



Булцуут цэцэг (*Helianthus tuberosus* L.) Өндөр зоосон цэцэг (*Inula helenium* L.) -ийн үндэснээс инулин гарган авах боломж

Намжилын Эрдэнэчимэг*[✉] Ганзоригийн Оюундарь, Баярсайханы Оргилмаа,
Бямбаагийн Мөнхцэцэг, Бархүүгийн Баярмаа

Хими, химийн технологийн хүрээлэн, Шинжлэх ухааны академи, Энхтайвны өргөн чөлөө, 13343, Улаанбаатар

*Холбоо баригч зохиогч: erdenechimeg_n@mas.ac.mn

<https://orcid.org/0000-0001-5515-6860>

Хүлээн авсан: 10.10.2020

Хянасан: 15.01.2021

Хэвлэлтэд орсон: 10.02.2021

Хураангуй

Инулин нь ургамалд элбэг байдаг байгалийн полисахарид бөгөөд манай оронд инулинаар баялаг зарим төрлийн ургамлыг амжилттай нутагшуулан тарималжуулж байгаа билээ. Манай оронд нутагшсан Булцуут цэцэг (*Helianthus tuberosus* L.) болон Өндөр зоосон цэцэг (*Inula helenium* L.) ургамлын үндэснээс инулин полисахаридыг хэт авиа (ХА), богино долгион (БД) болон уламжлалт хандлах аргын тусламжтайгаар ялган авлаа. Энэ полисахарид нь ямар нэгэн амтгүй, цайвар шаргал өнгөтэй, нунтаг хэлбэртэй. Уг полисахаридын бүтцийг нил улаан туяаны спектроскопийн (FT-IR) аргаар баталгаажуулсан ба инулины агууламжийг нийт фруктозод шилжүүлэн тооцов. Булцуут цэцгийн полифруктаны агууламж 69-84%, Өндөр зоосон цэцгийнх 13-51% хооронд хэлбэлзэж байсан бөгөөд богино долгионы тусламжтай ялган авсан инулины полифруктаны агууламж хамгийн өндөр байв. НУТ-ны спектрийн шингээлтээр инулины бүтцийн гол зурвасууд нь 820, 876 саяны хэсэгт болон фураноз хэлбэртэй β-D-фруктоз, харин 937 см⁻¹ саяны хэсэгт пираноз хэлбэртэй α-D-глюкозын үлдэгдэл байгааг харуулж байна.

Түлхүүр үг: булцуут цэцэг, инулин, НУТ спектроскоп, өндөр зоосон цэцэг, полифруктан

Оршил

Байгалийн цэвэр түүхий эд, ашигт ургамлаас гарган авсан бэлдмэл нь хүний биед ямар нэгэн сөрөг нөлөөгүй, эмчилгээний чанар өндөр байдаг тул сүүлийн жилүүдэд хэрэглээ нь өсөж байна. Манай улсад ардын уламжлалт анагаах ухаанд ашигладаг, практик ач холбогдол өндөртэй зарим зүйл ургамлыг амжилттай нутагшуулан тариалж байна. Нутагшуулсан болон таримал ургамлын судалгааг явуулж тэдгээрийг технологийн боловсруулалтад оруулан зохицуулах үйлчлэлтэй хүнсний бүтээгдэхүүн, биологийн идэвхт хүнсний нэмэлт бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх шаардлага зүй ёсоор тавигдаж байгаа юм. Иймд бид манай оронд нутагшсан Булцуут цэцэг болон Өндөр зоосон цэцгийн үндэснээс хэт авиа, богино долгион болон уламжлалт хандлах аргаар инулин ялган авч харьцуулан судлах зорилгоор энэхүү судалгааг хийж гүйцэтгэлээ.

Өндөр зоосон цэцгийн үндэс, үндэслэг ишийг уламжлалт эмнэлэгт үрэвсэл намдаах, усан хаван бууруулах, хоолны дуршил нэмэгдүүлэх, гэдэсний хөдөлгөөний үйл ажиллагааг сайжруулах зорилгоор ашигладаг бөгөөд Наранмандал-11, Сум мод-6, Норов-7, Цагаан тан-4 жорын найрлагад ордог [1]. Булцуут цэцэг дархлаа дэмжих, исэлдлийн эсрэг, хордлогын эсрэг үйлдэл үзүүлдэг тул түүнийг хүнс, эмийн үйлдвэрлэлд цай, эмийн бэлдмэл, биологийн идэвхт бэлдмэл хэлбэрээр ашигладаг.

