

# KARTULISORTIDE GLÜKOALKALOIDIDE SISALDUS

A. Tsahkna, U. Pille, K. Ilmoja, M. Reinik, M. Ivask, M. Minjajev

Glükoalkaloidid (GA)  $\alpha$ -solaniin ja  $\alpha$ -sakoniin on kartulis leiduvad looduslikult toksilised ühendid, mis moodustavad 95% kõigist kartulimugulais esinevatest glükoalkaloididest. GA on peamiselt kartulikoortes ja peridermis. Kõige rohkem GA-d on leitud peridermis. GA-sisaldus koortes on kaks korda suurem kui kogu mugulates ja viis korda suurem kui sisus (Frydecka-Mazurczyk, Zgórska, 2000). GA toksiline doos inimesele on 2–5 mg/1 kg kehakaalu kohta. Inimeste tundlikkus GA suhtes on väga erinev. Arvatakse, et suure GA-sisaldusega kartulite söömine raseduse ajal kahjustab loote arengut ning võib tekitada seedehäireid ja närvikahjustusi. Samuti on ta kahjulik loomadele.  $\alpha$ -sakoniin on toksilisem kui  $\alpha$ -solaniin ning ka suurema teratogeense mõjuga. Rahvusvaheliselt peetakse  $\alpha$ -sakoniini ja  $\alpha$ -solaniini summaarselt lubatud sisalduse piirnormiks kartulimugulates 200 mg/kg toormassis (Ilmoja, Reinik, 2000).

Kartuli GA on ka kahjureid peletava ja antifungitsiidse toimega (Roddick jt., 1990). Näiteks on katsed näidanud, et kartulimugulate vastuvõtlikkus traatussi (*Agriotes obscurus*) rünnakutele on negatiivses korrelatsioonis GA kontsentratsiooniga ja positiivses korrelatsioonis redutseeritud suhkrute sisaldusega. Seega võiks sordiaretuses aretada sorte, kus GA suure sisaldusega mugulate äärmises perifeerses osas kaasneks väga madal GA-sisaldus mugula ülejäänud osas. See kaitseks mugulaid traatussi vastu, kuid annaks siiski lubatud GA-sisalduse ohutuks toiduks. Väike GA-sisaldus ei suurenda alati mugulate kahjuritele vastuvõtlikkust. See sõltub pigem sellest, kuidas alkaloidid on jagunenud mugulas. Näiteks kibe maitse ja toksilised ühendid mugula äärmises perifeerses osas tekitavad keemilise tõkke kahjurite rünnakute vastu. Siiski peaks väga kõrge GA kontsentratsiooni kompenseerima väike mugula sisemine GA-sisaldus, mis ei ületaks toiduks lubatud piirmormi (Olsson, Jonasson, 1995). Samuti on leitud, et mugulate maitse on alati negatiivselt mõjutatud solaniinisaldusest (Rogozínska, Wojdyla, 1999).

GA-sisaldus kartulis sõltub sordist, kasvukohast, ilmastikust, väetamisest, küpsusastmest, säilitamisest, valgusest, mehaaniliste vigastuste hulgast ning töötlemisest. Genotüüp mõjutab GA-sisaldust küllaltki palju. Soomes ja Rootsis on GA uurimisega ulatuslikult tegeldud ja mitmed kartulisordid on suure GA-sisalduse tõttu keelatud (Olsson, Jonasson, 1995).

Katsed on näidanud, et kui kartulit ei saa kuidagi hoida või säilitada ilma valguseta, tuleks neid hoida madalal temperatuuril ja hajutatud valguses. See võib vähendada rohelisteks minekut ja kaitseb lühikest aega ka GA akumulatsiooni eest (Edwards, Cobb, 1996). Nagu eespool on nimetatud, mõjutab GA-sisaldust ka väetamine. Näiteks (Rogozínska, Wojdyla, 1999) väetamine mineraalse lämmastikuga põhjustas erinevaid reaktsioone erinevate sortide puhul. Ühed akumulatsioonid rohkem GA-d, teised vähem. Samuti on selgunud, et mineraalse kaaliumiga väetamine vähendab tunduvalt solaniini kontsentratsiooni mugulates. Kui võrrelda väetamist  $K_2SO_4$  ja KCL-ga, siis saadi madalam GA kontsentratsioon KCL-ga väetamisel. Ka fungitsiidide kasutamine on suurendanud üldist GA-sisaldust mugulates. Sama autor on leidnud, et säilitamisel täheldati GA taseme tõusu keskmiselt 16–40% piires.

