi, kimyoviy tarkibi, namligi, saqlanish barqarorligi, ifloslantiruvchi moddalar xavfsizligi, texnologik yaroqliligi va tayyor mahsulot sifatini baholash mezonlari ham muhimdir. Ayniqsa, ikki o‘simlik asosida aralash mahsulot ishlab chiqish rejalashtirilganda ularning komponentlari o‘rtasidagi muvofiqlik va qayta ishlash jarayonidagi barqarorlik alohida tekshirilishi zarur. Mazkur sharh maqolaning maqsadi topinambur va yakonning kimyoviy tarkibi, biologik faol birikmalari, funksional xususiyatlari va qayta ishlash imkoniyatlariga oid ilmiy manbalarni umumlashtirish, mavjud ma’lumotlarni qiyosiy tahlil qilish hamda ulardan sifat ko‘rsatkichlari asoslangan o‘simlik mahsulotlarini ishlab chiqish istiqbollarini aniqlashdan iborat.

TOPINAMBUR VA YAKONNING BOTANIK HAMDA XOMASHYOVIY XUSUSIYATLARI: Topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) Asteraceae oilasiga mansub bo‘lib, yerosti tuganaklari oziq-ovqat va sanoat xomashyosi sifatida qadrlanadi. O‘simlikning yerusti qismlarida ham turli ikkilamchi metabolitlar uchrashi mumkin, biroq inulin olish va uglevod tarkibini o‘rganish bo‘yicha tadqiqotlarning asosiy qismi tuganaklarga qaratilgan. Topinambur tuganaklarining kimyoviy tarkibi nav, o‘simlikning fiziologik holati, tuproq-iqlim sharoiti va yig‘ib olish muddatiga qarab o‘zgaradi [1, 3, 5]. Yakon (*Smallanthus sonchifolius*) ham Asteraceae oilasiga mansub bo‘lib, uning tuganaklari suvga boyligi va fruktooligosaxaridlar saqlashi bilan ajralib turadi. Yakon xomashyosi yangi holatda iste’mol qilinishi, quritilishi yoki undan sharbat, sirop va kukun kabi mahsulotlar olinishi mumkin. Biroq yakon tarkibidagi fruktooligosaxaridlar saqlash va qayta ishlash davomida o‘zgarishi mumkinligi sababli, tayyor mahsulotdagi ularning haqiqiy miqdorini alohida nazorat qilish zarur [2, 4, 6]. Har ikki o‘simlikning tuganaklari asosiy xomashyo organi hisoblansa-da, ularning texnologik xususiyatlari bir xil emas. Topinambur inulin olish uchun istiqbolli manba bo‘lsa, yakon fruktooligosaxaridlar va eruvchan qandlar saqlovchi xomashyo sifatida e’tiborga loyiq. Shu bilan birga, har ikki o‘simlikda fenolik birikmalar aniqlangan bo‘lib, ularning tarkibi va miqdori o‘simlik organiga hamda ekstraksiya sharoitiga bog‘liq [3, 4, 6]. Xomashyoni to‘g‘ri identifikatsiya qilish, yig‘ish vaqtini belgilash va saqlash sharoitlarini nazorat qilish keyingi kimyoviy tahlillarning ishonchliligi uchun zarur. Xomashyo turi, kelib chiqishi, yig‘ilgan sanasi va dastlabki ishlov berish sharoitlari qayd etilmasa, turli tadqiqot natijalarini o‘zaro qiyoslash qiyinlashadi. Shu bois tovarlar kimyosi nuqtayi nazaridan botanika identifikatsiyasi va xomashyo partiyalarining kuzatuvchanligi sifat nazoratining dastlabki bosqichi hisoblanadi.