Булцуут цэцэг, Зоосон цэцэг, Артишок, цикорий гэх мэт ургамлын булцуунд инулин фруктозын полимер хэлбэрээр хадгалагдаж байдаг тул эдгээр ургамлыг инулины эх үүсвэр хэмээн үздэг.

Инулин нь хоорондоо β-(2→1) гликозидын холбоогоор холбогдсон D-фруктозын үлдэгдэл

болон D-фруктозтай α -(1→2) холбоогоор холбогдсон D-глюкозын үлдэгдлээс тогтсон ойролцоогоор 5000-6000 Да жинтэй полимер. Инулин тэжээллэг чанартай тул түүнийг хүнсний бүтээгдэхүүнд өргөнөөр хэрэглэдэг. Инулин нь хүний гэдэсний ашигт бактерийн өсөлтийг дэмжсэнээр өвчин үүсгэгч бичил биетний өсөлтийг дарангуйлдаг тул пребиотик үйлчлэлтэй бүтээгдэхүүний ангилалд хамаарах ба бүдүүн гэдсийг хорт хавдраас хамгаалах, дархлаа дэмжих нөлөөтэй, холестерин

концентрацийг хянаж, эрдэс бодисын шимэгдэлтийг сайжруулдаг [2, 3]. Түүнээс гадна инулин нь хүнсний бүтээгдэхүүний реологи, бүтэц болон мэдрэхүйн үзүүлэлтийг сайжруулдаг тул талх, нарийн боов, чихэр, сүүн бүтээгдэхүүнд өргөнөөр ашиглаж байна [3, 4, 5]. Инулиныг хандлах аргын талаар олон эрдэмтэн судалгаа хийснээс хамгийн өргөн хэрэглэгддэг нь халуун усаар (80-100°C) хандлах уламжлалт арга бөгөөд булцуут цэцгийн үндсийг 1-1.5 цагийн турш халаасны дараа ацетон эсвэл спиртээр тунадасжуулах арга юм.

Материал, арга зүй

Булцуут цэцэг (*Helianthus tuberosus* L.) Өндөр зоосон цэцэг (*Inula helenium* L.) ургамлыг Төв аймгийн Баянчандмань сумын нутагт орших тариалангийн талбайгаас түүж бэлтгэв. Эдгээр ургамлын газрын дээд хэсэг болон булцууг гадны хог хольц, шороо тоосноос нь угааж цэвэрлэсний дараа салхи чөлөөтэй орж байхуйц, нарны шууд тусгалаас хамгаалагдсан тавиур дээр нимгэн үеэр тараан байрлуулж хатаалаа. Хатаасан дээжийг 1-3 мм хэмжээтэй болтол жижиглэн цаасан уутанд хийн сэрүүн газар хадгалж судалгаанд ашигласан. Чийг, үнсийг жингийн аргаар, тос, тосонцор бодисыг Сокслетын аргаар, эслэгийг хүчил шүлтийн хосолсон гидролизын аргаар, нүүрс усыг Бертраны аргаар, идээлэгч бодисыг титрийн аргаар, инулины агууламжийг Селивановын урвалж ашиглан 480 нм (улаан өнгө) долгионы уртад хэмжсэн ба стандартаар D-фруктозыг ашиглав [6].

Судалгааны үр дүн

Ургамлын шинж чанар нь түүний ашиглалтын чиглэлийг тогтоож, гарган авсан бүтээгдэхүүний чанарт нөлөөлөх учраас химийн найрлагыг тодорхойлох нь чухал байдаг. Бид Зоосон цэцэг болон Булцуут цэцгийн зарим химийн үзүүлэлтийг дараах хүснэгтээр харууллаа. Эдгээр ургамлын навчны үнслэгийн хэмжээ үндэснийхээс ойролцоогоор 2.5 дахин их байв. Хүснэгтээс харахад зоосон цэцэг болон булцуут цэцгийн газрын дээд хэсэг буюу навчны

Судалгаанд ашигласан бүх бодис, урвалж химийн цэвэр зэрэглэлийнх байв. Бүх хандлах аргад нэрмэл усыг уусгагчаар ашигласан бөгөөд гидромодулийн харьцааг 1:10 байхаар сонгосон.

А. Уламжлалт хандлах арга:

Дээжтэй колбонд ойролцоогоор 50°C температуртай халуун ус нэмж сайтар холиод үе үе хутгаж тасалгааны хэмд 24 цагийг турш хандалсан.