Eestis hakati GA-sisaldust kartulimugulates uurima Tervisekaitseinspektsiooni Kesklaboris 1999. aastal (Ivask jt., 1999).

## Uurimistöö materjal, meetodika ja tingimused

Uurimistöö viidi läbi 1999. aastal. Põldkatsed teostati Jõgeva Sordiaretuse Instituudis ja keemilised analüüsid (glükoalkaloidide määramine) Tervisekaitseinspektsiooni Kesklabori Tartu osakonnas.

I proovid GA määramiseks võeti dünaamikakatses, mis toimus erinevatel aegadel (19. ja 26. juulil ning 2. augustil). Võeti üldproov, s.t mitte fraktsioonidena (igast sordist 50 mugulat). Sortideks olid: aretis 1370-94 (varajane), 'Berber' (varajane), 'Sante' (keskvalmiv), 'Ants' (hilisepoolne) ja 'Ando' (hiline). Eesmärgiks oli välja selgitada sortide ja mugulate küpsusastme mõju GA-sisaldusele.

II proovivõtmise toimus samamoodi üldproovina paar nädalat pärast koristust keldrist, kus säilitustemperatuur oli 7–8 °C. Eespool nimetatud sortidele lisandusid veel 'Läti varajane kollane' (varajane), 'Piret' (keskvalmiv) ja hilisepoolsed sordid 'Juku', 'Mats', 'Sarme', 'Vigri' ning hilised sordid 'Jõgeva kollane' ja 'Anti'.

III proovivõtmise toimus juba säilitusperioodi keskel (novembris), säilitustemperatuur oli 4–5 °C. Nüüd võeti sordid järgmiste fraktsioonidena: <35 mm, 35–45 mm, 45–60 mm ja >60 mm, et selgitada GA-sisaldust erinevates mugulafraktsioonides.

Katsepõld oli nõrgalt leetunud kamarkarbonaatmullaga. Eelmisel vegetatsiooniperioodil oli põld mustkesa all, mis sügisel künti. Kevadel väetati põld täismineraalväetisega Hydro Complex (N:P:K vastavalt 12:11:18, 3MgO+8S+TE) 800 kg/ha. Väetis sisaldas järgmisi elemente: üldlämmastikku 12,4%, nitraatlämmastikku 5,1%, ammoniumlämmastikku 7,3%, ammoniumnitraadis ja vees lahustuvat  $P_2O_5$  11,4% (5,0% P), vees lahustuvat  $P_2O_5$  8,5% (3,7% P), vees lahustuvat  $K_2O$  17,7% (14,7% K), MgO 2,65%, vees

lahustuvat SO<sub>3</sub> 19,9% (8% S), vees lahustuvat B 0,015%, Fe 0,35%, Zn 0,02%. Väetis viidi mulda sügavkobestiga.

Kartul pandi maha 17.–18. mail käsitsi 70 cm laiustesse vagudesse. Esimene muldamine toimus 1. juunil ja äestati võrkaketega 10. juunil. Teist korda mullati 22. juunil ja kolmandat korda 1. juunil. Põllul tehti umbrohutõrjet 25. juunil, kasutati herbitsiide Titus (30 g/ha) + Sencor (250 mg/ha). Lehemädanikutõrjet tehti 7. juulil Ridomil Gold'iga (2,5 kg/ha) ja lisati Fastac'i (100 ml/ha) lehetäide ja kartulimardika tõrjeks. Dünaamikakatse koristati käsitsi, üldkatse üherealise katsete koristuskombainiga Juko.