TOPINAMBUR VA YAKONNING KIMYOVIY TARKIBI

Uglevodlar va fruktanlar: Topinamburning eng muhim kimyoviy xususiyatlaridan biri tuganaklarida inulin va unga yaqin tuzilishga ega fruktanlarning to‘planishidir. Inulin asosan

fruktoza qoldiqlaridan tashkil topgan, ko‘pincha terminal glyukoza qoldig‘ini ham saqlaydigan polisaxaridlar guruhiga kiradi. Uning molekulyar massasi va polimerlanish darajasi o‘simlik materiali hamda ajratib olish sharoitiga qarab farqlanishi mumkin. Shu xususiyatlar inulinning eruvchanligi, funksional xossalari va oziq-ovqat tizimlarida qo‘llanishiga ta’sir ko‘rsatadi [3]. Inulin inson ingichka ichagida to‘liq parchalanmaydigan fermentlanuvchi uglevod hisoblanadi. Shu sababli u oziq-ovqat tarkibida eruvchan tolalar manbai va ayrim foydali ichak mikroorganizmlari tomonidan fermentatsiyalanadigan substrat sifatida o‘rganiladi. Biroq inulinning funksional ta’siri uning molekulyar xususiyatlari, iste’mol miqdori va mahsulot tarkibidagi boshqa komponentlarga bog‘liq. Shuning uchun topinamburdan olingan inulinning xususiyatlarini baholashda faqat umumiy miqdorini emas, balki uning tozaligi va fizik-kimyoviy tavsiflarini ham aniqlash lozim [3].

Yakon tuganaklarida esa fruktooligosaxaridlar muhim o‘rin egallaydi. Ushbu birikmalar qisqaroq fruktoza zanjirlaridan tashkil topgan bo‘lib, ularning miqdori turli genotip va namunalarda sezilarli farqlanishi mumkin. Campos va hammualliflari 35 ta yakon namunasini o‘rganib, quruq modda hisobida fruktooligosaxaridlar miqdorini 6,4–65 g/100 g, umumiy fenolik moddalarni 7,9–30,8 mg xlorogen kislota ekvivalenti/g va antioksidant faollikni 23–136 µmol Trolox ekvivalenti/g oralig‘ida qayd etgan [4]. Bu qiymatlar muayyan tadqiqotdagi namunalar va usullarga tegishli bo‘lib, yakonning barcha navlari uchun universal me’yor sifatida qo‘llanmasligi kerak. Mazkur natijalar yakonning fruktooligosaxaridlar manbai sifatidagi salohiyatini ko‘rsatadi. Biroq topinamburdagi inulin va yakondagi fruktooligosaxaridlarni bir xil ko‘rsatkich sifatida qabul qilish noto‘g‘ri, chunki ularning molekulyar zanjir uzunligi, tarkibiy taqsimoti va qayta ishlashdagi xulqi farqlanishi mumkin. Shu jihatdan ikki o‘simlikni qiyoslashda uglevodlarning umumiy miqdori bilan birga ularning alohida fraksiyalarini aniqlash maqsadga muvofiq.

Topinambur va yakon tuganaklarida fruktanlardan tashqari fruktoza, glyukoza va saxaroza kabi erkin qandlar ham uchrashi mumkin. Ularning nisbati o‘simlikning fiziologik holati, yig‘ib olingan vaqti, saqlash harorati va davomiyligi bilan bog‘liq. Fruktanlarning gidrolizi natijasida quyi molekulyar uglevodlar miqdori o‘zgarishi mumkin, bu esa xomashyoning shirinligi, gigroskopikligi va texnologik xususiyatlariga ta’sir qiladi [2, 3]. Quritish jarayoni ham mahsulot tarkibiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Haroratning ortishi, ishlov berish davomiyligi va namlikning pasayish tezligi fermentativ jarayonlar hamda uglevodlar barqarorligini o‘zgartirishi ehtimoli mavjud. Shu sababli quritilgan topinambur yoki yakon kukunining sifatini faqat namlik miqdori bilan baholash yetarli emas. Fruktooligosaxaridlar yoki inulin saqlanishini asosiy sifat ko‘rsatkichi sifatida tanlagan hollarda, tegishli uglevod fraksiyasini analitik usul bilan aniqlash kerak.