Б. Хэт авиан тусламжтай хандлах арга:

Хандлах процессыг 500W хүчдэл, 36 кГц давтамжтай хэт авиан баннд (Wise Clean, Daihan Scientific, Korea) 45°C температурт 30 минутын туршид явуулсан.

В. Богино долгион ашиглан хандлах хандлах:

Лабораторийн 700 W хүчдэл, 50 Гц.с давтамжтай богино долгионы зууханд (LG MB4047C) 10 минутын туршид хандалсан.

нийт нүүрс усны агууламж үндсэнд агуулагдах нүүрс усны хэмжээтэй бараг ойролцоо байна. Энэ нь дээж бэлтгэлийн хугацаанаас хамаарсан байж болох юм. Инулинаар баялаг ургамлын полисахарид нь ургамлыг цэцэглэх хүртэл нөөц энерги байдлаар булцуунд хуримтлагддаг ба цэцэглэлтийн үед зарим хэсэг нь зарцуулагдсантай холбоотой байх гэж үзэж байна. Ногоон массад ихэвчлэн цардуул, моно-, дисахар агуулагддаг.

Table 1.

Main chemical composition (%) of the Jerusalem artichoke and Elecampane

| Үзүүлэлт | Өндөр зоосон цэцэг | | Булцуут цэцэг | |
|----------------|--------------------|-------------|---------------|------------|
| | Навч | Үндэс | Навч | Үндэс |
| Чийг | 7.4 ± 0.01 | 7.2 ± 0.03 | 5.6 ± 0.1 | 5.8 ± 0.01 |
| Үнс | 14.8 ± 0.09 | 5.9 ± 0.24 | 13.0 ± 0.06 | 5.5 ± 0.1 |
| Эслэг | 2.1 ± 0.2 | 3.7 ± 0.1 | 4.4 ± 0.1 | 0.7 ± 0.3 |
| Нүүрс ус | 34.5 ± 1 | 44.3 ± 1.71 | 42.9 ± 0.27 | 51.1 ± 0.5 |
| Цардуул | 11.0 ± 0.1 | 5.8 ± 0.1 | 8.5 ± 0.07 | 7.2 ± 0.5 |
| Идээлэгч бодис | 5.5 ± 0.2 | 1.5 ± 0.04 | 4.7 ± 0.21 | 0.8 ± 0 |
| Бусад | 24.7 | 31.6 | 20.9 | 28.5 |

Инулин нь пребиотик шинж чанартай тул хүнс, эмийн үйлдвэрлэлийн чухал түүхий эдэд тооцогдож байна. Иймд түүнийг олон төрөл, зүйл ургамлаас эдийн засгийн хувьд үр ашигтай, хялбар аргаар ялгах, ашиглах боломжийг эрж хайхад хүргэж байгаа юм.

Долгионы өндөр давтамж, эрчмийн нөлөөгөөр ургамлын эсийн хана задарснаар хандлагдах

бодис амархан ялгарах боломжтой байдаг тул бид Өндөр зоосон цэцэг болон Булцуут цэцгийн үндэснээс уламжлалт хандлах арга, богино долгион болон хэт авиагаар үйлчлэх аргаар инулиныг хандлан авч инулины агууламжийг фруктозод шилжүүлэн тооцож дараах хүснэгтээр харуулав.

Table 2.

Fructooligosaccharide content (%) of Jerusalem artichoke and Elecampane obtained by different extraction methods

| Ханд | Булцуут цэцэг (<i>Helianthus tuberosus</i> L) | Өндөр зоосон цэцэг (<i>Inula helenium</i> L) |
|----------------|---|--|
| Уламжлалт арга | 69 | 12 |
| Хэт авиа | 70 | 23 |
| Богино долгион | 84 | 51 |

Энэ хүснэгтээс харахад дээрх гурван аргаар полифруктаны агууламж өндөртэй инулин гарган авах боломжтой нь харагдаж байна. Гэхдээ богино долгион ашиглан гарган авсан инулины полифруктаны агууламж хамгийн өндөр байв. Энэ нь өндөр давтамж бүхий хэт авианы долгион нь ургамлын эсийн ханыг задалснаар өндөр молекулт нэгдэл эсийн хананаас чөлөөлөгдөх боломж нэмэгдсэнтэй, нөгөө талаар уусгагч богино долгионы энергийн

нөлөөгөөр халснаар хандлагдаж буй нэгдлийн шилжих хөдөлгөөн орчны температур, даралтын нөлөөгөөр богино хугацаанд илүү хурдтай явагддагтай холбоотой.