Ilmastikuolud dünaamikakatse võtmise ajaks olid kujunenud järgmiselt. Aprilli lõpust alates, seega kolme kuuga oli tulnud katsepiirkonnas sademeid ainult 90–150 mm, s.o 50–70% normist. Produktiivne veevaru mullas oli juuli II dekaadil kartulile 0–20 cm sügavuses 220 mm ja 0–50 cm sügavuses 72 mm. Efektiiivsete õhutemperatuuride summa oli selleks ajaks kasvanud vegetatsiooniperioodi algusest 948 °C (paljude aastate keskmine 720 °C), see oli viimase 80 aasta teine suurim summa. Juulikuu III dekaadil, kui toimus dünaamikakatse III koristus, tuli katsepiirkonnas sademeid 13,7 mm. Produktiivne veevaru mullas oli 0–20 cm sügavuses kahanenud 15 mm-ni ja 0–50 cm sügavuses 46 mm-ni, kuid saagi juurdekasv oli olemas. Nähtavasti toimus see öise veevaru arvel pealsete kaudu. Augustikuu jooksul registreeriti katsepõldude piirkonnas 23,6 mm sademeid, kuid kuumuse tõttu oli aurumine tugev ja mulla veevaru see ei suurendanud. Kartul nähtavasti omastas vett lehtede kaudu, sest koristamise ajaks ei olnud keskvalmivad ja hilised sordid veel kasvu lõpetanud ja ka täisküpsust saavutanud. Katses olnud sortide saak jäi kesiseks. Koristamise ajal oli muld väga kuiv ja kuna mugulad ei olnud saavutanud täisküpsust, siis vigastusid nad kergesti ning mugulamädanikele vastuvõtlikumad sordid nakatusid mitmetest haigusetektajatest.

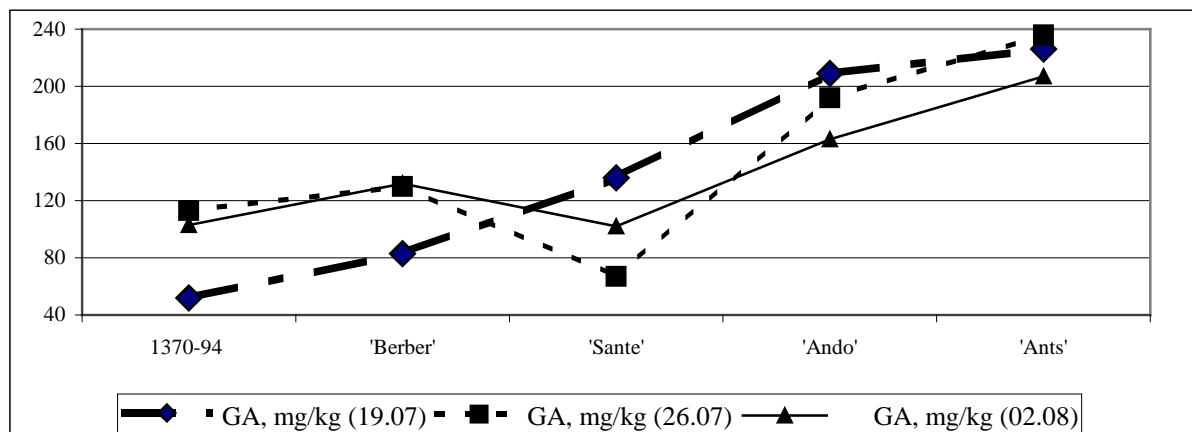
Vastava seireprogrammi käigus töötati Tervisekaitseinspeksiooni Kesklabori Tartu osakonnas välja α-sakoniini ja α-solaniini vedelikchromatograafilise määramismetoodika modifikatsioon, kus minimaalselt määratav kontsentratsioon on 12 mg/kg ja analüüsi viga 9%. Metoodika aluseks on Jaapanis kasutatav GA määramismeetod (Saito, jt., 1990).

## Uurimistöö tulemused ja arutelu

Dünaamikakatse GA analüüsi tulemused on toodud tabelis 1 ja joonisel 1. Andmetest nähtub, et I koristusel olid kõige madalama GA-sisaldusega varajased sordid 1370-94 ja 'Berber'.