Tovarlar kimyosi uchun bu jihat alohida ahamiyatga ega: bir xil nom bilan sotiladigan mahsulotlar xomashyoning kelib chiqishi, quritish texnologiyasi va saqlash sharoiti sababli kimyoviy tarkibi bo‘yicha farq qilishi mumkin. Shu bois mahsulot yorlig‘ida ko‘rsatiladigan tarkibiy va sifat ko‘rsatkichlari amaldagi partiyaning tahlili yoki tasdiqlangan spetsifikatsiyasiga asoslanishi lozim.

Fenolik birikmalar va flavonoidlar: Fenolik birikmalar o‘simliklarning ikkilamchi metabolitlari bo‘lib, fenol kislotalari va flavonoidlar kabi guruhlarni o‘z ichiga oladi. Topinambur va yakonning turli organlarida ushbu moddalar aniqlangan, biroq ularning miqdori va tarkibiy profili bir xil emas. Yakon tuganaklarida xlorogen kislota va boshqa kofeoylxin kislota hosilalari muhim fenolik komponentlar sifatida qayd etilgan [4, 6]. Topinambur bo‘yicha sharhlarda esa fenolik kislotalar va flavonoidlar bilan bir qatorda boshqa ikkilamchi metabolitlar ham yoritilgan [5, 7]. Fenolik birikmalarni tahlil qilishda ularning umumiy miqdori va alohida molekulalarning miqdorini farqlash kerak. Folin–Ciocalteu usuli kabi kolorimetrik usullar umumiy fenolik moddalarning shartli ekvivalentini baholash uchun qo‘llanilishi mumkin, biroq bu natija alohida fenolik birikmalarning miqdorini bevosita ko‘rsatmaydi. Xromatografik usullar, jumladan, yuqori samarali

suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) va diodli matritsa detektori yoki mass-spektrometriya bilan birlashtirilgan usullar ayrim komponentlarni aniqlash va miqdoriy baholashda ko‘proq axborot beradi.

Ekstraksiya uchun ishlatiladigan erituvchi, uning konsentratsiyasi, harorat, vaqt va xomashyo zarrachalarining o‘lchami fenolik birikmalarning ajratib olinishiga ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli turli maqolalarda keltirilgan umumiy fenolik miqdorlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri taqqoslashdan oldin tahlil metodikasi va natijalarni ifodalash birliklarini hisobga olish zarur.

Mineral moddalar va boshqa komponentlar: Topinambur va yakon tuganaklarida kaliy, fosfor, magniy va boshqa mineral elementlar, shuningdek, oqsillar, aminokislotalar va turli organik birikmalar uchrashi mumkin. Biroq ushbu komponentlarning miqdori tuproq tarkibi, mineral oziqlanish, nav, o‘simlikning rivojlanish bosqichi va xomashyoni tayyorlash usuliga bog‘liq. Shu sababli bir hududda o‘stirilgan namunalar bo‘yicha olingan ma’lumotlarni boshqa geografik sharoitlarga avtomatik tatbiq etish mumkin emas [1, 2]. Mineral tarkibni baholashda induktiv bog‘langan plazmali optik-emission spektrometriya (ICP-OES) yoki mass-spektrometriya (ICP-MS) kabi usullar qo‘llanishi mumkin. Tahlil natijalari quruq yoki yangi xomashyo massasiga nisbatan berilganini ko‘rsatish muhim, chunki namlik farqi mineral komponentlar miqdorini solishtirishga ta’sir qiladi. Shuningdek, mineral elementlarning umumiy miqdori ularning biologik o‘zlashtirilishi bilan aynan bir xil tushuncha emas.