Булцуут цэцэг болон Зоосон цэцгийн үндэснээс дээрх аргуудаар гарган авсан инулины бүтцийг НУТ-ны спектрээр тодорхойлсон бөгөөд энэ өгүүлэлд Булцуут цэцгийн үндэснээс уламжлалт аргаар ялган авсан инулины спектрийг харууллаа (Зураг 1, хүснэгт 2).

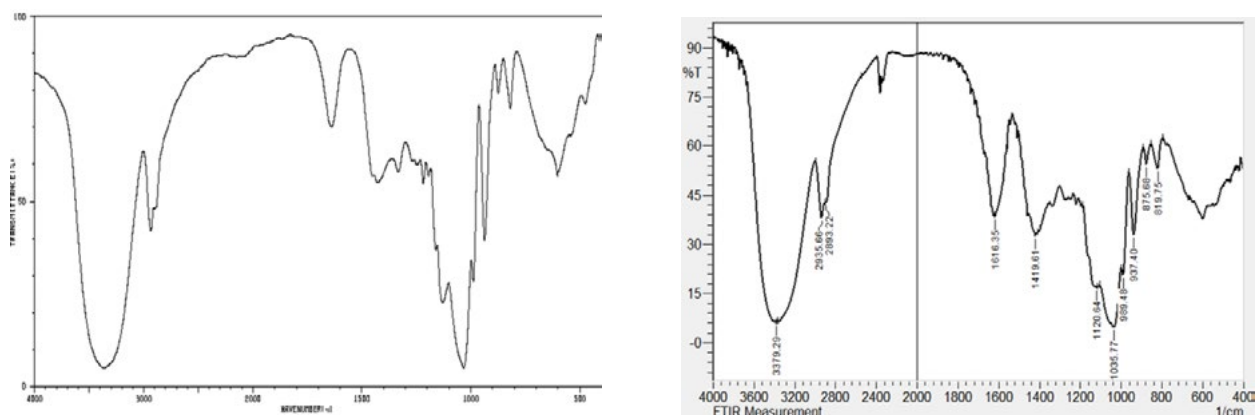


Figure 1. FT-IR spectras of (a) standard inulin and (б) of isolated inulin from tubers of the Jerusalem artichoke

Table 3.

Assignment of IR-FT spectra of inulin isolated from tubers of Jerusalem artichoke

| Функциональ бүлэг | Давтамж, см ⁻¹ | Стандарт инулин | Инулин |
|---------------------------------------|---------------------------|------------------|--------|
| ν -ОН, молекул хоорондын Н-холбоо | 3200-3400 | 3370 | 3379 |
| ν C-H, асим(CH ₂) | 2933-2981 | 2936 | 2936 |
| ν C-H, сим(CH ₂) | 2850-2904 | | 2893 |
| ν -COO- | 1600-1670 | 1640 | 1616 |
| δ CH ₂ | 1416-1430 | 1434, 1429, 1423 | 1420 |
| ν C-O-C | 1125-1162 | 1220 | 1121 |
| δ CH ₂ OH, C-O, | 1015-1060 | 1033 | 1036 |
| ν C-O | 985-996 | 989 | 989 |
| α -D-Glcр үлдэгдэл | 930 | 937 | 937 |
| δ (C1-H) 2-кетофураноз цагираг | 892-895 | 876 | 876 |
| 2-кетоз | 817 | 819 | 820 |

Энэ полисахаридын нийтлэг шинж чанарыг илэрхийлэх НУТ-ны спектрийн шингээлтийн зурвасаас 3379 см⁻¹ саяны хэсэгт -ОН бүлгийн валентын, 2930 см⁻¹ саяны хэсгийн ойролцоо C-H холбооны валентын хэлбэлзэл тус тус илэрч байгааг харуулж байна. 1200-957 см⁻¹ мужид глюкозын ОН бүлгийн хэлбэлзэл илэрдэг.

Спектрийн 1700-700 см⁻¹ мужид илэрч буй зурвасууд нь полисахаридын бүтцийн үндсэн нүүрс усны талаарх мэдээллийг өгдөг. Энэ мужид ихэвчлэн цагираг бүтцийн C-O, C-C

холбоо болон CH₂ бүлгийн деформацийн хэлбэлзлийн шингээлтийн зурвас илрэх тул полисахаридыг тодорхойлох боломж олгоно. 1616 см⁻¹ саяны хэсэгт инулины хэлхээн дэх гликозидын холбооны, 1035 см⁻¹ хэсэгт инулины молекул дах глюкозын ОН бүлгийн шингээлтийн зурвас илэрсэн бол 937, 876, 820 см⁻¹ саяны хэсэгт фруктофураноз α -D-глюкопиранозын β -(2 \rightarrow 1) холбооны шингээлтийн зурвасууд нь илэрч байна [7, 8].