**Tabel 1.** Kartulimugulate glükoalkaloidide sisaldus dünaamikakatses erinevatel koristusaegadel 1999. aastal  
**Table 1.** Glycoalkaloid content of potato tubers in dynamics trial in different harvest times in 1999

Sort Variety	GA, mg/kg (19.07) Content of GA			GA, mg/kg (26.07) Content of GA			GA, mg/kg (02.08) Content of GA		
	α-sakoniin α-chaconine	α-solaniin α-solanine	summa total	α-sakoniin α-chaconine	α-solaniin α-solanine	summa total	α-sakoniin α-chaconine	α-solaniin α-solanine	summa total
	1370-94	40	12	52	61	52	113	56	47
'Berber'	62	21	83	85	45	130	86	46	132
'Sante'	81	55	136	43	24	67	69	33	102
'Ando'	125	84	209	116	76	192	104	59	163
'Ants'	142	84	226	144	92	236	129	78	207

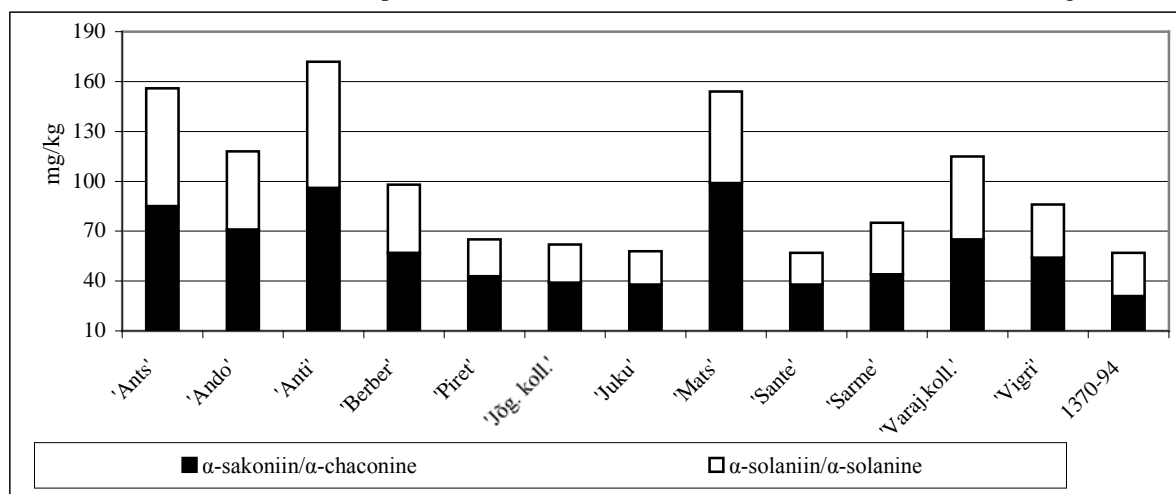


**Joonis 1.** Kartulimugulate glükoalkaloidide sisaldus dünaamikakatses erinevatel koristusaegadel 1999. aastal  
**Figure 1.** Glycoalkaloid content of potato tubers in dynamics trial in different harvest times in 1999

Lubatud normatiivse GA-sisalduse piiri ületasid sordid 'Ants' ja 'Ando'. II koristusel olid GA-sisaldused suurenenud ja III koristusel oli võrreldes II koristusega varajaste sortide GA-sisaldus jäänud peaaegu samale tasemele, hiliste sortide puhul oli toimunud mõningane alanemine. Keskvalmival sordil 'Sante' on see olnud väga kõikum. Tulemused näitavad ka, et  $\alpha$ -sakoniini sisaldus oli olnud kõrgem kui  $\alpha$ -solaniini sisaldus (tabel 1). Et ilmastik oli väga soe ja sademetevaene, siis suurt GA-sisaldust ei saa siduda ilmastikuoludega. Põhjustena võib tuua vaid sordi kui genotüübi omadust akumuldeerida erinevalt GA-d, mugulad polnud täisküpsed, millele on eespool viidatud, ja et analüüsid tehti üld- ehk seguproovist, kus ei olnud eraldatud erifraktsioonid.

