

SZAKDOLGOZAT

Somogyi Nóra

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Élelmiszermérnöki alapképzési szak (BSc)

**Étkezési burgonya postharvest időszak alatti minőségváltozása,
különös tekintettel az élettani változásokra, azok kezelésére,
kimutatására**

Belső konzulens:	Dr. Zsom Tamás egyetemi docens
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítés Tanszék
Készítette:	Somogyi Nóra

Budapest
2024

Tartalom

1. Bevezetés és célkitűzés	1
1.1. Bevezetés	1
1.2. Célkitűzés	1
2. Irodalmi áttekintés	3
2.1 Burgonya bemutatása	3
2.2 Burgonya fajtái, felhasználásuk.....	4
2.3 Burgonya gazdasági jelentősége (Fórián, 2015)	5
2.4 Burgonya gazdasági jelentősége, termelés és fogyasztás alakulása a 20-21. században	7
2.5 A burgonya tápanyagtartalma	11
1.5 Postharvest jelentése.....	11
1.6 Tárolás.....	12
1.6.1 Tárolást befolyásoló tényezők.....	12
1.6.2 Tárolási módok	12
3. Eredmények és következtetések	15
3.1. Akrilamid jelenléte, vizsgálata	15
3.1.1 Nemzetközi és nemzeti szervezetek akrilamiddal kapcsolatos tevékenysége (2002-től napjainkig)16	
3.1.2 Akrilamid tartalom csökkentése egy vállalati példán keresztül	21
3.1.3 Keményítőből akrilamid képződés	22
3.1.4 Redukáló cukrok a burgonyagumóban és mennyiségük változása a tárolás során	23
3.1.5 Keményítő és cukor tartalom változás Yamaguchi mérései alapján (Yamaguchi, 1983) 26	
3.1.6. Megfelelő tárolás, ellenálló fajta	27
3.2. Szolanin jelenléte és vizsgálata	28
3.2.1 Szolanin élettani hatása kis- és nagy koncentrációban	30
3.2.2 Élő állatokon végzett kísérletek a szolanin élettani hatásának kimutatására.....	31
3.2.3 Tárolás hatása a szolaninra.....	31
3.2.4 Fény hatása a szolaninra.....	32
3.2.5 Egyetemen végzett kísérlet részletes bemutatása	33
3.2.6 Hőmérséklet és fény hatása a burgonyákra	37
3.2.7 Szolanin tartalom növekedésének mérséklése a tárolás során	38
3.3. Csírázás	38
3.3.1 Nem vegyi módszerek a csírázás szabályozására	39
3.3.2 A csírázás elleni védekezés kémiai módszerei.....	42
3.3.3 CIPC alkalmazásának tiltása 2019-től, a 2019/989 EU rendelet alapján	43

3.3.4	Az etilén különböző mellékhatásai és az abszcizinsavgátló hatása az anyagcserére a burgonyagumók tárolása során.....	43
3.3.4	Az etilén kettős hatása a burgonya nyugalmi időszakára és a csíranövekedésre	44
3.3.5	Illóolajok hatása a burgonya csírázására, szobahőmérsékleten tárolva	46
3.4	Hidegkárosodás jelensége	48
3.4.1	A burgonya hidegkárosodásának csökkentése időszakos melegítéssel	49
4.	Összefoglalás	53
5.	Irodalomjegyzék	55
6.	Ábra és táblázatjegyzék.....	64
6.1	Ábrajegyzék.....	64
6.2	Táblázatjegyzék.....	65

1. Bevezetés és célkitűzés

1.1. Bevezetés

A burgonya termesztési időszaka hazánkban május és november közé esik. November és május közötti időszakban, esetenként 6-12 hónapon keresztül pedig hűtve, szabályozott páratartalmú szellőztetett tárolókban és hűtőtárolókban, ritkán szabályozott légtérű tárolókban tárolják a betakarítást követően.

A hosszabb idejű tárolásra a kifejlett, parásodott, piros és sárga héjú, késő őszi szedésű, fajtaazonos és egészséges, mechanikai és egyéb sérülésektől mentes burgonya alkalmas. A gépi betakarítás, szállítás és a raktározás során a mechanikai sérülést és annak lehetőségét minimalizálni kell a hosszabb eltarthatóság érdekében.

A sikeres tárolás egyik alapja a betakarítást követő időszak alatti élettevékenységek széleskörű ismerete. A burgonya postharvest életszakaszai a következők: sérülések behegedése, parásodás befejeződése (1,5-2,5 hét, 15-18°C, kb. 90% rel. páratartalom, intenzív légáram kb. 2 m³/h), lehűtési szakasz (kb. 2 hét, 1/3-ra csökkentett légáram), mélynyugalmi szakasz (kb. 2-3 hónap, ennek maximalizálása a fő tárolástechnikai cél, 5-6°C, 90-95% rel. páratartalom, 0,2-0,6 m/s légáram), csírázási időszak (tárolhatóság és értékesíthetőség vége; hirtelen felgyorsuló anyagcsere) (Zsom és Hitka, 2018).

A várható eltarthatósági idő 200-240 nap fajtától, tárolási körülményektől és a burgonya minőségétől függően. A tárolási hőmérsékletet a felhasználás célja határozza meg. A felhasználás célja lehet: friss fogyasztás 5-8 °C, chips-gyártás 7-9 °C, gyorsfagyasztott hasábburgonya 5-6 °C, keményítő és alkoholgyártás 6 °C, vetőmagburgonya 3-4 °C (Zsom és Hitka, 2018).

A burgonya hosszú idejű tárolása alatt több élettani-tárolástechnikai változásra (pl.: zöldülés, héjleválás, csírázás, mechanikai sérülés, hideg- és fagykárosodás, belső fekete elszíneződés és belső szövetelhalás), illetve mikrobiológiai romlási veszteségekre (alternáriás- és fuzáriumos rothadás, baktériumos gumórothadás, burgonyahimlő, vírusos gyűrűs nekrozis, ezüstfoltosság, rózsaszínes rothadás, gyűrűs rothadás) is számítani lehet (Zsom és Hitka, 2018).

1.2. Célkitűzés

Célom az étkezési burgonya postharvest időszak alatti minőségváltozása, különös tekintettel az élettani változásokra, azok kezelése és kimutatásának, irodalmi hátterének

feltárása. Az élettani változások közül kiemelten foglalkozunk az akrilamid jelenlétével/kialakulásával, a zöldüléshez köthető szolanintartalommal, csírásodással és érintjük a hidegkárosodás témakörét is.

Munkám során igyekeztem főbb hangsúlyt fektetni azokra a témákra, amelyeket mostanság, és az utóbbi években előszeretettel kutatnak, ilyen az akrilamid- és a szolanin kérdése.

Fontosnak tartottam, hogy a csírázás témakörét is ismertessem, ugyanis számos vizsgálat folyik a természetes csírázásgátló szerek hatékonyságával (p.: illóolajok) kapcsolatban.

Igaz csak pár oldal erejéig, de említést teszek az örök klasszikus hidegkárosodásról is.

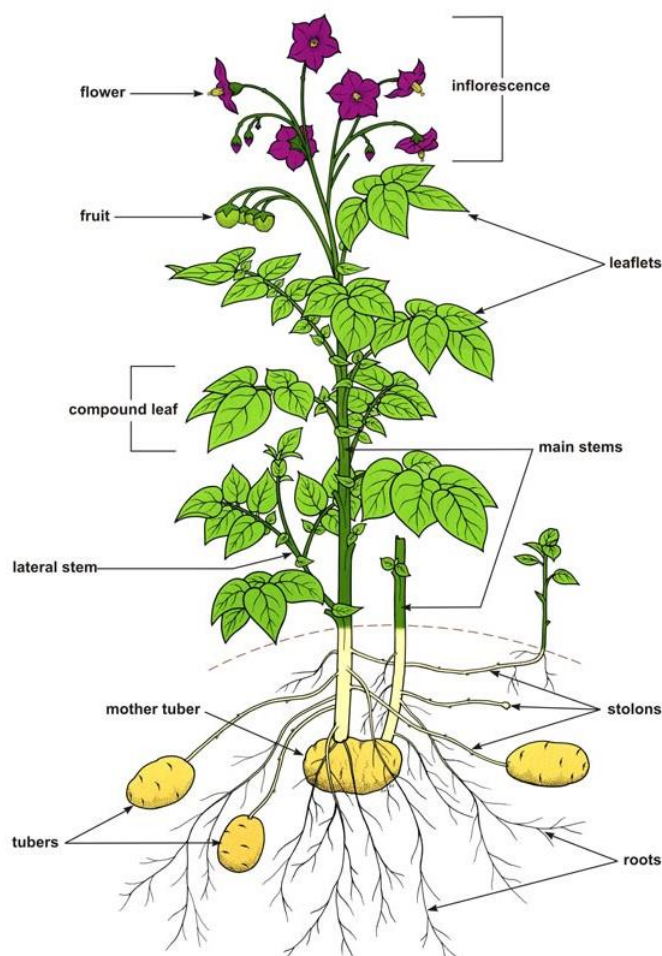
Bízom benne, hogy munkám gondolatébresztő lesz, vagy az általam feltárt témát kutatók további tudományos munkájának segítségéül szolgálhat.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Burgonya bemutatása

A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) a *Solanaceae* családba tartozó lágyszárú növény. Származási helye Közép- és Dél-Amerika, Chile, Peru és Mexikó magas hegyvidéke. Ezeken a területeken mintegy 8000 évvel ezelőtt kezdték termeszteni az ottani farmerek („őslakosok”), és ahol a mai napig megtalálhatók a vad burgonyafajták, amelyek az úgynevezett „andigena” alfajba tartoznak. A ma köztermesztésben lévő fajták a „tuberosum” alfajba tartoznak, mivel ezek a fajták alkalmasak a hosszúnappalos termesztésre, míg az „andigena” alfajba tartozó fajták inkább az egyenlítői, trópusi éghajlathoz alkalmazkodtak. Mindkét alfaj feltehetően egy ősi fajtól származik. Európába a spanyol hódítók hozták be és kezdetben csak, mint dísznövényt termesztették a burgonyát. Termesztése eleinte veszélyt is rejtett magában, mert előfordult, hogy a gumó helyett a burgonya levelét és termését fogyasztották az emberek, ami alkaloidokban gazdag, mérgező része a növénynek (1. ábra). Miután kiderült, hogy a gumó igen gazdag tápanyagforrás, Írországból nagyon népszerűvé vált, mivel a hűvös klímához kiválóan alkalmazkodó növény megoldotta a korábbi élelemhiány és éhínség problémáját. Amikor azonban a XIX. században a burgonyát egy akkor ismeretlen betegség (a ma már ismert, *Phytophthora infestans*) támadta meg, egymillió ember halt éhen, legalább félmillió kivándorolt, és így az elkövetkező években az Ír-sziget lakossága a felére csökkent. Hazánkban a XVII. század végén vált ismertté a burgonya. Mária Terézia és fia, II. József, a felvidéki éhínség idején már ingyen osztotta, a gazdákat pedig adókedvezményrel ösztönözte a termesztésre, így vált egyre népszerűvé a termelők körében. (Bozváriné Juhász, 2014).

1. ábra Burgonya (*Solanum tuberosum* L.) (forrás: <http1>, 2024)



2.2. Burgonya fajtái, felhasználásuk

Manapság már igen sok burgonyafajtát tartanak számon, ugyanis a világ számos területén termesztik, valamint kísérleteznek új fajták megalkotásával. Természetesen hazánkban is vannak erre irányuló törekvések, valamint mi is számos úgynevezett magyar fajtával büszkélkedhetünk (lásd: 1. táblázat nemzeti színű nevek).

1. táblázat Burgonya fajtái és főzési típusok (forrás: [OBTTI](http2), <http2>, 2024)

Főzési típus	Felhasználási javaslat, fajtamegnevezés
SALÁTÁNAK VALÓ, nem szétfővő burgonya „A”	Alkalmasak: saláták, hidegkonyhai készítmények, tepsis és rakott burgonya készítéséhez. Főbb fajták: Somogyi sárga kifli, Cherie, Agata, stb.
FŐZNIVALÓ, nem szétfővő burgonya „B”	Alkalmasak: főzéshez, saláták, raguk készítéséhez. Főbb fajták: Aladin, Amorosa, Balatoni rózsza, Boglárka, Desirée, Démon, Fabiola, Góliát, Hépehely, Impala, Katica, Kleopátra, Kondor, Kuroda, Laura, Lorett, Marabel, Pannónia, Rachel, Rebeka, Réka, Red Scarlet, Roco, Rosara, stb.
SÜTNIVALÓ, enyhén szétfővő burgonya „C”	Alkalmasak: sütéshez, burgonyás tésztákhoz, chips- és hasáb-burgonya készítéshez, püré/pehely alapanyagként. Főbb fajták: Agria, Kuroda, Rioja (Szászorszép), Vénusz Gold, White Lady, stb.