Xomashyoning sifatini baholashda foydali komponentlar bilan birga xavfsizlik ko‘rsatkichlari ham o‘rganilishi lozim. Tuproq va yetishtirish sharoitlariga bog‘liq ravishda og‘ir metallar yoki boshqa ifloslantiruvchi moddalar mavjudligini tekshirish talab etilishi mumkin. Shu ma’noda, biologik faol moddalarning ko‘pligi xomashyoning xavfsizligi yoki tayyor mahsulotning sifati haqida yakka holda yetarli xulosa bermaydi.

5. TOPINAMBUR VA YAKONNING BIOLOGIK FAOLLIGI

5.1. Prebiotik xususiyatlar

Topinambur inulini va yakon fruktooligosaxaridlari ilmiy adabiyotlarda fermentlanuvchi uglevodlar sifatida o‘rganiladi. Ayrim ichak mikroorganizmlari ushbu uglevodlardan foydalanishi mumkin, natijada qisqa zanjirli yog‘ kislotalari kabi fermentatsiya mahsulotlari hosil bo‘ladi. Ushbu jarayonlar ichak mikrobiotasining tarkibi va faoliyatiga ta’sir qilishi mumkinligi sababli, inulin va fruktooligosaxaridlar prebiotik ingredientlar sifatida qiziqish uyg‘otadi [2, 3].

Yakon bo‘yicha Caetano va hammualliflarining sharhida fruktooligosaxaridlarni iste’mol qilish, ichak mikrobiotasi va ayrim metabolik ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘liqliklar muhokama qilingan [2]. Biroq bunday ta’sirni yakonning barcha mahsulotlariga bir xil darajada tegishli deb hisoblash mumkin emas. Mahsulotdagi fruktooligosaxaridlarning haqiqiy miqdori, iste’mol porsiyasi, qayta ishlash jarayonidagi parchalanish va inson organizmining individual xususiyatlari natijaga ta’sir ko‘rsatadi.

Antioksidant faollik: Topinambur va yakon tarkibidagi ayrim fenolik birikmalar antioksidant xususiyatlarni namoyon qilishi mumkin. Biroq antioksidant faollik yagona ko‘rsatkich emas: u ishlatilgan tahlil usuli, ekstrakt tarkibi, konsentratsiya va tajriba sharoitlariga bog‘liq. DPPH, ABTS va FRAP kabi in vitro usullar ekstraktlarning muayyan kimyoviy sharoitdagi antioksidant xususiyatlarini baholash uchun qo‘llanadi. Yakonning turli namunalarini o‘rgangan Campos va hammualliflari antioksidant faollik ko‘rsatkichlari bilan umumiy fenolik birikmalar miqdorida o‘zgaruvchanlik borligini ko‘rsatgan [4]. Bu natijalar fenolik komponentlar antioksidant faollikka hissa qo‘shishi mumkinligini ko‘rsatsa-da, barcha faollikni faqat bitta modda bilan izohlashga imkon bermaydi. Muhim jihat shundaki, ekstraktning laboratoriya sharoitida erkin radikallar bilan reaksiyaga kirishishi uning inson organizmida xuddi shunday ta’sir ko‘rsatishini isbotlamaydi.

Biologik o‘zlashtirilish, metabolizm, doza va oziq-ovqat matritsasi kabi omillar ham hisobga olinishi lozim. Shu sababli maqolada “antioksidant faollikka ega bo‘lishi mumkin” kabi ehtiyotkor ilmiy ifodalar ishlatilishi va klinik samaradorlik haqida ortiqcha da’volardan qochish maqsadga muvofiq.