Paar nädalat pärast koristust tehtud analüüside tulemused on toodud joonisel 2. Näeme, et sortidel, mis olid dünaamikakatses, on säilitusperioodi alguseks GA-sisaldus tunduvalt langenud. Kõigist uurimise all olnud sortidest olid sel perioodil kõige väiksema GA-sisaldusega 1370-94, 'Sante', 'Juku', 'Piret' ja 'Jõgeva kollane'. Suhteliselt kõige suurema sisaldusega olid hilised sordid 'Anti' (172 mg/kg), 'Ants' ja 'Mats', kuigi ka nende GA-sisaldus jäi lubatud piiridesse.

Säilitusperioodi keskel (12. novembril) võetud proovid olid võetud juba erinevate suurusfraktsioonidena, mis võimaldas sorte võrrelda täpsemalt (tabel 2). Kui sorte omavahel võrrelda, siis kõige väiksema



**Joonis 2.** Erinevate kartulisortide mugulate glükoalkaloidide sisaldus pärast koristust 1999. a.

**Figure 2.** Content of glycoalkaloids in tubers of different potato varieties in 1999

**Tabel 2.** Glükoalkaloidide sisaldus kartulimugulates 2 kuud pärast koristust 1999. aastal

**Table 2.** Content of glycoalkaloids in potato tubers 2 months after harvest in 1999

Sort Variety	$\alpha$ -sakoniin / $\alpha$ -chaconine, mg/kg				$\alpha$ -solaniini / $\alpha$ -solanine, mg/kg				kokku GA mg/kg/total cont. of GA			
	Kartulimugulate fraktsiooni diameeter / Diameter of potato tubers fraction mm											
	<35	35-45	45-60	>60	<35	35-45	45-60	>60	<35	35-45	45-60	>60
'Ants'	206	152	122	102	131	81	67	51	337	233	189	153
'Piret'	103	71	56	77	38	23	19	31	141	93	75	108
'Ando'	165	147	122	80	100	81	70	51	265	227	192	131
'Berber'	97	91	65	52	47	40	24	18	144	131	90	70
'Anti'	283	220	169	132	197	133	92	66	481	352	261	198
'Sarme'	120	104	65	65	75	83	30	29	195	188	95	94
'Sante'	80	56	45	46	34	23	19	17	114	79	64	63
'Mats'	158	138	128	133	75	62	60	65	233	199	188	198
1370-94	53	54	48	36	38	38	27	18	91	92	75	54
'Juku'	95	56	74	41	38	16	24	9	134	72	97	49
'Vigri'	110	67	49	52	67	37	29	25	176	104	78	77

GA-sisaldusega olid aretis 1370-94, 'Sante' ja 'Juku'. Kõige suurema GA-sisaldusega aga sordid 'Ants', 'Ando', 'Anti' ja 'Mats', mille <35 mm mugula fraktsioonid ületasid isegi lubatava GA piirnормi. Üldiselt, nagu antud katsetulemused näitavad, oli säilitamisel GA-sisaldus suurenenud, mida kinnitasid ka kirjanduse andmed. Kui aga võrrelda GA-sisaldust erinevates mugulate suurusfraktsioonides, siis selgub, et kõige suurem on see <35 mm fraktsioonis, mis selgub ka kirjanduse andmetest (Papathanasiou jt., 1999). Tavaliselt ei kasutata seda fraktsiooni aga inimtoiduks.

## Kokkuvõte

Katsetulemused on esitatud vaid ühe aasta kohta. Seepärast ei saa eriti põhjalikke järeldusi teha. Kuid koostöö kahe asutuse vahel jätkub ja ka uurimistöö meetodikat on täiendatud. Kõnealuse uurimistöö tulemustest võib kinnitust leida kirjanduses avaldatule, et eksisteerib kindlasti sortidevaheline erinevus GA-sisalduses. Uuritud sortidest olid erinevatel koristus- ja säilitusperioodidel kõige väiksema GA-sisaldusega Jõgeva SAI uus varajane kiduussikindel aretis 1370-94, mis 2001. aastal anti riiklikesse sordivõrdluskatsetesse, ning kõige suurema GA-sisaldusega hilisepoolne sort 'Ants'. Sortide võrdlemisel erinevatel koristusaegadel ei saa vähem tähtsaks pidada ka ilmastikuolusid, mille mõjud tulevad paremini esile mitmeaastaste katsete puhul. Erinevatel säilitusperioodidel on kõige suurema GA-sisaldusega olnud ka hilised sordid 'Anti' ja 'Mats' ning madalama sisaldusega sordid 'Sante', 'Juku' ja 'Piret'.