A burgonya főzési típusa szerint A, B és C típust különböztetünk meg. A típust a Magyarországon forgalomba hozott burgonyafajták esetében a 34/2016 (V4.) FM rendelet alapján kötelezően fel kell tüntetni a csomagoláson, ömlesztett áru esetén a burgonya mellett jól látható helyen (34/2016 (V.4.) FM rendelet 1. melléklet, 2024). Az 1. táblázatban láthatóan az „A” típusú burgonya a saláta készítéséhez használatos fajta. A „B” típusúnak nevezett burgonyák nem szétfővőek, ezért főzésre alkalmasak, például főtt köretként tálalva. Míg a „C” típus a sütnivaló krumpli.

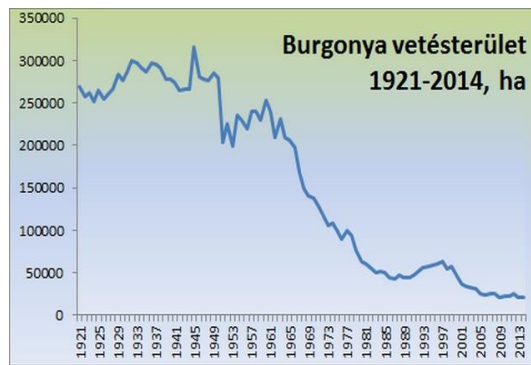
2.3. Burgonya gazdasági jelentősége (Fórián, 2015)

Kedvezőbb az árak, mint más köretféléknek és az emberek étkezési szokásai is változnak, ezért a burgonyafogyasztás ma már egyre kevésbé divatos. Ráadásul itt vannak az úgynevezett feketézők is, akik illegális burgonyaszállítmányokkal rombolják a magyar piacot. Hosszabb távon arra lehet számítani, hogy a hazai burgonyatermelés tovább csökken. Csak azok maradhatnak talpon, akik igazán versenyképesen termelnek (Fórián, 2015).

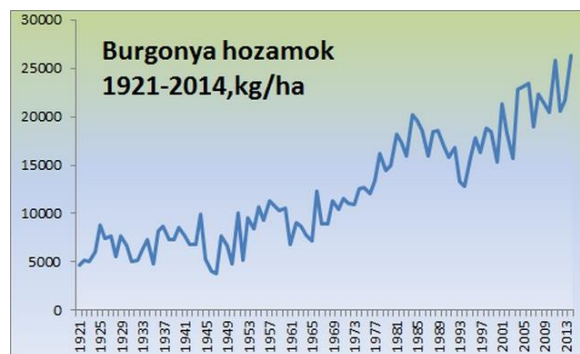
Az elektronikus közúti áruforgalom ellenőrző rendszere (EKÁER) sorra buktatja le az illegális burgonya-forgalmazókat. Nem kétséges, hogy a - ki tudja, mióta működő - feketéző hálózatok okozta károk hozzájárultak a hazai burgonyaszektor leépüléséhez.

Amilyen nehezen honosodott meg hazánkban, olyan "mély gyökereket eresztett" a burgonya. Bár első említése 1654-ből származik, országos elterjedése csak 1800 körülre datálható. Ma már elhinni is nehéz, hogy 1945-ben még 316 ezer hektáron vetettek Magyarországon burgonyát (lásd: 2. ábra). A KSH adatai szerint 2014-ben viszont már alig 21 ezer hektáron került földbe ez az alapvető élelmezési cikk (Fórián, 2015). Ez még akkor is a teljes önellátás elvesztéséhez vezetett, ha eközben a hozamok átlagosan 5-ről 26 tonna fölé emelkedtek hektáronként (lásd: 3. ábra) (Fórián, 2015).

2. ábra Burgonya vetési területének változása 1921 és 2014 között (forrás: Fórián, 2015)

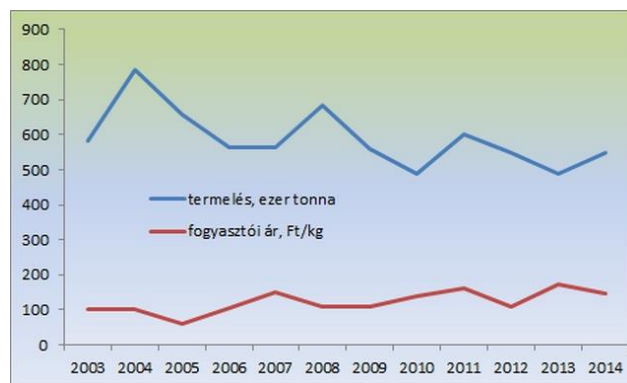


3. ábra Burgonya hozamok változása 1921 és 2014 között (Fórián, 2015)



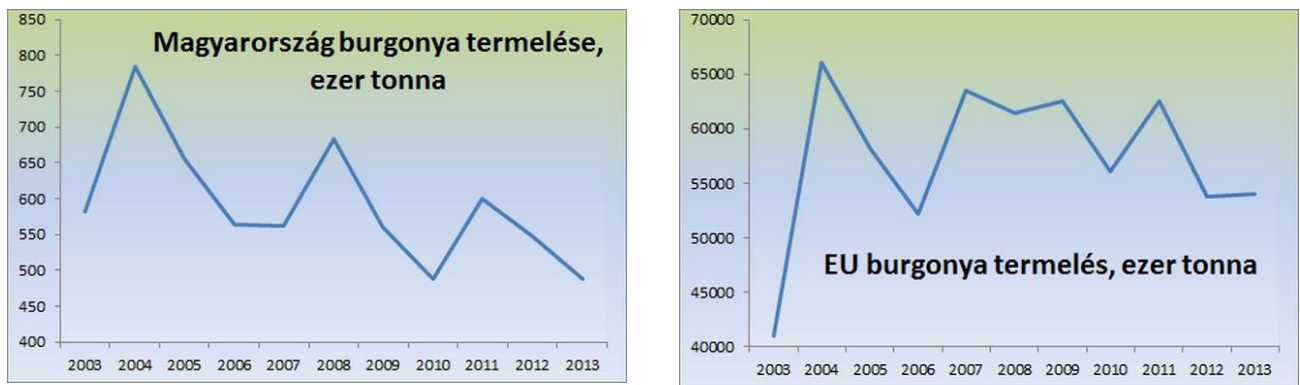
A burgonya piaca rendkívül kínálat-érzékeny. Emiatt nagy az évek közötti áringadozás. Az alábbi ábrán jól érzékelhető, milyen szoros az árak és a termelés változása közötti összefüggés (4. ábra) (Fórián, 2015). Ahogy megfigyelhetjük az ár és a termelés közötti rés fokozatosan csökken az idő előrehaladtával.

4. ábra Burgonya ára és termelése közötti összefüggés 2003 és 2014 között (Fórián, 2015)



Ráadásul, a hazai piac jellemzően együtt hullámzik nemcsak a térséggel, hanem a legtöbb EU tagállammal is, pedig termelésünk alig egy százaléka a közösségnek és a szektor nehézségei sem csak ránk jellemzőek. A jövedelmezőség szűkülése, a jelentős piaci ingadozások a többi tagállamban is rossz hatással vannak a termelési kedvre. Jó példa a lengyeleké, ahol az elmúlt hat évben megfeleződött a vetésterület (Fórián, 2015).

5. ábra Magyarország és az EU burgonya termelése 2003 és 2013 között (forrás: Fórián, 2015)



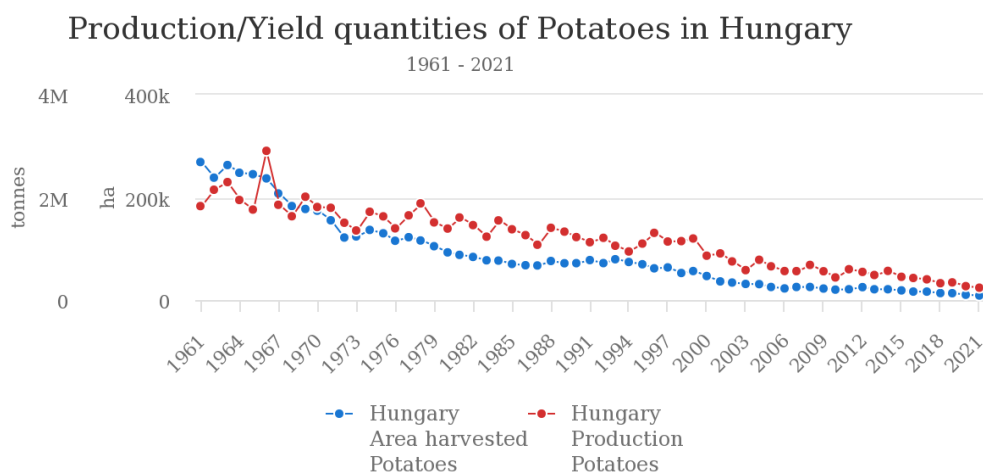
2.4. Burgonya gazdasági jelentősége, termelés és fogyasztás alakulása a 20-21. században

A 6. ábrát tekintve azt a következtetést vonhatjuk le, hogy kezdetben egységnyi termőterületen kisebb hozammal tudtak burgonyát termesztani. Ezt jól láthatjuk az 1961-1965 közötti években.

Későbbi években a burgonyanemestés, valamint a talajművelés gépesítésének köszönhetően az egységnyi területre eső burgonya hozama jelentős növekedést mutat.

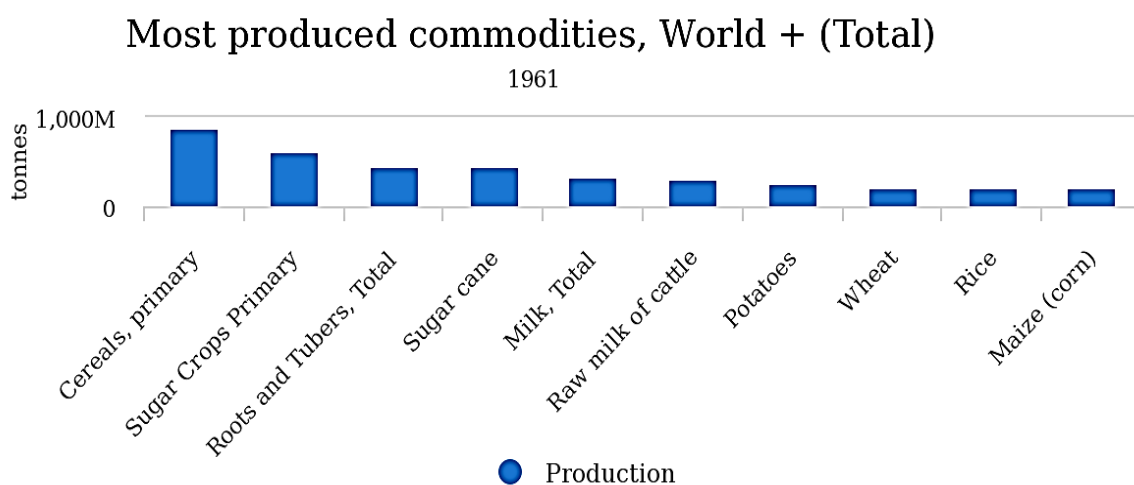
Hazánkban manapság a burgonya termelési területe és a területhez viszonyítva a hozama is fokozatosan csökken (6. ábra). Mindezek annak tudhatóak be, hogy egyre változatosabban étkezünk, nem csak burgonyát fogyasztunk (pl. köretként) és egyre kisebb terület kell, illetve áll rendelkezésre a szükséges mennyiség megtermelésére. A burgonya hozamának csökkenéséhez viszont az egyre kedvezőtlenebb éghajlati tényezők járulnak hozzá a leginkább.