Шүүн хэлэлцэхүй

Ургамлын гаралтай түүхий эдийн химийн үзүүлэлтүүд тухайн сортын биологийн олон янз байдал, хөрс болон цаг уурын нөхцөл, тухайн ургацын жилийн цаг агаарын байдал болон газар зүйн хүчин зүйлээс ихээхэн хамааран өөрчлөгддөг. Тухайлбал, булцуут цэцгийн газрын дээд хэсгийн хуурай бодисын агууламж 22-32%, булцууных 19-30% хүртэл хэлбэлздэг

байна [9]. Судлаачдын дүнгээс харахад булцуут цэцгийн ногоон массын 5.7-14.4% (хуурай бодист шилжүүлэн тооцсоноор), үндэсний 4.3-11.0%-ийг азотот бодис эзэлдэг [9].

Судлаач Ж.Баярмаа [10] нарын судалгаагаар манай улсад тарималжуулж буй булцуут цэцгийн навчны үнсний хэмжээ ашигласан бордооны төрлөөс хамааран 19.5-20.6% хооронд хэлбэлзэж

байгааг тогтоосон байна. Харин В.И. Старовойтов [9] нарын судалгааны дүнгээс харахад булцуут цэцгийн ногоон массын үнсний хэмжээ сортоос хамааран 11.4-12.5% хооронд байна. Энэ бүгдээс харахад эрдэс бодис ургамлын ногоон массад их хэмжээгээр хуримтлагддаг байна. Эдгээр ургамлын ногоон массыг ихэвчлэн фруктоз - глюкозын сиропоос гадна кали, магни, кальцийн эх үүсвэр болгон ашигладаг. Инулин нь ургамлын навчинд фотосинтезийн дүнд бий болох ба иш, үндсэнд хуримтлагдана. Булцуут цэцэг болон Зоосон цэцгийн газрын доод хэсэг буюу үндэс нь нөөц полисахар болох инулинаас гадна уураг, пектин, органик хүчил, тосны хүчлээр баялаг. Үндэсний нийт хуурай бодисын 80 хүртлэх хувийг нүүрс ус эзэлдэг [11].

Петкова ба бусад [12] болон Лингян ба бусад [13] нарын судлаачид хэт авиа ашиглан, хандлах

Дүгнэлт

Булцуут цэцэг (*Helianthus tuberosus* L.) Өндөр зоосон цэцэг (*Inula helenium* L) ургамлаас ялган авсан инулин нь цагаан өнгөтэй, үнэргүй, аморф бодис байв. Богино долгион болон хэт авианы долгионоор хандлах арга нь уламжлалт аргатай харьцуулахад хандлалтын хугацаа богинотой, цахилгаан бага зарцуулдаг зэрэг давуу талтай.

Талархал

Судалгааны ажлыг Шу.СС 2018/24 суурь судалгааны төсөлт ажлын хүрээнд хийж гүйцэтгэв.

References

- [1] Ч. Алтанчимэг, Д. Цэнджав, Х. Даариймаа and С. Сээсрэгдорж, "Өндөр зоосон цэцэг (*Inula helenium* L.), Эмийн бамбайн (*Valeriana officinalis* L.) Монгол улсын үндэсний фармакопейн өгүүлэл боловсруулсан судалгаа," Монголын уламжлалт анагаах ухаан, pp. 67-70, 2012.
- [2] A. Dominguez, L. Rodrigues, N. Lima and J. Teixeira, "An overview of the recent developments on fructooligosaccharide production and applications," *Food Bioprocess Technol*, vol. 7, p. 324–337, 2014.
- [3] I. Panchev, N. Delchev, D. Kovacheva and A. Slavov, "Physicochemical characteristics of inulins obtained from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)," *Eur. Food Res. Technol*, vol. 233, p. 889–896, 2011.
- [4] H. Yi, L. Zhang, C. Hua, K. Sun and L. Zhang, "Extraction and enzymatic hydrolysis of inulin from Jerusalem artichoke and their effects on textural and sensorial characteristics of yogurt," *Food Bioprocess Technol*, vol. 3, p. 315–319, 2010.
- [5] R. Vlaseva, M. Ivanova, N. Petkova, M. Todorova and a. P. Denev, "Analysis of fermented lactic acid dairy products enriched with inulin-type fructans," *Scientific Bulletin "Biotechnology" Series F*, vol. XVIII, pp. 145-149, 2014.
- [6] Д. Оленников, Л. Танхаева, Г. Чехирова and Е. Петров, "Методика количественного определения суммарного содержание полифруктанов в корневищах и корнях девясила высокого (*Inula helenium* L.)," *Химия растительного сырья*, vol. 1, p. 95–99, 2008.
- [7] M. Temkov, N. Petkova, P. Denev and A. Krastanov, "Characterization of inulin from *Helianthus tuberosus* L. obtained by different extraction methods – Comparative study," *Scientific works of University of Food Technologies*, vol. LXII, pp. 461-464, 2015.