Erineva suurusega mugulafraktsioonidest olid suurima GA-sisaldusega <35 mm mugulad, mis oletatavasti ei olnud saavutanud täisküpsust. Väikestel mugulatel on ka suhteliselt suur pinna osakaal võrreldes kogumassiga ja kuna GA on peamiselt pinnakihi, seega ka suur GA-sisaldus kogu kartuli kohta.

## Kirjandus

- Edwards, E. J., Cobb, A. The accumulation of glycoalkaloids and chlorophylls in stored tubers – Abstracts of Conference Papers and Demonstrations of EAPR. – Veldhoven, The Netherland, 1996, p. 40...42.
- Fredecka-Mazurczyk, A., Zgórska, K. The influence of genotype on glycoalkaloid accumulation in potato tubers due to mechanical damage and light exposure. – Breeding research for resistance to pathogens and for quality traits. The section meeting of EAPR. – Warsaw, Poland, 2000, p. 37.
- Ilmoja, K., Reinik, M. Toidu kvaliteedi ja ohutuse seireprogramm. – Tartu, 2000. – 40 lk.
- Ivask, M., Pille, U., Ilmoja, K., Reinik, M., Tshakna, A. Glükoalkaloidide  $\alpha$ -solaniini ja  $\alpha$ -sakoniini määramine kartulites. – XXV Eesti keemiapäevad. Teaduskonverentsi ettekannete referaadid. – Tallinn, 1999, lk. 38...39.
- Olsson, K., Jonasson, T. Genotypic differences in susceptibility to wireworm attack in potato: mechanism and implications for plant breeding. – Plant Breeding. – 1995, 114, p. 66...69.
- Papathanasiou, F., Mitchell, S. H., Harvey, B. M. R. Glycoalkaloids levels in tubers early potato cultivars sold in consumer markets. – Abstracts of Conference Papers, Posters and Demonstrations of EAPR. – Sorrento, Italy, 1999, p. 632...633.
- Roddick, J. G., Rijnenberg, A. L., Weissenberg, M. Membrane-disrupting properties of the steroidal glycoalkaloids solasonine and solamargarine. – Phytochemistry. – 1990, 29, p. 1513...1518.
- Rogozínska, I. Wojdyla, T. Der Einfluss variiertes Düngung, einer Pflanzenschutzmittel-Anwendung und Lagerung auf den Glykoalkaloid-Gehalt in Kartoffelknollen zweier Sorten. – Potato Research. – 1999, 42, p. 79...88.
- Saito, K., Horie, M., Hoshino, Y., Nakazawa, H., HPLC determination of glycoalkaloids in potato products. – Journal of Chromatography. – 1990, p. 141...147.

## Glycoalkaloid Content of Potato Varieties

A. Tshakna, U. Pille, K. Ilmoja, M. Reinik, M. Ivask, M. Minjajev

### Summary

Field trials were carried out at Jõgeva Plant Breeding Institute and glycoalkaloid (GA) content of potato tubers was estimated at Tartu Department of Central Laboratory of Estonian Health Protection Inspectorate in 1999.

Samples of potato tubers of different varieties were collected at different seasons to find out dependence of GA content on the maturity of potato tubers, varieties, tuber fractions and different harvest and storage seasons.

The results of study indicated that different content of GA does exist on different potato varieties. A new Jõgeva breed 1370-94 had the lowest content of GA at different harvest and storage times. The varieties 'Ants', 'Anti' and 'Mats' had the highest content of GA. The results indicated that concentration of GA in the tubers of late potato varieties was higher than in the early varieties.

Highest content of GA was found in a small (<35 mm) potato fraction.

As 1999 was the first year of GA studies in Estonia and the concentration depends on several factors, there is a lack of data for drawing out final conclusions. Therefore the study continues.