6. ábra Magyarországon burgonya termelésre használt terület és a betakarított burgonya mennyiségének összehasonlítása 1961 és 2021 között. (forrás: FAOSTAT, http 3. 2024)



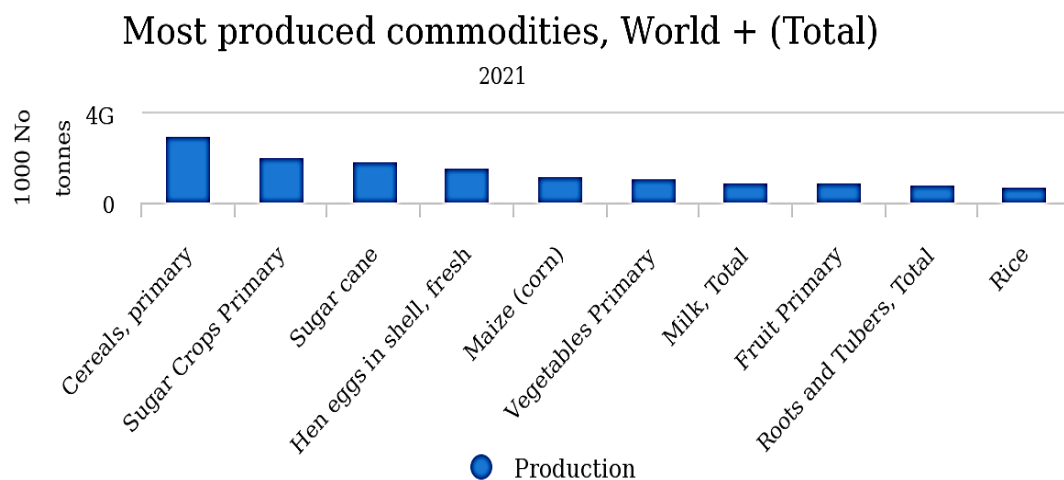
A világ adatait figyelembevéve elmondható az, amely országunkat jellemzi. Míg 1961-ben a burgonya a világon a 7. legnagyobb mennyiségben megtermelt élelmiszer volt (7. ábra), addig 2021-ben már nem is szerepelt ebben a listában (8. ábra).

7. ábra A 10 legnagyobb mennyiségben termelt élelmiszer 1961-ben



Mindezek tekintetében az is elmondható, hogy a gyökérzöldségek és gumók népszerűsége is csökkent. Az 1961-es 3. helyről (7. ábra), 2021-ben a 9. helyre csúsztak le (8. ábra).

8. ábra A 10 legnagyobb mennyiségben termelt élelmiszer 2021-ben (forrás: FAOSTAT, <http3>, 2024.)



A burgonya és egyéb gyökérzöldségek termelésének visszaesés mögött számos tényező áll. Az összehasonlított évek alatt jelentősen megváltozott a népesség élelmiszerfogyasztásának szokása, változott az éghajlat és a különböző területeken történő népesség növekedés is befolyásolta a 2021-es adatokat.

FAO adatai alapján korunk előrehaladtával igyekeznek a legmegfelelőbb talajművelési gyakorlattal a legnagyobb terméshozamot elérni az egyes termőterületeken. A mérsékelt és szubtrópusi éghajlaton kb. 120 napos öntözés esetén a jó hozam 25-35 tonna/ha, a trópusi éghajlaton pedig 15-25 tonna/ha. (FAO <http10>. 2024.).

Ázsia és Európa a világ legfontosabb burgonyatermelő régiói, átszámolva a világ termelésének több mint 80 százaléka 2007-ben. Míg a betakarítás Afrikában és Latin Amerikában sokkal kisebb volt, a termelés rekordszinten vagy annak közelében. Észak-Amerika a burgonya hozamok egyértelmű vezetője, több mint 40 tonna hektáronként (9. ábra) (FAO, 2008.).

A 20. század nagy részében Európa a vitathatatlanul a világ vezető burgonyatermesztője volt. Míg ez a megtiszteltetés manapság Ázsiát illeti meg (FAO, 2008).

9. ábra Burgonyatermelés eloszlása a kontinensek között 2007-ben (forrás: FAO, 2008.)

Potato production, by region, 2007			
	harvested area (hectares)	quantity (tonnes)	yield (tonnes/ha)
Africa	1 541 498	16 706 573	10.8
Asia/Oceania	8 732 961	137 343 664	15.7
Europe	7 473 628	130 223 960	17.4
Latin America	963 766	15 682 943	16.3
North America	615 878	25 345 305	41.2
WORLD	19 327 731	325 302 445	16.8

Source: FAOSTAT

Ahogy a 10. ábrán láthatjuk Európán belül leginkább a keleti részen található országok a fő burgonyatermelők. Sok nyugat európai ország azonban a burgonya termesztés, feldolgozás irányából a vetőmag export felé mozdul el (10. ábra) (FAO, 2008).

10. ábra Európa legnagyobb burgonyatermesztői 2007-ben (forrás: FAO, 2008)

Top producers, 2007	
1 Russian Federation	8 United Kingdom
2 Ukraine	9 Romania
3 Poland	10 Belgium
4 Germany	11 Spain
5 Belarus	12 Italy
6 Netherlands	13 Denmark
7 France	

Ázsia fogyasztja el a világ burgonyatermelésének közel felét, de ezzel szemben hatalmas népessége is, ami azt jelenti, hogy az egy főre jutó fogyasztás 2005-ben szerény 24 kg/fő/év (11. ábra). A legnagyobb burgonyafogyasztók az európaiak, 87,8 kg/fő/év volt a fogyasztás. A legalacsonyabb, de növekvő Afrika és Latin-Amerika lakosságának a burgonyafogyasztása (FAO, 2008).

11. ábra Burgonyafogyasztás eloszlása a kontinensek között 2005-ben (forrás: FAO, 2008)

Potato consumption, by region, 2005		
	total food (tonnes)	kg per capita
Africa	12 571 000	13.9
Asia/Oceania	94 038 000	23.9
Europe	64 902 000	87.8
Latin America	11 639 000	20.7
North America	19 824 000	60.0
WORLD	202 974 000	31.3

Source: FAOSTAT

2.5. A burgonya tápanyagtartalma

A burgonyának magas a szén-hidrát tartalma, amely az energia komponense. Magas még benne az ásványi anyagok és a C vitamin aránya, de alacsony a fehérje és a provitamin tartalma (Yamaguchi, 1983).

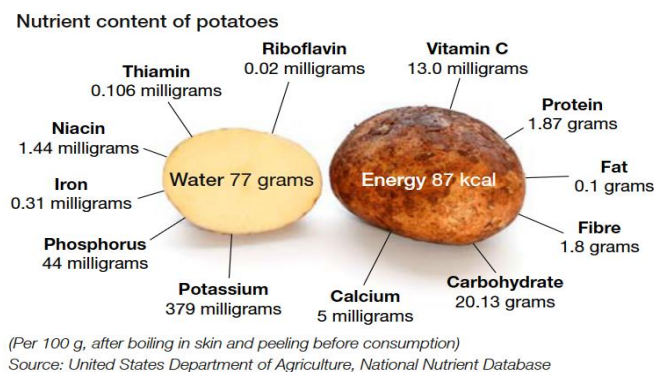
A következő táblázatban (2. táblázat) a White Rose burgonya tápanyagtartalmát láthatjuk a betakarítás pillanatában, amelyet a UC Davis (USA) intézetben neveltek és tároltak.

2. táblázat A White Rose burgonya tápanyagtartalma (forrás: Yamaguchi, 1983)

Víz (g)	Összes cukor (g)	Keményítő (g)	Fehérje (g)	Ener gia (kcal)	Ásványi anyagok			Vitaminok			
					Ca (mg)	Fe (mg)	P (mg)	C (mg)	B ₁ (mg)	B ₂ (mg)	Niacin (mg)
81	0,25	11,9	2,4	59	14	2	53	36	0,12	0,02 5	0,66

A következő képen (12. ábra) 100 gramm héjában megfőzött, még meg nem hámozott burgonya tápanyagtartalmát láthatjuk.

12. ábra Héjában főtt burgonya tartalma hámozás előtt (forrás: FAO, 2008)



A burgonya tápanyagtartalmának jelentős része a héja alatt van, amit általában főzés előtt eltávolítunk. Irodalmi leírás alapján a héjában való főzés után kevésbé csökken a burgonya tápanyagtartalma, mintha hámozva főztük volna meg a nyersanyagot (Andó, 2024.).

1.5. Postharvest jelentése

A postharvest a betakarítás utáni műveletek összessége, amibe beletartozik a szedés, az előhűtés, az osztályozás, a csomagolás, a szállítás és a tárolás. Másképpen fogalmazva az a tevékenység, mellyel a megtermelt gyümölcsből, zöldségből a piaci igényeknek megfelelő árut állítanak elő (http5, 2014).

1.6. Tárolás

Tárolásnak, avagy raktározásnak az áru (ez esetben burgonya) mennyiségi elhelyezése egy zárt térben. A betakarítás és a felhasználás időben eltér egymástól, ezért szükséges az árut hosszabb-rövidebb ideig tárolni. Elsődleges cél a nyersanyag minőségének minél hosszabb ideig történő megőrzése, raktározás során a külső környezeti tényezők optimalizálásával.

1.6.1 Tárolást befolyásoló tényezők

- beltartalmi tényezők (tápanyagtartalom, víztartalom)

Már a megfelelő minőségű, tápanyagtartalmú termőterület, trágyázás és vetőmag kiválasztásakor is hatással lehetünk a burgonya beltartalmi jellemzőire. Fontos már a kezdetekben odafigyelni, mivel számunkra ideális fajtát választunk, nagyobb terméshozamunk lesz és eltartható burgonyát termesztünk.

külső, környezeti tényezők (hőmérséklet, páratartalom)

Postharvest időszak alatt, azaz a betakarítás után szabályozható paraméterek a megfelelő tárolási tényezők kiválasztásával és kialakításával. Fontos többek között a már említett megfelelő páratartalom és hőmérséklet, valamint a fényviszonyok kialakítása, a hosszabb minőségmegőrzési idő elérése érdekében. Betakarítás után egy megfelelő raktárépület építésével biztosíthatóak a burgonya számára az ideális körülmények.

1.6.2 Tárolási módok

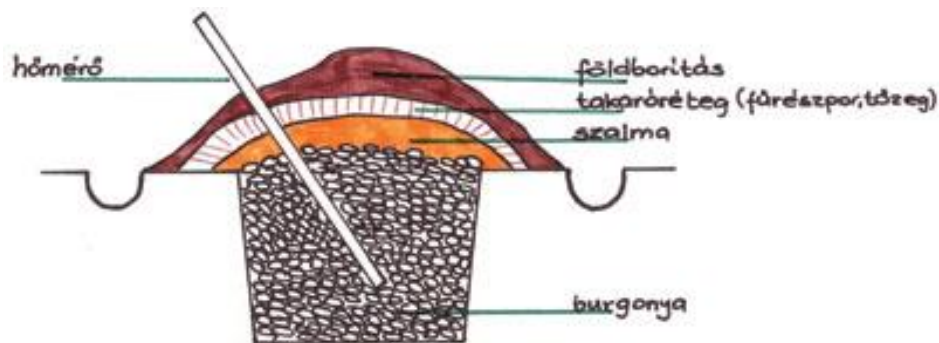
A megnövekedett termelés és betakarítás után a burgonyát nagy mennyiségben kellett raktározni. Kezdetleges és egyben hagyományos tárolási módok közé tartozott a verem, a pince és a prizma is, amelyeket nagyrészt földbe ásták, így nem voltak szilárd falai és könnyen elérhetőek voltak akár a rágcsálók, akár mikrobák számára is. Előnyük volt, hogy akár otthon is tudták alkalmazni ezt a módszert, így bármikor hozzá tudtak jutni nagyobb mennyiségű terményhez. Ezeket a hagyományos tárolási módokat a kor és a technológia előrehaladtával felváltották a kezdetleges léghűtéses és a hűtött terű tárolók. Hála az új módszereknek jelentősen megnőtt az eltarthatósági időtartam, jobb minőségben nagyobb mennyiségű terményt tudtak tárolni higiénikus körülmények biztosításával.

- Verem

A burgonya és a gyökérzöldségek tárolására vermet is készíthetünk. A verem készítésére olyan területet kell kiválasztanunk, amely nem mélyen fekvő, ahol nem jön fel a talajvíz s észak-déli fekvésű, ilyen fekvésben ugyanis kisebb lesz a tavaszi fölmelegedés. A verem 80–100 cm széles

és 50–60 cm mély legyen. Hosszát aszerint válasszuk meg, hogy mennyi terményt akarunk benne tárolni. A veremben jó, ha talajhőmérőt helyezünk el. Így a takarás megbontása nélkül is megállapíthatjuk a belső hőmérsékletet, s tudjuk, hogy növelnünk vagy csökkentenünk kell-e a takaróréteget (Miklós, 2002).