Metabolik ko‘rsatkichlar bo‘yicha mavjud dalillar: Yakon uni bo‘yicha 2024-yilda chop etilgan tizimli sharhda *Smallanthus sonchifolius* unining ayrim metabolik ko‘rsatkichlarga ta’siri haqidagi tadqiqotlar umumlashtirilgan [6]. Topinambur bo‘yicha sharhlarda ham inulin va o‘simlikning boshqa komponentlari bilan bog‘liq funksional xususiyatlar muhokama qilingan [3, 5]. Shunga qaramay, turli tadqiqotlar orasidagi natijalarni solishtirishda xomashyo shakli, faol komponentlar miqdori, doza, tajriba davomiyligi va o‘rganilgan guruhlar farqini hisobga olish zarur. Yangi tuganak, quritilgan kukun, suvli ekstrakt va tozalangan inulin yoki fruktooligosaxaridlar kimyoviy jihatdan bir xil mahsulotlar emas. Shu sababli bir shaklda aniqlangan ta’sirni boshqasiga tekshiruvsiz ko‘chirish ilmiy jihatdan asoslanmagan. Topinambur va yakonni xalq tabobatida qo‘llash haqidagi ma’lumotlar tarixiy va etnobotanik qiziqishga ega bo‘lishi mumkin, biroq an’anaviy foydalanishning o‘zi klinik samaradorlik isboti hisoblanmaydi. Mahsulotni davolash maqsadida tavsiya etish uchun tegishli xavfsizlik, samaradorlik va tartibga solish talablariga javob beruvchi dalillar talab etiladi.

XOMASHYONI QAYTA ISHLASH VA TAYYOR MAHSULOTLAR OLISH IMKONIYATLARI

Quritilgan xomashyo va kukunlar: Topinambur va yakonni qayta ishlashning nisbatan sodda yo‘nalishlaridan biri tuganaklarni saralash, yuvish, maydalash, zarur hollarda rang o‘zgarishini cheklash, quritish va kukun holiga keltirishdan iborat. Bunday mahsulotlar saqlash va tashish uchun qulay bo‘lishi mumkin, biroq texnologik jarayonning har bir bosqichi xomashyoning kimyoviy tarkibiga ta’sir qilishi ehtimoli mavjud. Quritish harorati va davomiyligini tanlashda namlikni kamaytirish bilan birga, maqsadli komponentlarning barqarorligini saqlash ko‘zda tutilishi kerak. Yakon tarkibidagi fermentlanuvchi uglevodlar va erkin qandlar nisbatining o‘zgarishi, shuningdek, fenolik birikmalarning oksidlanishi tayyor kukunning xususiyatlariga ta’sir qilishi mumkin. Topinamburda esa inulin saqlanishini nazorat qilish mahsulotning mo‘ljallangan funksional xususiyatlarini baholash uchun muhimdir [2, 3]. Tayyor kukun sifatini baholashda namlik, suv faolligi, zarrachalar o‘lchami, rang, hid, eruvchanlik yoki disperslanish xususiyatlari, mikrobiologik ko‘rsatkichlar va maqsadli kimyoviy komponentlar miqdori kabi mezonlar tanlanishi mumkin. Aniq ko‘rsatkichlar mahsulotning vazifasi, tegishli standartlar va oziq-ovqat xavfsizligi talablariga muvofiq belgilanadi.

Ekstraktlar va konsentratlar: Ekstraksiya o‘simlik xomashyosidagi maqsadli komponentlarni erituvchi yordamida ajratib olishga asoslanadi. Inulin va fruktooligosaxaridlar uchun suvli ekstraksiya muhim yo‘nalishlardan biri hisoblanadi, fenolik birikmalarni ajratishda esa suv yoki suv-organik erituvchi tizimlari qo‘llanishi mumkin. Erituvchi tanlovi maqsadli birikmaning qutbliligi, xomashyo tarkibi, keyingi tozalash jarayoni va mahsulotdan foydalanish maqsadiga bog‘liq [3, 5]. Ekstraksiya samaradorligi faqat ajratib olingan ekstrakt massasiga qarab baholanmasligi kerak. Ekstrakt chiqishi yuqori bo‘lsa-da, undagi maqsadli komponentning konsentratsiyasi past bo‘lishi mumkin. Shu bois texnologik baholashda ekstrakt chiqishi, maqsadli moddaning tiklanish darajasi, tozalik, qoldiq erituvchi xavfsizligi va kimyoviy barqarorlikni alohida ko‘rib chiqish lozim.