- [8] A. A. Abou-Arab, H. A. Talaat and F. M. Abu-Salem, "Physico-chemical properties of inulin produced from Jerusalem artichoke tubers on bench and pilot plant scale," *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 5, p. 1297–1309, 2011.
- [9] И. Старовойтов, О. Старовойтова, П. Звягинцев and Ю. Т. Лазунин, "Топинамбур – культура многоцелевого использования," *Пищевая промышленность*, vol. 4, pp. 22-25, 2013.
- [10] Д. Баярмаа, Х. Хүрэлтогоо and Б. Одгэрэл, "Булцуут цэцгийн (*Helianthus tuberosus* L) биохимийн зарим үзүүлэлтэд бордооны нөлөө," *ХАА-н шинжлэх ухаан сэтгүүл*, vol. 26, no. 1, pp. 79-84, 2019.В.
- [11] А. В. Виноградова, О. В. Паклина and Е. Н. Анашкина, "Топинамбур – перспективное сырье для биотехнологии," *Вестник Пермского государственного технического университета. Химическая технология и биотехнология*, vol. 11, pp. 137-142, 2010.
- [12] N. Petkova, M. Ognyanov, M. Todorova and P. Denev, "Ultrasound-assisted extraction and characterization of inulin-type fructan from roots of elecampane (*Inula helenium* L.)," *Acta Scientifica Naturalis*, vol. 1, pp. 225-235, 2015.
- [13] W. Lingyun, W. Jianhua, Z. Xiaodong, T. Da and e. al, "Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers," *Journal of Food Engineering*, vol. 79, p. 1087–1093, 2007.
- [14] S. Tewari, K. Ramalakshmi, L. Methre and L. M. Rao, "Microwave-Assisted Extraction of Inulin from Chicory Roots Using Response Surface Methodology," *Journal of Nutrition and Food Science*, vol. 5, no. 1, p. 6, 2015.
- [15] М. Н. Назаренко, "Совершенствование технологий получения инулина и фруктозо-глюкозного сиропа из топинамбура и их применения в производстве функциональных молочных продуктов," *Диссертация на соискание ученой степени канд. технических наук*, Краснодар, 2014.

The possibility of obtaining inulin from the tubers of *Helianthus tuberosus* L and *Inula helenium* L

Erdenechimeg Namjil*^{ORCID}, Oyundari Ganzorig, Orgilmaa Bayarsaikhan, Munkhtsetseg Byambaa, Bayarmaa Barkhuu

Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Peace avenue 13343, Ulaanbaatar, Mongolia

* Corresponding author: erdenechimeg_n@mas.ac.mn

 - <https://orcid.org/0000-0001-5515-6860>

Received: 10.10.2020

Revised: 15.01.2021

Accepted: 10.02.2021

Abstract

Inulin is a natural polysaccharide abundant in plants. In the latest decades, in Mongolia, have been cultivated some plants which used in traditional medicine. Inulin polysaccharides were isolated from the roots of the *Helianthus tuberosus* L. and *Inula helenium* L. by ultrasound-assisted, microwave extraction, and conventional extraction methods. This polysaccharide is light yellow, tasteless, powder. The polysaccharide structure was confirmed by infrared spectroscopy (FT-IR). The poly fructose content of the *Helianthus tuberosus* L. ranged from 69 to 84%; in comparison, *Inula helenium* L ranged from 13 to 51%. The IR-FT spectra revealed typical inulin structure - 820, 876, and 937 cm⁻¹ with terminated α-D-glucose residue.

Keywords: Jerusalem artichoke, Elecampane, inulin, FT-IR, fructooligosaccharide