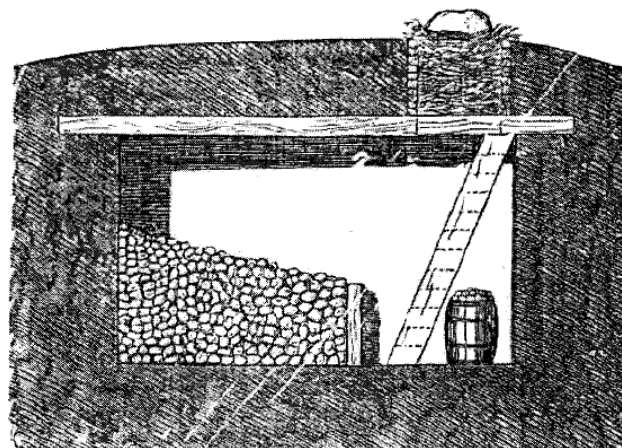
13. ábra Verem (forrás: Nagy, 2004)



- Pince

A pince szintén népszerű tárolási módszer volt. Ezeket a helyiségeket több esetben a ház alá ásták és többségében tároló funkciót látott el. A hagyományos pincék egész évben nagyjából állandó hőmérséklettel és páratartalommal rendelkeznek, valamint előny, hogy csekély mértékben, vagy egyáltalán nem jutott be fény. Mint tudjuk a fénynek igen nagy jelentősége van a burgonya tárolását illetően, de ez majd a *Szolanin* című részben kerül ismertetésre.

14. ábra Pince (forrás: Drexler, 2012)

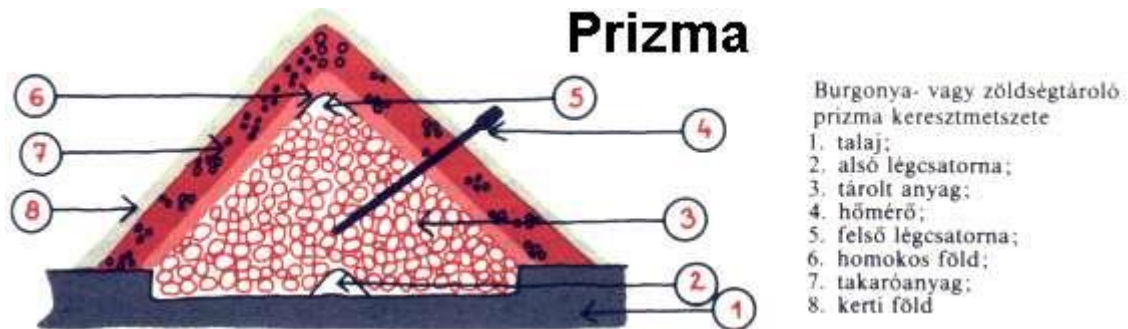


- Prizma

A prizma nem más, mint egy kb. 20–30 cm mélyen a földbe süllyesztett, de nagyobb részben föld feletti tároló, amely köré vízelvezető árkot kellett ásni. A prizmákban az ömlesztve tárolt termény közé homokot szórtak, a rakat alján és tetején pedig légcsatorna biztosította a szellőzést. Takaróanyagként szalmát, szigetelésként pedig földet használtak. Hátránya, hogy a

melegebb időjárás beköszöntével felmelegszi, ilyenkor célszerű az ilyesfajta tárolási módot befejezni (Miklós, 2002).

15. ábra Prizma (forrás: <http6>, 2019)



Napjainkban már egyre kevésbé alkalmazzák a fent említett hagyományos tárolási módszereket. A modernkori társadalom számára már nem játszik nagy szerepet az otthoni raktározás, hiszen a boltokban egész évben friss zöldségekhez juthat hozzá. Manapság jelentős mennyiségű burgonyát kell napról napra beszállítani a betakarítást követően, eltárolni, amit már nagyüzemi raktározással és gépesítéssel oldanak meg. Tudományos kísérletekkel rájöttek, hogy melyek azok a paraméterek, amelyek jelentős szerepet játszanak abban, hogy a friss nyersanyagok minél tovább megőrizték minőségüket. Ezeket már nem tudnák a régebbi tárolással biztosítani, ezért hűtő- és párásító berendezésekkel ellátott raktárépületeket alkalmaznak.

3. Eredmények és következtetések

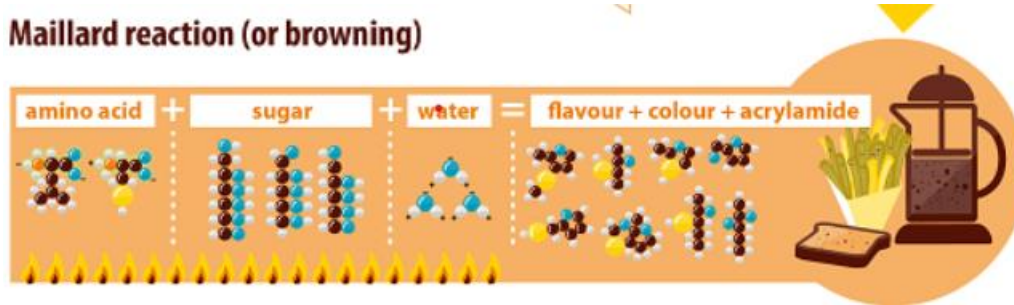
3.1. Akrilamid jelenléte, vizsgálata

Az akrilamid (C_3H_5NO) kis molekulású vízben jól oldódó szerves vegyület.

2002-ben Svédországban figyeltek fel arra, hogy a szénhidrát-tartalmú élelmiszerek magas hőmérsékleten (120-150 °C felett) történő hevítésekor (pl. sütéskor, grillezéskor vagy zsírban történő sütéskor) természetes módon keletkezik akrilamid.

Az élelmiszeripari feldolgozás és az otthoni ételkészítés során egyaránt végbemenő, az élelmiszer „barnulását”, számos íz-összetevő kialakulását is eredményező ún. Maillard-reakció során redukáló cukrok és aminosavak (főként aszparagin) reakciójával képződik akrilamid (16. ábra) (Nébih, [http7](#)).

16. ábra Maillard-reakció az akrilamidra vonatkozóan (EFSA, 2014. [http8](#))



A felnőttek étrendjében a különböző sült burgonya-termékek (hasábburgonyák, krumplikrokettek, chipszok stb.), kávék, kekszek, kenyerek az akrilamid fő beviteli forrásai. A legtöbb gyermek számára a sült burgonya-termékek jelentik az akrilamid-bevitel jelentős részét. A csecsemők számára bizonyos bébiételek az akrilamid legfontosabb forrásai. Néhány más élelmiszer pl.: a burgonyaszirmok, burgonya snack aránylag sok akrilamidot tartalmaz, azonban – a szokásos és/vagy változatos étrend esetén – szerepük a teljes bevételben korlátozottabb (Nébih, [http7](#)). A jelenleg rendelkezésre álló humán tanulmányok a rák kialakulására vonatkozó kockázat növekedésére korlátozott és nem egyértelmű, egymásnak ellentmondó bizonyítékokat szolgáltatnak. Állatkísérletekben azonban a táplálékkal bevitt akrilamid nagymértékben megemelte a génmutációk és tumorok kialakulásának valószínűségét különféle szervekben. Ezen állatkísérletes vizsgálatok eredményei alapján az EFSA szakértői egyetértettek a korábbi értékelésekkel, melyek szerint az élelmiszerekben jelenlévő akrilamid lehetségesen növeli a rák kialakulásának kockázatát. Ez minden fogyasztói korcsoportra vonatkozik, testtömegük alapján azonban a gyermekek az akrilamid hatásának legjobban kitett csoport (Nébih, [http7](#)).

Az elfogyasztott ételekkel és italokkal bevitt akrilamid felszívódik a gyomor- és bélrendszerből, eljut a szervekbe és a szervezetben zajló anyagcsere-folyamatok során átalakul. Az egyik fő anyagcseretermék a glicidamid. Feltehetően ez a vegyület okozza a kísérleti állatokban észlelt génmutációkat és tumorokat.

Az EFSA szakemberei mérlegelték az akrilamid lehetséges káros hatásait az idegrendszerre, a születés előtti és utáni fejlődésre, a szaporodásra (hím reprodukcióra). Ezen hatások tekintetében a jelenlegi étrendi bevitel alapján az akrilamidot nem tartották aggályosnak. (Nébih, [http7](#))

3.1.1. Nemzetközi és nemzeti szervezetek akrilamiddal kapcsolatos tevékenysége (2002-től napjainkig)

Az Élelmiszer-tudományi Bizottság (SCF), az élelmiszer-biztonságot érintő tudományos kérdésekben korábban illetékes európai szerv, 2002-ben tudományos véleményt adott ki, melyben ismertette az új svéd tudományos eredményt az élelmiszerekben előforduló akrilamiddal kapcsolatban. Kísérleti állatokban az akrilamid genotoxikusnak és rákkeltőnek bizonyult, ezért az SCF ajánlása alapján az ALARA (As Low As is Reasonably Achievable) elvnek megfelelően az észszerűen elérhető lehetséges legalacsonyabb szintre kell csökkenteni a bevitelt. Lényege, hogy az élelmiszeripar szereplői a számukra legmegfelelőbb módszert válasszák az akrilamid végtermékben való jelenlétének csökkentésére (Nébih, [http7](#)).

Svéd kísérlet az akrilamidra vonatkozóan

Eddig nem ismerték fel, hogy az élelmiszerek hozzájárulnak az emberek akrilamid felvételéhez. Azonban a Stockholm University egy tudományos csoportja a Swedish National Food Administration (SNFA) szervezettel közösen 2002. áprilisában új megállapításokat tettek közzé az akrilamidról, amelyek az élelmiszerek készítése során keletkeznek és számos élelmiszerben megtalálhatóak (European Commission, 2002. [http9](#)).

A Stockholmi Egyetem csoportja több évig azt tanulmányozta, hogy az akrilamid hemoglobin melléktermékeként történő kialakulása megy végbe az emberekben, vagy véletlen akrilamid felvétel történik. Az akrilamidból kétféle hemoglobin melléktermék képződhet, egyik az eredeti vegyület és egy ezzel reaktív epoxid-metabolit, glicidamid. Szakmai keretek között, az akrilamidnak kitett embereken végzett vizsgálatok során megfigyelték, hogy az ellenőrzött személyeknek, az akrilamidnak való kitétség nélkül, feltűnően magas volt az akrilamid

melléktermék szintje a vörösvértestjeikben. Ennek a hemoglobin mellékterméknek az átlagos szintje körülbelül 40 (20-60) pmol/g volt a sejtekben a nem dohányzó vizsgált személyek esetében. Az átlagtársadalomban, bár nem a dohányosok esetében (akiknél ez a melléktermék szint 2-3 szorosa a háttérszintnek) a vörösvértestek háttérszintje becslések szerint körülbelül napi 100 gramm akrilamid bevitelnek felel meg. Az tény, hogy a CEV háttérszintjei észrevehetően alacsonyabbak a vadon élő állatok és a legelő tehének, mint lehetséges tápanyagforrás az emberek részére (Tareke et al., 2000).

Később a Stockholmi Egyetemen patkányokon végzett tanulmány keretében az állatokat sült normál táppal etették 1 vagy 2 hónapon keresztül, majd (köribelül tízszeres) növekedést mutattak ki az akrilamid-hemoglobin melléktermék, CEV szintjénél, ami 65 és 160 pmol/g globin közé esett, összehasonlítva a nem sült táppal etetett állatokkal. A nyers és sült patkánytáp kémiai vizsgálata feltárta, hogy az eledel 180-200°C-on történő sütése következtében a teflonedényt használva barna szín keletkezett az eledelen (Tareke et al., 2000). Később egyes ételekben magas akrilamid szintet is kimutattak (sült, sütőben süttött és olajban sült burgonya- és gabonatermékek) a laboratóriumi kísérletek során. A főtt élelmiszerekben nem találtak akrilamidot (European Comission, 2002. [http9](#)).

Akrilamid szint az élelmiszerekben

Az eredmények arra sarkallták a Svéd Nemzeti Élelmiszerügynökséget (Swedish National Food Agency SNFA), hogy egy új nagyáteresztőképességű kísérleti módszert dolgozzanak ki az élelmiszerekben található akrilamid vizsgálatára, a folyadékkromatográfiával összekapcsolt kétlépcsős tömeg spektrometriát (LC-MS-MS). SANCO/1850/2000 szerint validálták a módszert. Az SNFA eddig több mint 100 mintát elemzett az akrilamidhoz kapcsolódóan. Ezután az akrilamid vizsgálata különböző élelmiszerekben és élelmiszeripari termékekben folytatódott, az Egyesült Királyságból, Norvégiából, Svájcól és az Amerikai Egyesült Államokból gyűjtött mintákon keresztül. A vizsgálati eredményeket, amelyek a svédek megfigyelését igazolták a WHO tanácskozáson (WHO Consultation 2002) állították össze és az 3. táblázat mutatja. A jelenlegi analitikai tudomány alapján, az élelmiszerekben mért akrilamid értékeket, figyelembe vették a WHO megbízásából. Az élelmiszerek akrilamid tartalmának megállapítására használt módszerek egyike sem laboratóriumok által validált eljárás. A legtöbb módszer azonban megfelel a laboratóriumi validálás és akkreditáció követelményeinek (European Comission, 2002. [http9](#)).