Konsentrlash va quritish bosqichlarida issiqlik ta’siri hamda namlikning kamayishi mahsulot xususiyatlarini o‘zgartirishi mumkin. Shu sababli topinambur yoki yakon ekstraktini tayyorlashda texnologik rejimlar tajriba asosida optimallashtirilishi kerak. Adabiyotlarda qayd etilgan usullarni

yangi xomashyo yoki boshqa ishlab chiqarish sharoitiga qo‘llashdan oldin ularning samaradorligi va takrorlanuvchanligi tekshirilishi zarur.

Funksional mahsulotlar va kompozitsiyalar: Topinambur va yakondan olingan kukunlar, konsentratlar yoki ajratilgan uglevod fraksiyalarini ichimliklar, non-bulka mahsulotlari, sut mahsulotlari va boshqa oziq-ovqat tizimlarida ingredient sifatida qo‘llash istiqbollari mavjud. Topinambur bo‘yicha so‘nggi sharhlarda uning oziq-ovqat sanoatidagi turli qo‘llanilish yo‘nalishlari va qayta ishlash muammolari ko‘rib chiqilgan [1]. Yakon fruktooligosaxaridlari esa funksional ingredient sifatida o‘rganilgan [2, 4]. Ikki o‘simlik asosida kompozitsion mahsulot ishlab chiqish ilmiy jihatdan qiziqarli yo‘nalish bo‘lishi mumkin. Biroq topinambur va yakonni ma’lum nisbatda aralashtirishning o‘zi tayyor mahsulotning biologik faolligi oshishini isbotlamaydi. Aralashmaning maqsadli uglevod tarkibi, fenolik profili, ta’mi, namlikni yutishi, saqlash barqarorligi va mikrobiologik xavfsizligi alohida baholanishi lozim.

Kompozitsiya ishlab chiqishda avval har bir xomashyoning kimyoviy tarkibi alohida aniqlanadi. Keyin turli nisbatdagi aralashmalar tayyorlanib, maqsadli komponentlar miqdori, fizik-kimyoviy xususiyatlari va saqlash davomida yuz beradigan o‘zgarishlar qiyoslanadi. Agar mahsulot antioksidant xususiyat bilan tavsiflanishi rejalashtirilsa, tegishli tahlil usuli bilan faollikni o‘lchash va natijalarni mos nazorat namunasi bilan solishtirish zarur. Tovarlar kimyosi nuqtayi nazaridan tayyor mahsulotning raqobatbardoshligi faqat biologik faol moddalarning mavjudligiga emas, balki xomashyoning standartlashtirilishi, partiyalararo bir xillik, qadoqlash, saqlash muddati, xavfsizlik va iste’molchi uchun aniq tarkibiy ma’lumotlar taqdim etilishiga ham bog‘liq.

Topinambur va yakonning qiyosiy tahlili: Ilmiy adabiyotlarni umumlashtirish shuni ko‘rsatadiki, topinambur va yakonning asosiy o‘xshashligi — ularning tuganaklarida funksional ahamiyatga ega uglevodlar va turli ikkilamchi metabolitlarning mavjudligidir. Biroq bu o‘simliklarning asosiy uglevod fraksiyalari, xomashyo xususiyatlari va qayta ishlashda hal qilinishi kerak bo‘lgan vazifalari bir-biridan farq qiladi.

1-jadval. Topinambur va yakonning xomashyo hamda kimyoviy tarkib xususiyatlarining qiyosiy tavsifi **1-jadval**

Taqqoslash mezoni	**Topinambur (*H. tuberosus*)**	**Yakon (*S. sonchifolius*)**
Asosiy xomashyo organi	Yerosti tuganagi	Iste’mol qilinadigan tuganak
Muhim uglevod komponentlari	Inulin va boshqa fruktanlar	Fruktooligosaxaridlar, erkin qandlar va boshqa uglevodlar
Fenolik komponentlar	Fenolik kislotalar va flavonoidlar turli organlarda uchraydi	Tuganaklarda xlorogen kislota hosilalari va boshqa fenolik birikmalar aniqlangan
Xomashyo xususiyatiga ta’sir qiluvchi omillar	Genotip, agroekologik sharoit, yig‘im-terim vaqti, saqlash	Genotip, yetishtirish sharoiti, tuganakning fiziologik holati, saqlash va qayta ishlash
Istiqbolli mahsulot shakllari	Kukun, inulinli ingredient, ekstrakt va oziq-ovqat qo‘shimchalari	Kukun, fruktooligosaxarid saqlovchi ingredient, sharbat, sirop va ekstrakt
Muhim texnologik vazifa	Inulin/fruktan fraksiyasini saqlash va standartlashtirish	Fruktooligosaxaridlar barqarorligini va qandlar nisbatini nazorat qilish

Sifatni baholashning asosiy yo‘nalishi	Maqsadli uglevodlar, namlik, xavfsizlik va fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar	Fruktooligosaxaridlar, erkin qandlar, fenolik profil, namlik va xavfsizlik

Izoh: jadval adabiyotlarda qayd etilgan umumiy tendensiyalar asosida tuzilgan. U barcha navlar uchun qat’iy miqdoriy tavsif yoki tayyor mahsulot standartini anglatmaydi [1–6].

Jadvaldan ko‘rinadiki, topinambur inulin saqlovchi xomashyo sifatida, yakon esa fruktooligosaxaridlar va fenolik komponentlar manbai sifatida alohida qiziqish uyg‘otadi. Biroq har ikki o‘simlikning amaliy qiymatini baholashda faqat asosiy komponent nomiga tayanish yetarli emas. Ularning miqdori, kimyoviy profili, saqlanish barqarorligi va tayyor mahsulot tarkibidagi ulushi laboratoriya tahlillari bilan tasdiqlanishi kerak. Ushbu qiyosiy yondashuv topinambur va yakonni bir-birining o‘rnini bosuvchi xomashyo sifatida emas, balki o‘ziga xos kimyoviy va texnologik xususiyatlarga ega ikki manba sifatida baholash imkonini beradi. Aynan shu farqlar maqsadli mahsulot turini tanlash, qayta ishlash sharoitlarini optimallashtirish va sifat ko‘rsatkichlarini ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.

XULOSA

Topinambur *(Helianthus tuberosus L.)* va yakon *(Smallanthus sonchifolius)* o‘simliklariga oid ilmiy adabiyotlar tahlili ularning biologik faol komponentlarga ega istiqbolli o‘simlik xomashyosi ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu o‘simliklarning kimyoviy tarkibida uglevodlar, jumladan, inulin va fruktooligosaxaridlar, shuningdek, fenolik birikmalar va boshqa tabiiy komponentlar muhim o‘rin tutadi. Biroq ularning miqdori va nisbati o‘simlik turi, genotipi, yetishtirish sharoiti, yig‘ib olish muddati hamda saqlash va qayta ishlash usullariga bog‘liq ravishda o‘zgaradi.