3. táblázat Akrilamid szintek különböző élelmiszerekben és élelmiszercsoportokban, amelyek az Egyesült Királyságból, Norvégiából, Svájcban és az Amerikai Egyesült Államokból származnak (WHO 2002, továbbiak lábjegyzetben) (forrás: [http9](#))

Food/Product Group	Acrylamide levels ($\mu\text{g}/\text{kg}$) ¹			
	Mean ²	Median ²	Minimum - Maximum	Number of samples
Crisps, potato/sweet potato ³	1312	1343	170 - 2287	38
Chips, potato ⁴	537	330	<50 - 3500	39
Batter based products	36	36	<30 - 42	2
Bakery products	112	<50	<50 - 450	19
Biscuits, crackers, toast, bread crisps	423	142	<30 - 3200	58
Breakfast cereals	298	150	<30 - 1346	29
Crisps, corn	218	167	34 - 416	7
Bread, soft	50	30	<30 - 162	41
Fish and seafood products, crumbed, battered	35	35	30 - 39	4
Poultry or game, crumbed, battered	52	52	39 - 64	2
Instant malt drinks ⁵	50	50	<50 - 70	3
Chocolate powder ⁵	75	75	<50 - 100	2
Coffee powder ⁵	200	200	170 - 230	3
Beer	<30	<30	<30	1

Lábjegyzetek közül a burgonyára vonatkozó számok kerültek leírásra. ¹

Akrilamid jelenlétét nem mutatták a nyers élelmiszerekben és a forralt, főtt ételekben (burgonya, rizs, tészta, liszt és hús) ahol a kimutatás határértéke 30g/kg volt. Az Egyesült Királyságban végzett vizsgálat során nagyon magas (több, mint 10 mg/kg) akrilamid szintet mutattak ki a szétfőtt, sült chipsben (European Commission, 2002. [http9](#)).

2005-ben a FAO és a WHO közös szakértői testülete (JECFA) értékelést adott ki az akrilamidról (Nébih, [http7](#)) Az értékelésben többek között azt is közölték, hogy 100 mg/ttkg akrilamid már akut toxikus hatást vált ki, a 150 mg/ttkg felett viszont már halálos dózisoról beszélünk. Ajánlásuk szerint intézkedéseket kell tenni az étrendi bevitel csökkentése érdekében. Egyik intézkedésként a sütési hőmérséklet csökkentését nevezték meg (FAO, WHO, 2005. [http10](#)). Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) 2005-ben megjelent állásfoglalásában a JECFA véleményét megerősítette (Nébih, [http7](#)).

A feldolgozott élelmiszerek akrilamid tartalmát Európában rendszeresen vizsgálták és vizsgálják. A vegyület előfordulási szintjeinek felmérése 2007 óta bizottsági ajánlások

¹ A kimutatási és mennyiségi meghatározás határértékei laboratóriumonként eltérőek voltak, a határértéknél kisebbként jelentett értékek, a laboratórium által közölt határérték alatt vannak.

² Az átlagot és a mediánt ott számították ki, ahol egyedi adatok álltak rendelkezésre, a minta mérete rendkívül kicsi volt, különösen egyes élelmiszerkategóriák esetében, ahol az átlag és a medián különbözik, ott ferdeséget tükröz, hogy az alapul szolgáló adatokat különböző országokban gyűjtötték nagyobb élelmiszercsoportokból.

³ Vékonyabbra szeletelt és sült termékek (egyes Észak Amerikai régiókban burgonya chipsnek nevezett termékek).

⁴ Vastagra szeletelt termékek (beleértve az Észak Amerikai régiókból származó sült krumplinak nevezetteket). medián különbözik, ott ferdeséget tükröz, hogy az alapul szolgáló adatokat különböző országokban gyűjtötték nagyobb élelmiszercsoportokból.

(2007/331/EK, 2010/307/EU, 10.1.2012., 2013/647/EU) alapján folyik (Nébih, [http7](#)) Az ajánlásokban termékenként meghatározták a mintavételek számát és az egyéb elküldendő adatokat.

A monitoring eredményekről EFSA értékelések készültek és jelentek meg 2009-ben, 2010-ben, 2011-ben, 2012-ben és 2015-ben (Nébih, [http7](#)).

Az említett EFSA értékelések alapján a Bizottság ún. indikatív akrilamid értékeket határozott meg az egyes élelmiszerekre, élelmiszer csoportokra. A Bizottság - az élelmiszerek akrilamid szintjének vizsgálatáról szóló - 2013/647/EU ajánlása (Nébih, [http7](#)) szerint azokban az esetekben, amikor az akrilamid szintek meghaladják ezeket az indikatív értékeket (17. ábra), a tagországoknak további vizsgálatokat kell végezni az alkalmazott gyártási és feldolgozási módszerek vonatkozásában. A vizsgálatoknak magukban kell foglalniuk az élelmiszeripari vállalkozók veszélyelemzésen és a kritikus ellenőrzési pontokon alapuló rendszerét (HACCP). Azt kell megállapítani, hogy az élelmiszeripari vállalkozók milyen mértékben alkalmazzák az akrilamid szintek minimalizálását célzó, jelenleg ismert opciókat (pl. a FDE akrilamid eszköztárban (toolbox) foglalt lehetőségeket) (Nébih, [http7](#)).

17. ábra 2013/647/EU rendeletbe foglalt akrilamid indikatív értékek a burgonya tartalmú élelmiszerekre vonatkozóan (European Commission, 2013. [http12](#))

Foodstuff	Indicative value [µg/kg]	Comment
French fries ready-to-eat	600	Product sold as ready-to-eat, as defined in Part C.1 of the Annex to Recommendation 2010/307/EU
Potato crisps from fresh potatoes and from potato dough Potato-based crackers	1 000	Product as sold, as defined in Parts C.2 and C.10 of the Annex to Recommendation 2010/307/EU

Az ipar képviselői (Food Drink Europe, FDE) – a hatóságok támogatásával – olyan önkéntes méréseket, intézkedéseket fejlesztettek ki (az úgynevezett „akrilamid toolbox” megközelítést), amelyek útmutatóként szolgálnak az előállítók és feldolgozók számára azon lépések meghatározásában, amelyek az akrilamid szint csökkenését eredményezik az egyes termékek gyártása során. Az élelmiszer gyártóknak az akrilamid tartalom csökkentésére azt a módszert kell választaniuk, amelyik a leginkább alkalmazható egy adott terméktípusra, figyelembe véve a feldolgozási folyamatot és a termékek minőségi követelményeit. Ez a módszer termék csoportonként eltérő lehet. Annak érdekében, hogy a gyártók könnyebben

megtalálják a rájuk vonatkozó részeket, az FDE az útmutatóból rövid kivonatokat készített a különböző szektorok számára, amelyek magyar nyelven is hozzáférhetőek (Nébih, http7).

Több európai országban folytak kutatási programok, melyek során vizsgálták pl. a fajtaválasztás, a termesztési körülmények és a tárolás hatását a késztermékek akrilamid tartalmára (Nébih, http7).

Az akrilamid kérdéskör megoldását nehezíti, hogy az akrilamid képződést befolyásoló tényezők változtatása hatással van a különböző feldolgozott termékek minőségére, érzékszervi tulajdonságaira (szín, íz) és más hőhatásra keletkező élelmiszer szennyezőanyagok pl. furán képződésére is (Nébih, http7).

2014-ben az EFSA képes tájékoztatót adott ki „Akrilamid az élelmiszerekben” címmel a fogyasztók szélesebb körben való tájékoztatása céljából. Ebben információk találhatóak arról, hogy az akrilamid mely élelmiszerekben és milyen úton keletkezik (lásd 18. ábra), valamint javaslatokat ad az akrilamid tartalom csökkentésére élelmiszereinkben (Nébih, http7).

18. ábra 2014-es tájékoztató alapján az akrilamid szint csökkentésre adott javaslatok a fogyasztók számára (EFSA, 2014. http8)



FDE útmutató, az élelmiszerek akrilamid tartalmának mérséklésére

Az akrilamid élelmiszerekben való jelenlétének felfedezését követően az élelmiszeripar és más érintett felek, beleértve a szabályozásért felelős szerveket, lépéseket tettek annak kivizsgálása érdekében, hogyan keletkezik akrilamid az élelmiszerekben, és milyen módszerek segítségével lehet annak tartalmát csökkenteni követve az “ALARA” elvet. A FoodDrinkEurope

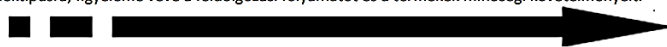
összehangolta az erre irányuló munkát és az eredményeket az akrilamid tartalom csökkentésére vonatkozó útmutatóban foglalta össze (FDE, [http13](http://13)).

Az ALARA-elv A koncepció neve, ALARA az angol 'As Low As Reasonably Achievable' (jelentése: ésszerűen elérhető legalacsonyabb szint) kifejezésből származik. Ez annyit jelent, hogy az élelmiszeriparban érintett feleknek a számukra legmegfelelőbb módszert kell választaniuk egy adott szennyező anyag végtermékben való jelenlétének csökkentésére: nem csak figyelembe véve az adott kockázati tényezőt, hanem számításba véve más szempontokat is, mint például egyéb szennyezőanyagok potenciális kockázatait, a végtermék minőségét és érzékszerve gyakorolt hatását; valamint a módszer ellenőrzésének megvalósíthatóságát és eredményességét is. Az ALARA-elv folyamatos követésének érdekében a feleknek figyelemmel kell kísérniük és szükség esetén felülvizsgálniuk a választott módszereket (19. ábra) (FDE, [http13](http://13)).

19. ábra FDE Útmutató a sült burgonyatermékek és a hasábburgonya akrilamid tartalmának csökkentéséhez (FDE, [http13](http://13))

A kész hasábburgonya akrilamid tartalmának csökkentése

Az alábbi módszerek váltak be a hasábburgonyák akrilamid tartalmának csökkentésére. A gyártóknak azt a módszert kell választaniuk, amelyek a leginkább alkalmazható egy adott terméktípusra, figyelembe véve a feldolgozási folyamatot és a termékek minőségi követelményeit.



Alapanyagok kiválasztása	Alkalmazott recept	Alkalmazott eljárás	Végtermék jellemzői*
<ul style="list-style-type: none"> • Csak hasábburgonya gyártáshoz alkalmas (alacsony cukortartalmú) burgonyafajta használata. • Ellenőrzött hőmérsékletű (>6 °C) és páratartalmú raktározási környezet. • A burgonya tárolása alatti hajtásgátlása vegyi anyagokkal (pl. CIGP). • A beérkező burgonya-szállítmányok redukáló cukortartalmának ellenőrzése sütési teszt segítségével, vagy más, annak mérésére szolgáló eszközök alkalmazásával. • Éretlen burgonyagumók eltávolítása. 	<ul style="list-style-type: none"> • A vastagabbra vágott hasábburgonya szeletek kevesebb akrilamidot tartalmaznak, mint a vékonyra vágott hasábburgonyák, a felület és térfogat arányának köszönhetően. 	<ul style="list-style-type: none"> • A burgonyaszeletek vízben való blansírozása sütés előtt a legfontosabb eszköz a redukáló-cukortartalom korlátozására. • Közvetlenül a blansírozás után, ha dinátrium difoszfátot adunk a burgonyához, annak pH hatásán keresztül a kész termék akrilamid tartalma csökkenhet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adjunk világos utasításokat a csomagoláson: sütési hőmérséklet max 175 °C, ne süssük túl a burgonyát, a cél az aranyárga szín; kisebb mennyiség esetén csökkentsük a sütési időt. • Az elkészítési utasításokat követve, sütés után ellenőrizzük, hogy a végső szín megfelel-e a termékleírásnak.

*A fogyasztás előtti végső előkészületekre vonatkozik.

3.1.2 Akrilamid tartalom csökkentése egy vállalati példán keresztül

Ahogy az előbbi részekben olvashattuk, az utóbbi közel 25 évben igen sok rendelet, szabályozás, irányelv született az akrilamid szint csökkentésére. 2018. április 11-én érvénybe lépő új akrilamid-rendelet (2017/2158) kimondja, hogy a hasábburgonya esetében az akrilamid-szint nem haladhatja meg az 500 µ/kg értéket (21. ábra) (2017/2158 EU rendelet, [http11](http://11)).

A következő részben láthatjuk, hogy a Farm Frites Kft, mint hasábburgonya gyártó cég, milyen intézkedéseket tesz ennek érdekében.

- Termékeink előállításához kizárólag alacsony cukortartalmú burgonyát használunk.
- Túl alacsony hőmérsékleten történő tárolás során a burgonya cukortartalma megnő, amelynek következményeképpen a sütés folyamán gyorsabban keletkezik akrilamid. A Farm Frites ellenőrzött tárolási körülményei megfelelő szinten tartják a keletkező cukortartalmat.
- A Farm Frites szigorú minőségpolitikája értelmében a gyártásba kerülés előtt minden burgonyaszállítmányt alaposan ellenőriz, a hibák kiszűrése érdekében.
- A gyártás során az egész burgonyákat lemossák, a felvágott hasábokat pedig blansírozzák, így a cukor nagyrészt eltávolítják a burgonyából. Ez a cukortartalom csökkentésének leghatékonyabb módja (Farm Frites Kft, [http14](http://14)).

20. ábra Hasábburgonya késztermék színéhez kapcsolódó akrilamid tartalom (2017/2158 EU rendelet, [http11](http://11))



3.1.3 Keményítőtől akrilamid képződés

Mint azt az előző részben olvashattuk, hő hatására, a Maillard-reakció végbemenetele során akrilamid képződik. Az akrilamid keletkezésének két fontos alapanyaga a redukáló cukrok és az aminosavak.

3.1.4 Redukáló cukrok a burgonyagumóban és mennyiségük változása a tárolás során

A nyugvó burgonyagumóban található összes cukor, a burgonya legfőbb alkotórészéből, a keményítőből keletkezik. A keményítőből az amiláz hatására végeredményben keletkező maltózt a maltáz - amely enzimek a burgonyagumóban való előfordulása jelen esetben állapítatott meg először - átalakítja glükózzá s a keletkezett glükóz egy része a lélegző enzimek (zimáz, kboxiláz, oxidáz) hatására elhasználódik a légzési folyamat fenntartására, egy másik részéből pedig atom áthelyeződéssel fruktóz keletkezik, amely fruktóz még a változatlan glükózzal nádcukorrá koncentrálnak. Aszerint, hogy a sejtekben az ozmózis nyomás növekedése, avagy csökkenése válik szükségessé, a nádcukor invertálódik, illetve visszaalakul keményítővé. Végeredményben láthatjuk, hogy az enzimek egész sora szabályozza a nyugvó burgonyagumó cukortartalmát (Bodnár J. 1915).

Henneberg (Henneberg, 1912) vizsgálatai alapján a burgonya cukortartalma és az eltarthatósága között olyan összefüggés van, hogy a cukorban szegényebb burgonyafajták sokkal nagyobb ellenállóképességet tanúsítanak a rothadást okozó baktériumokkal szemben, mint a cukorban aránylag gazdagabb fajták, tehát a magasabb cukortartalom mintegy diszponálna a burgonyagumót a rothadási folyamat megindulására.

Bodnár János (1915) publikációjában közölte, hogy az elvégzett kísérlet célja, a nyugvó burgonyagumó cukortartalma és az azt szabályozó enzimek valamelyike között megállapítható-e olyan összefüggés, hogy az illető enzim koncentrációjából következtetni lehetne a nyugvó burgonyagumóban keletkező cukor mennyiségére és ebből a burgonya eltarthatóságára. A „keletkező” cukormennyiségbe beletartozik a lélegzési folyamat fenntartására elhasznált cukor is, mert az eltarthatóság szempontjából az is fontos, hogy a keményítőből - a cukor közvetítésével - mennyi megy veszendőbe a gumók lélegzése során. Kilenc nyugvó burgonyagumóban az amiláz koncentrációját, valamint a redukáló, nem redukáló és az összes cukortartalmat mutatja be (4. táblázat). A redukáló cukrot, mint glükózt, a nem redukáló cukrot pedig mint nádcukrot számították, valamennyi táblázatban szereplő cukormennyiségek szárazanyagára vonatkoznak.

4. táblázat A vizsgált gumók amiláz, redukáló, nem redukáló és összes cukortartalma

(Bodnár J. 1915).

Sorszám	A burgonya fajtája	A származás helye	Az amiláz aktivitása D_{24}^{40}	A burgonyagumó cukortartalma		
				Redukáló cukor %	Nem-redukáló cukor %	Összes cukor %
1	Wohltmann	Magyaróvár	1·4	1·25	2·36	3·61
2	«	Parisháza	1·6	0·81	1·98	2·79
3	Silesia	Magyaróvár	3·0	1·68	3·18	4·86
4	Up to date	«	3·8	2·71	3·82	6·53
5	Max Eyth	«	3·85	1·84	4·60	6·44
6	Magnum bonum	Gidrafa	4·85	2·22	5·15	7·37
7	Up to date	Poroszka	4·9	0·86	2·06	3·02
8	Fürst Bismarck	Magyaróvár	5·7	1·08	2·08	3·16
9	Magnum bonum	Poroszka	5·9	2·06	5·86	7·92

A táblázatból kiolvashatjuk, hogy a nyugvó burgonyagumó redukáló cukortartalma és a jelenlévő amiláz aktivitása között nincs szabályszerű összefüggés, azaz a redukáló cukrok mennyisége nem növekszik az amiláz aktivitásával, így kijelenthetjük, hogy nagyobb amiláz koncentrációval nem mindig jár együtt a magasabb redukáló cukortartalom (Bodnár J. 1915).

Az 4. táblázatban látható eredményeknél a 2; 7 és 8. sor kivételével megfigyelhető, hogy a nem redukáló és összes cukortartalom arányosan növekszik az amiláz koncentrációjával.

Az említett 2; 7. és 8. sorszámú minták esetében kérdéses, hogy miért nem mondható el az előbb említett összefüggés.

Feltételezhető, hogy a cukor gyorsabban alakul vissza keményítővé, mint a hasonló aktivitású amilázzal, de magasabb cukortartalommal rendelkező gumóknál. Ennél a feltételezésnél sokkal valószínűbb az az állítás, hogy a kérdéses gumók sokkal intenzívebben lélegeznek, mint a hasonló aktivitású amilázt tartalmazó, de magasabb cukortartalmú gumók. Intenzívebben lélegző gumók több glükózt használnak fel a légzéshez, tehát kevesebb marad, illetve alakul át nádcukorrá, így az intenzívebben lélegző gumók kevesebb összes cukrot tartalmaznak (Bodnár,1915).

Az állítás igazolásaként a szerző megvizsgálta az 1; 2; 6; 7; 8. és 9. sorszámú burgonyagumók által termelt CO_2 mennyiségét.

A kísérlet eredményeként megállapították, hogy egymáshoz közeleső amiláz aktivitással rendelkező burgonyagumók közül azok termeltek több CO_2 -t, amelyek kevesebb cukrot

tartalmaznak. Minél több cukrot tartalmaz a burgonya annál kevésbé áll ellen a rothadásnak. Az intenzívebb légzés pedig a keményítőtartalom nagyobb mértékű csökkenését vonja maga után (Bodnár,1915).

Cukortartalom változása a tárolás során

Már régebb óta ismerjük, hogy hosszabb ideig alacsony hőmérsékleten (0°C körül) hőmérséklet hatásának kitett, keményítőt tartalmazó nyugvó földalatti gumók megédesednek. Ezt a jelenséget legelőször *Müller-Thurgau (Müller-Thurgau, 1882)* a burgonyagumókon tanulmányozta és ismertette, az ebben az állapotban képződő cukrok folyamatát. *Müller-Thurgau* bebizonyította, hogy a megfagyott burgonya nem lesz édes, hanem csak olyan alacsony hőfokon tárolt burgonyában keletkezik cukor, amely nem fagyott meg. Annál több cukor keletkezik a burgonyagumóban minél hosszabb ideig van alacsony hőmérsékleten. Ha a megédesedett burgonyagumót normál hőmérsékletre helyezük át, a cukor eltűnését észlelhetjük, amely két okra vezethető vissza. A cukor egyrészt a gumók lélegzése következtében használódik el, másrészt visszaalakul keményítővé. Alacsony hőmérsékleten tárolt burgonyagumó megédesedése a jóval kisebb intenzitású légzési folyamatra vezethető vissza. A keményítőből az amiláz hatására alacsony hőmérsékleten kevesebb cukor keletkezik, mint a normál hőmérsékleten, de a légzési folyamatnál a cukrok elbomlását megindító zimáz enzim is kevesebb cukrot fog elbontani. Normál hőmérsékleten ez a két folyamat úgy halad egymás mellett, hogy a keletkezett cukornak nagyobb része a légzésre használódik el. Alacsony hőmérsékleten a cukor elégését megindító enzim tevékenysége sokkal nagyobb mértékben csökken, mint az amilázé és így az alacsony hőfokon tárolt burgonyagumóban több cukor keletkezik, mint amennyi elhasználódik, ami aztán felesleges cukor felhalmozódásához, a burgonyagumó megédesedéséhez vezet.

Ha a nyugvó burgonyagumó amiláz és cukortartalma között a tárgyalt összefüggés fennáll, akkor az alacsony hőmérsékleten tárolt gumók közül abban fog a legtöbb cukor keletkezni, amelyik a legaktívabb amilázt tartalmazza (Bodnár, 1915).

Az állítás bizonyítása érdekében a 4. táblázatban látható 1. és 6. sorszámú mintájából 2-2 kg-ot 23 napig hűtőszekrényben tároltak, amelynek hőmérséklete 0-3 °C között ingadozott. A tárolási idő lejártá után a gumók összes cukortartalmát az 5. táblázatban láthatjuk.

5. táblázat Tárolási teszt eredményei a gumók amiláz aktivitására és az összes cukortartalomára vonatkozóan (Bodnár J. 1915)

Sorszám	A burgonya fajtája	A származás helye	Az amiláz aktivitása D ₂₄ ^{40°}	Összes cukor jégszekrényben tartott gumókban %
1	Wohltmann	Magyaróvár... ..	2·4	5·86
2	Magnum bonum... ..	Gidrafa	7·85	10·98

Az amiláz aktivitása, viszonyítva a 4. táblázatban látható adatokhoz képest mindkét esetben nagyobb, ami az előrehaladott fejlődési időt nézve érthető, a különbség azonban itt is fennáll (Bodnár, 1915). Az alacsony hőmérsékleten tárolt burgonyagumók esetében a cukor mennyisége jelentősen megnövekedett.

3.1.5 Keményítő és cukor tartalom változás Yamaguchi mérései alapján (Yamaguchi, 1983)

Yamaguchi 1960-ban a kaliforniai UC Davis Egyetemen végzett méréseiből összeállított táblázat alapján elemezhetjük az intézetben nevelt és különböző hőmérsékleteken tárolt burgonyák tápanyagtartalma alapján a keményítő és cukortartalom változását (21. ábra).

21. ábra Tápanyagtartalom változása 5 és 10°C-on történő tárolás során (Yamaguchi, 1983)

TABLE 9.2. NUTRITIVE VALUE PER 100 g EDIBLE PORTION OF MATURE WHITE ROSE POTATOES GROWN AND STORED AT DAVIS, CALIFORNIA

	Water (g)	Total sugars (g)	Starch (g)	Protein (g)	Energy (kcal)	Minerals			Vitamins			
						Ca (mg)	Fe (mg)	P (mg)	C (mg)	B ₁ (mg)	B ₂ (mg)	Niacin (mg)
At harvest 8/17/49	81	0.25	11.9	2.4	59	14	2.0	53	36	0.12	0.025	0.66
41°F storage												
3 weeks	81	0.94	10.7	2.4	57	17	1.6	46	26	0.13	0.025	0.70
6 weeks	80	1.23	11.0	2.4	59	13	1.8	49	19	0.13	0.032	0.70
9 weeks	81	0.94	—	2.3	—	11	1.6	46	17	0.13	0.033	0.64
12 weeks	80	0.87	10.5	2.4	56	13	1.7	46	16	0.12	0.034	0.62
18 weeks	81	0.73	9.7	2.7	53	12	1.9	49	11	0.12	0.027	0.60
24 weeks	81	0.63	11.3	2.6	59	11	1.9	54	10	0.11	0.031	0.56
30 weeks	81	0.52	10.1	2.7	54	12	2.6	54	10	0.13	0.027	0.56
50°F storage												
18 weeks	80	0.16	10.2	2.6	53	14	1.7	52	12	0.13	0.027	0.60
24 weeks	80	0.18	12.1	2.6	60	14	2.0	56	10	0.11	0.029	0.58
30 weeks	80	0.20	11.8	2.6	59	14	—	55	8	0.11	0.026	0.60

Source: Yamaguchi *et al.* (1960).