Topinambur inulin va boshqa fruktanlarni olish uchun istiqbolli manba hisoblansa, yakon fruktooligosaxaridlar va fenolik birikmalar saqlovchi xomashyo sifatida alohida ilmiy ahamiyatga ega. Adabiyotlarda ushbu komponentlarning funksional xususiyatlari, jumladan, fermentlanuvchi uglevodlarning ichak mikrobiotasi bilan o‘zaro ta’siri va fenolik birikmalarning in vitro antioksidant faolligi yoritilgan. Shu bilan birga, laboratoriya sharoitida aniqlangan biologik faollikni tayyor mahsulotning klinik samaradorligi bilan tenglashtirish mumkin emas. Tovarlar kimyosi nuqtayi nazaridan mazkur o‘simliklardan quritilgan xomashyo, kukun, ekstrakt, konsentrat va funksional ingredientlar ishlab chiqish istiqbollari mavjud. Bunday mahsulotlarning sifatini baholashda namlik, maqsadli uglevodlar miqdori, fenolik birikmalar profili, mikrobiologik xavfsizlik, ifloslantiruvchi moddalar va saqlash davomida tarkibning barqarorligi kabi ko‘rsatkichlarni hisobga olish lozim.

Topinambur va yakon asosida kompozitsion mahsulot yaratish ham istiqbolli ilmiy yo‘nalish bo‘lib, bunda har bir xomashyoning kimyoviy tarkibini alohida aniqlash, aralashmaning optimal nisbatini tajriba asosida belgilash va tayyor mahsulot sifatini qiyosiy baholash talab etiladi. Faqat shunday yondashuv orqali kompozitsiyaning afzalliklarini ilmiy dalillar bilan asoslash mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rubel I. A., Pérez E. E., Genovese D. B., Manrique G. D. Inulin from Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.): From its biosynthesis to its application as bioactive ingredient // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. – 2021. – Vol. 26. – Art. 100281. – DOI: 10.1016/j.bcdf.2021.100281.

2. Caetano B. F. R., De Moura N. A., Almeida A. P. S., Dias M. C., Sivieri K., Barbisan L. F. Yacon (Smallanthus sonchifolius) as a food supplement: Health-promoting benefits of fructooligosaccharides // Nutrients. – 2016. – Vol. 8, No. 7. – Art. 436. – DOI: 10.3390/nu8070436.
3. Campos D., Betalleluz-Pallardel I., Chirinos R., Aguilar-Galvez A., Noratto G., Pedreschi R. Prebiotic effects of yacon (Smallanthus sonchifolius Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity // Food Chemistry. – 2012. – Vol. 135, No. 3. – P. 1592–1599. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.05.088.
4. Lachman J., Fernández E. C., Orsák M. Yacon [Smallanthus sonchifolius (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review // Plant, Soil and Environment. – 2003. – Vol. 49, No. 6. – P. 283–290.
5. Goto K., Fukai K., Hikida J., Nanjo F., Hara Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (Polymnia sonchifolia) // Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. – 1995. – Vol. 59, No. 12. – P. 2346–2347.
6. Loo J. V., Coussement P., De Leenheer L., Hoebregs H., Smits G. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 1995. – Vol. 35, No. 6. – P. 525–552.
7. Roberfroid M. B. Inulin-type fructans: Functional food ingredients // The Journal of Nutrition. – 2007. – Vol. 137, No. 11, Suppl. 2. – P. 2493S–2502S. – DOI: 10.1093/jn/137.11.2493S.
8. Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose // British Journal of Nutrition. – 2002. – Vol. 87, Suppl. 2. – P. S287–S291. – DOI: 10.1079/BJN/2002550.
9. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits // Nutrients. – 2013. – Vol. 5, No. 4. – P. 1417–1435. – DOI: 10.3390/nu5041417.
10. Roberfroid M., Gibson G. R., Hoyles L., McCartney A. L., Rastall R., Rowland I., Wolvers D., Watzl B., Szajewska H., Stahl B., Guarner F., Respondek F., Whelan K., Coxam V., Davicco M.-J., Léotoing L., Wittrant Y., Delzenne N. M., Cani P. D., Neyrinck A. M., Meheust A. Prebiotic effects: Metabolic and health benefits // British Journal of Nutrition. – 2010. – Vol. 104, Suppl. 2. – P. S1–S63. – DOI: 10.1017/S0007114510003363.