Kiindulásként láthatjuk, hogy a burgonyagumók kezdeti cukortartalma 0,25 g, keményítőtartalma pedig 11,9 g.

5 °C-on történő tárolás esetében láthatjuk, hogy a cukortartalom egészen a tárolás 6 hetéig nőtt, majd a tárolási idő növekedésével egyenes arányban csökkent, viszont nem érte el a betakarításkor mért értéket, sőt annak kétszerese volt a 30. tárolási héten. A keményítő esetében az összes adatot nézve elmondhatjuk, hogy csökkent a mennyisége a vizsgálati időszak végére.

A hatodik hétig megfigyelve az adatokat megállapítható, hogy a keményítőnek egy része ebben az esetben is átalakult cukorrá, azaz a gumó kissé megédesedett. Persze ezen a hőmérsékleten tárolt burgonyánál nem olyan gyorsan növekszik a cukortartalom, mint a 0 °C körüli hőmérsékleten tárolt termény esetében.

10 °C tárolt burgonyánál nem figyelhető meg a cukor mennyiségének növekedése, inkább csökkenés látható a 18. héten végzett mérésnél, majd a 24. és a 30. heti adatokat nézve a cukortartalom minimálisan növekedett. Keményítőtartalomnál nem látható számottevő változás a betárolásnál és az utolsó adat között. Megfigyelhető, hogy ennél a magasabb tárolási hőmérsékletnél a keletkező cukrok nagyobb része lebomlott a légzés során, azaz nem halmozódott fel annyi felesleges cukor, mint az 5 °C-on tárolt burgonyák esetében.

3.1.6. Megfelelő tárolás, ellenálló fajta

A minőség szempontjából a gyártók és fogyasztók szempontjából is a legfontosabb a szín. A burgonyagumó 9-10 °C alatti hőmérsékleten való tárolása a redukáló cukrok, például a glükóz és fruktóz magas koncentrációját eredményezi, alacsony hőmérsékleten tárolva megédesedik (LTS; Burton, 1978; van Es és Hartmans, 1987c.). Ezek a redukáló cukrok, a szabad aminosavakkal sütés közben részt vesznek a már jól ismert Maillard (barnulási) reakcióban, ami a sötétbarna krumplit és chipset eredményezi (Singh és Kaur, 2009). A barna részek elfogadhatatlanok a fogyasztók számára, mivel nagyobb mennyiségben akrilamidot tartalmaznak, amely rákkeltő hatású.

A 0,1 % redukáló cukrot tartalmazó gumók ideálisak a feldolgozáshoz, viszont 0,33% felett már nem ideális a feldolgozáshoz (Dale és Mackay, 1994). Az LTS (low temperature sweetening) komoly kihívást jelent a burgonyaipar számára. Beszámoltak arról, hogy a szacharóz szintje és jelenléte már betakarításkor is kritikus tényező, amely befolyásolja a redukáló cukrok képződésének kezdeti sebességét és ezáltal a burgonya felhasználhatóságát a tárolást követően (Sowokinos, 1978).

Annak érdekében, hogy minimalizálni tudják a burgonya redukáló cukortartalmát, a termelőknek megfelelő fajtájú vetőmagot kell választaniuk, amely ellenálló az LTS-nek és biztosítani tudják azt, hogy a gumók a betakarítás előtt elérjék a teljes fiziológiai érettséget. A redukáló cukortartalom csökkentésének egyik módja az előkondicionálás a tárolási szezon elején és az újra kondicionálás a szezon végén, a szállítás előtt (Brook et al., 1995). A hasábburgonyának szánt burgonyát általában 12,7-15,5 °C-on tárolják, 6-6 héten keresztül

érlelik és előkondicionálják, majd ezt követően 20-30 °C-on és 85-90 %-os relatív páratartalommal a tárolási szezon vége előtt 5-6 hétig újra kondicionálják (Singh és Kaur, 2009). Bizonyos fajták, mint a Premier Russet, amelyet az USDA-ARS és az idahói, oregoni és washingtoni mezőgazdasági kísérleti állomások közösen hoztak létre a Northwest Potato Variety (Tri-State) Development program keretében, ellenáll a redukáló cukrok gumóban való felhalmozódásának. Ez a tulajdonság lehetővé teszi, hogy a Premier Russet 5-6 °C-on akár 250 napig is tárolható, anélkül, hogy feldolgozás előtt újrakondicionálni lenne szükséges (Novy et al., 2008.). Olyan fajta, mint a Golden Wonder, amely 30 éven keresztül népszerű volt Anglia chips gyáraiban, felülírták az alacsonyabb redukáló cukortartalmú fajták, mint a Lady Claire (Foot et al., 2007).

Manapság számos kutatás folyik az alacsony hőmérsékleten tárolható fajták kikísérletezése kapcsán és folyamatban van az édesedésért felelős gének megismerése, feltérképezése (Singh és Kaur, 2009).

3.2. Szolanin jelenléte és vizsgálata

A szolanin főként a burgonyafélék (*Solanaceae*) családjába tartozó növényekben található triszacharid típusú, glikoalkaloid vegyületek csoportjába tartozó toxikus anyag. Toxikusnak nevezük azt a vegyületet, amely az elfogyasztó szervezetére káros, illetve mérgező (azaz toxikus) hatással van.

A glikoalkaloidok (pl.: szolanin) természetesen előfordulnak különböző elterjedten fogyasztott zöldségekben (Nébih <http> 1.).

Fontosabb szolanin-tartalmú növények:

- burgonya (*Solanum tuberosum* L.)
- fekete ebszőlő (*Solanum nigrum* L.)
- keserű csucsor (*Solanum dulcamara* L.)
- paradicsom (*Solanum lycopersicum* L.)

A különböző növényfélék különböző glikoalkaloidokat tartalmaznak, melyek humán toxicitása eltér. A paradicsom pl. alfa-tomatint és dehidrotomatint tartalmaz, míg a burgonya alfa-kakonint (chaconine) és alfa-szolanint. A burgonya glikoalkaloid toxikusabb, mint a paradicsomé (Nébih, <http>15).

Összességében az étkezési burgonya a legfontosabb tápláléknövény, amely szolanint is tartalmaz.

A szolanin és kakonin nagy része a burgonya héjában, vagy közvetlenül a héj alatt van (12-543 mg/kg), amelynek 30%-a konyhai előkészítés (hámozás) során eltávolítható (http16 2018).

Marita Cantwell szerint egy átlagos hámozott burgonya szolanin tartalma 1-45 mg/kg között változhat (Cantwell, 1996).

A mérgező anyag jelenlétét a burgonya megzöldülése jelezheti (22. ábra). A burgonya fogyasztás tapasztalatai alapján azonban megfelelően termesztett és kezelt gumók normál glikoalkaloid szintjei nem aggályosak. Bizonyos stresszhatásokra (fénynek való expozíció, mechanikai sérülés, nem megfelelő tárolás, csírázás) a glikoalkaloid tartalom gyors növekedésnek indulhat, ami keserű ízt ad a burgonyának (Nébih, http15)

22. ábra Szolanin a burgonya héjában (http17, 2017) és a csírájában (forrás: http18)



49/2014. (IV. 29.) VM rendelet az élelmiszerekben előforduló egyes szennyezőanyagokra és természetes eredetű ártalmas anyagokra vonatkozó határértékekről, valamint az élelmiszerekkel rendeltetésszerűen érintkezésbe kerülő egyes anyagokkal, tárgyakkal kapcsolatos követelményekről szól. (forrás: 49/2014. (IV. 29.) VM rendelet) A mellékletben a természetes eredetű ártalmas anyagokra vonatkozó határértékek találhatóak (23. ábra).

23. ábra Természetes eredetű ártalmas anyagokra vonatkozó határérték (forrás: 49/2014.

(IV. 29.) VM rendelet, 3. melléklet

A. Természetes eredetű ártalmas anyag	B. Élelmiszercsoport, illetve élelmiszerfajta	C. Határérték
Szolanin-egyenérték	nyers, hámozatlan burgonya	100 mg/kg

3.2.1. Szolanin élettani hatása kis- és nagy koncentrációban

Ahogy az előző részben olvashattuk a szolanin a burgonya esetében a héjában és/vagy közvetlenül a héja alatt található meg, egyedenként eltérő mennyiségben.

Tárolás során a szolanin mennyisége nem csökken. Sőt fény és hőmérséklet hatására még növekszik is (http16, 2018).

A mérgező hatásért a glikoalkaloidból hidrolízis hatására keletkező aglikon a felelős (szolanin → szolanidin), amelynek a szaponinokhoz hasonló hatása van.

A bomlás során keletkező cukor-komponensnek (szolanóz) nincs szerepe a jelentkező tünetek kialakításában (http16, 2018).

A szolanidin, sejtméreg lévén, helyileg irritálja a szöveteket (gyomor-bél nyálkahártya), így hányást, hasmenést és hasi fájdalmat okoz. Amennyiben a burgonya glikoalkaloid-tartalma 14–22 mg/100 g, akkor enyhébb keserű íz és égető érzés jelentkezik a szájbán, amely a koncentráció növekedésével kifejezettebbé válik (http16, 2018).

Súlyos esetben idegrendszeri tünetek is megfigyelhetők: aluszékonyság, kedvetlenség, zavarodottság, gyengeség és látási zavarok, majd tudatzavar, esetenként halál is bekövetkezhet. A pulzus gyors és gyenge, a vérnyomás csökken, a légzés szaporává válik, ill. láz is jelentkezhethet. Felszívódás után pedig hemolízist (haemolysis) és veseelégtelenséget is előidézhet (http16, 2018).

Számos szerző leírta a szolanin lehetséges teratogén hatását laboratóriumi állatokban (pl. hörcsög) és emberben, amely a koponya rendellenes fejlődésében, ill. nyitott gerinc (spina bifida) kialakulásában nyilvánult meg (http16, 2018).

A szolanin emberre gyakorolt hatása már 2 mg/ttkg elfogyasztása után már jelentkeznek a már említett klasszikus tünetek. Egy átlagos 80 kg-os ember, aki elfogyasztott 100 g burgonyahéjat, amelyben 180 mg/kg szolanin található, ő már tapasztalja a toxicitás tüneteit (Cantwell, 1996).

1983-ban egy Alberta állambeli iskolában, az étkeztetés során 109 gyermek és alkalmazottakból csoportból összesen 61 fő lett rosszul, 5 perccel a sült burgonya elfogyasztása után. Vizsgálat után bebizonyosodott, hogy a burgonya szolanin tartalma 49,4 mg/100g volt. Érintetteken végzett további vizsgálatok igazolták, hogy a rosszuléteket nem az elfogyasztott élelmiszerekben található baktériumok, vírusok, peszticidek, penészgombák, vagy egyéb vegyi anyagok okozták. Az elfogyasztott burgonyának enyhén zöldes árnyalata volt és keserű, szokatlan íze. Az érintetteknél fellépő tünetek gyakorisági sorrendben a hányinger

(69%), hasi görcsök (43%), fejfájás (33%), hányás (11%), láz és hasmenés (8%). A gyerekek nagyjából 3 órán belül felépültek. A becslések szerint, feltételezve, hogy a gyerekek 200 g-ot fogyasztottak el és testtömegük 40 kg volt, akkor a dózis 2,5 mg „szolanin” /ttkg volt (Anon, 1984).

3.2.2. Élő állatokon végzett kísérletek a szolanin élettani hatásának kimutatására

A szolanin élettani gyakorolt hatását állatokkal végzett kísérletekkel kívánták szemléltetni, amelyeket a hörcsögökön mutattak be.

A burgonyában található alkaloidok (alfa szolanin és alfa kakonin) már 75 mg/kg dózisban halálosak voltak a szíriai aranyhörcsögökkel végzett kísérlet alapján (Velasco-Chong et al., 2020). Ez az érték nem éri el a 49/2014. (IV. 29.) VM rendeletbe foglalt emberekre vonatkozó 100 mg/kg határértéket sem.

Egy másik arany hörcsögökkel végzett kísérlet során igazolták (Alozie et al., 1979), hogy a kakonin ugyan lassan, de felszívódott a belekben a bélfalakon keresztül.

A kísérletet 130 és 150 g közötti testtömegű egyedeken hajtották végre, úgy, hogy 10 mg/ttkg dózisban α -kakonint adagoltak az állatokba. Adagolás után meghatározott időpontokban (3, 12, 24, 72, 168 óra elteltével) 3-3 egyedet vizsgáltak a kutatók. A legmagasabb koncentrációt az adagolás után 3 órával vizsgált állatok esetében mérték a belekben és a béltartalomban (125 μ g/g), amely 63%-ot jelent a beadott dóziséból. 24 óra elteltével ez az érték (75 μ g/g) 44% volt, a beadott dóziséból. 168 óra elteltével pedig (1,73 μ g/g) 0,92%-ra csökkentek. A kakonin csúcpszintje a szövetekben az adagolást követően 12 óra elteltével volt látható, a szívben és a vesékben 24 óra elteltével volt a legmagasabb. A vérben és a májban 72 óra elteltével nagyobb volt a koncentráció, mint az adagolást követő 24 óra múlva. Székletből csak kis mennyiségben tudták kimutatni a kakonint.

Mindezek az eredmények arra utalnak, hogy a vizsgált anyag felszívódott, de a felszívódás mértéke lassú volt (Alozie et al., 1979).

3.2.3 Tárolás hatása a szolaninra

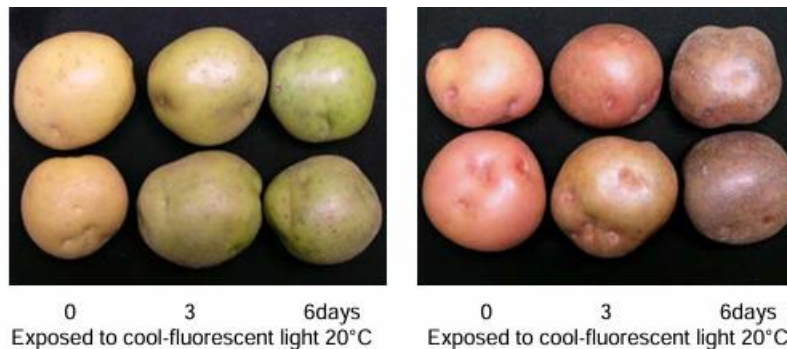
Tárolás során a szolanin mennyisége nem csökken. Sőt fény és hőmérséklet hatására még növekszik is. Bár a glikoalkaloid-tartalom sötétben is növekedhet, fény hatására 20%-os emelkedést írtak le. Ugyanakkor, 24 °C-os tároláskor kb. kétszeres koncentráció-növekedést

tapasztaltak a hűvösebb (7 °C) környezeti hőmérsékleti viszonyokhoz képest. (http2, 2018 és Cantwell, 1996)

3.2.4 Fény hatása a szolaninra

Szolanin tartalom fény hatására történő változását több kísérlet keretében is vizsgálták. A következő ábrán (24. ábra) látható kísérlet során a különböző színű héjú (sárga és piros) burgonyákat 20 °C-on 6 napon keresztül fluoreszkáló fény hatásának tették ki.

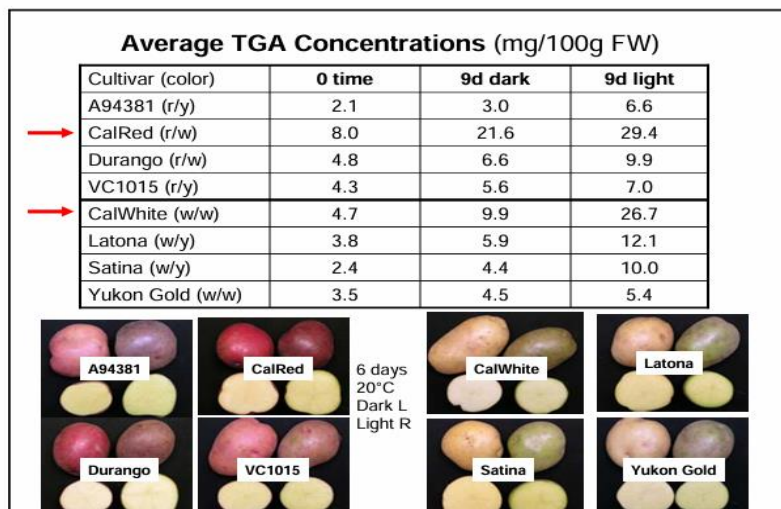
24. ábra Kísérlet a fény szolaninra gyakorolt hatására (Cantwell, 2009)



A kísérlet során már 3 nap után szemmel látható változás következett be és a burgonyák héja zöldes árnyalatúvá változott, ez különösen a sárga héjúnál figyelhető meg (piros héj maszkoló hatású). A hatodik napon már mindegyik burgonyánál szemmel is rendkívül jól látszik a változás.

Egy másik kísérletben (Cantwell, 2009) szintén azonos 20 °C-os hőmérsékleten tároltak piros és sárga héjú burgonyát 6 napon keresztül. Mindegyik típusból 4-4 különböző fajtát vizsgáltak egész és félbevágott állapotban. Mindegyik fajtából egy egészet és félbevágottat sötét közegben (bal) és világos (jobb) környezetben tárolták (25. ábra). Ezzel a vizsgálattal azt szemléltették, hogy azonos hőmérsékleten történő tárolás során a megadott idő elteltével, hogyan változik a különböző fajtájú burgonyák toxikus glikoalkaloid szintje és ez miként mutatkozik meg az egész és kettévágott gumók esetében.

25. ábra Egész és kettévágott burgonya tárolása 20oC-on sötétben és fényben (Cantwell, 2009)



Ahogy a 25. ábrán is látható a fényben tárolt burgonyák színe (jobb oldal) szemmel láthatóan megváltozott a tárolás során. A piros héjú burgonyáknál a CalRed esetében tapasztalhattuk a legnagyobb növekedést a 0. időhöz képest. Itt a koncentráció jelentősen megnövekedett mind a sötétben, mind a fényben tárolt burgonyánál. A fényben tárolt egyedeknél 6 nap elteltével több mint háromszoros növekedés tapasztalható.

A sárga héjú burgonyák esetében a CalWhite burgonyánál láthatjuk a legjelentősebb koncentráció változást a fényben történő tárolás során. Ezesetben a koncentráció 4,7-ről 26,7-re nőtt, amely több mint ötszörös növekedést jelent.

A kísérlet eredményét és a kapott adatokat elnézve megállapítható, hogy a különböző színű héjú burgonyák TGA koncentrációja, azonos hőmérsékleten történő tárolás során, sötétben igen kis mértékben, de fényben igen nagy mértékben növekedik, akár többszörösére is változik.

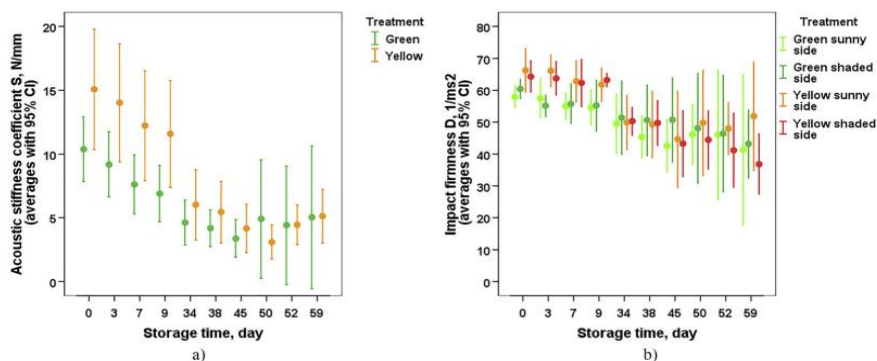
3.2.5 Egyetemen végzett kísérlet részletes bemutatása

A következő kísérletben a MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézetében sárga héjú burgonyán (*Solanum tuberosum* L. cv. Pannonia) 59 tárolási napon keresztül végzett mérések gondolatébresztő eredményeit mutatom be röviden (Zsom et al., 2021).

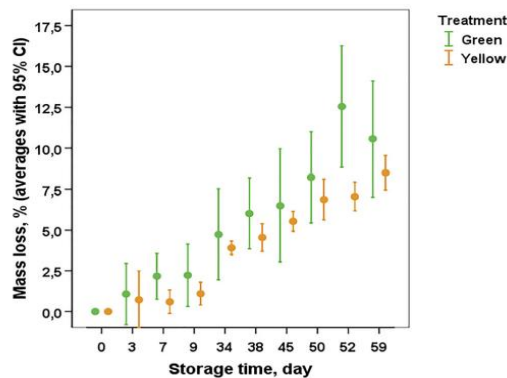
A kísérlet célja a burgonyában a napfény által kiváltott klorofilltermeléshez kapcsolódó vegyületek (α -szolanin, α -kakonin) képződésének vizsgálata volt a közvetlen klorofillfejlődés kimutatásával. A burgonyák között mintacsoportokat határoztak meg, 5 mintánál, ahol már

rögtön a kísérlet elején zöldes elszíneződés volt látható a héjon, ők lettek a zöld foltos csoport. A többi 4 darabot egy csoportba vették, őket nem érinti a zöldülés jelensége (sárga csoport). Minden gumót szobahőmérsékleten tároltak LDPE (low density polietilen) tasakokban, s ezek letakarás nélkül és természetes napfénynek voltak kitéve. A klorofilaktivitással és -tartalommal kapcsolatos adatokat roncsolásmentesen gyűjtötték mindegyik mérési napon a burgonya napfénynek kitett és árnyékos oldalán is. A fluomerikus adatgyűjtéshez PAM (Pulse Amplitude Modulated) fluorométert és egy PSI Open FluorCam képalkotó klorofill fluorométert használtak. Sötét burgonyaminták esetében az F_0 (sötét fluoreszcencia jel), az F_m (maximális sötét fluoreszcencia jel) és az F_v (változó fluoreszcencia $F_m - F_0$) paramétereket mérték. Ezenkívül Vis/NIR DA-meter[®] roncsolásmentes spektrális adatgyűjtésre szolgált. A tömeget, az akusztikus-(S) és ütészvizsgálati keménységet (D) egy AWETA asztali keménységmérővel határozták meg (Zsom et al., 2021). A burgonyákat a két ellentétes oldalon (napos és árnyékos oldalon) mérték meg. A mintvételi pontok átlagait 5. ábrán ábrázolták. A PSI Open FluorCam klorofill fluoreszcenciás képalkotás esetében ugyanazokat a napos és árnyékos oldalakat használták fel az adatok gyűjtésére. A bekövetkezett állomány(keménység) változásokat az 26-27. ábrán mutatom be. Jelentős különbséget találtak a kezdeti állományjellemzők és a két zöldülési szakasz között (kezdetben sárga és kezdetben már zölden elszíneződött) mindkét állományjellemző esetében (S és D). Ez a különbség a tárolás 34. napjáig volt megfigyelhető mindkét állomány mérési módszer esetében (26a és 26b ábra). Általánosságban, a kezdetben sárga csoport átlagos tömegvesztesége alacsonyabb értéket mutatott, a kezdetben zöld csoportéhoz képest (Zsom et al., 2021).

26. ábra Változás a) az akusztikus keménységtényező (S) és b) az ütészvizsgálati keménységtényező (D) esetében a burgonyaminták tárolása során (Zsom et al., 2021)

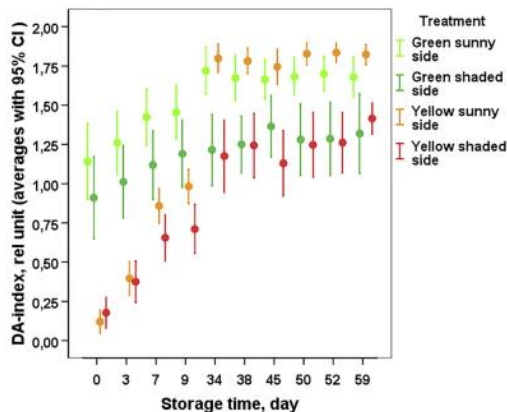


27. ábra Tömegveszteség (%) változása a burgonyaminták tárolása során (Zsom et al., 2021)



A 28. ábrán, amely DA-meter[®]-rel végzett mérés során látjuk a klorofilltartalom változását, a természetes napfény okozta zöldülés hatására (Zsom et al., 2021).

28. ábra DA-index[®] változása a burgonyaminták esetében a tárolás alatt (Zsom et al., 2021)

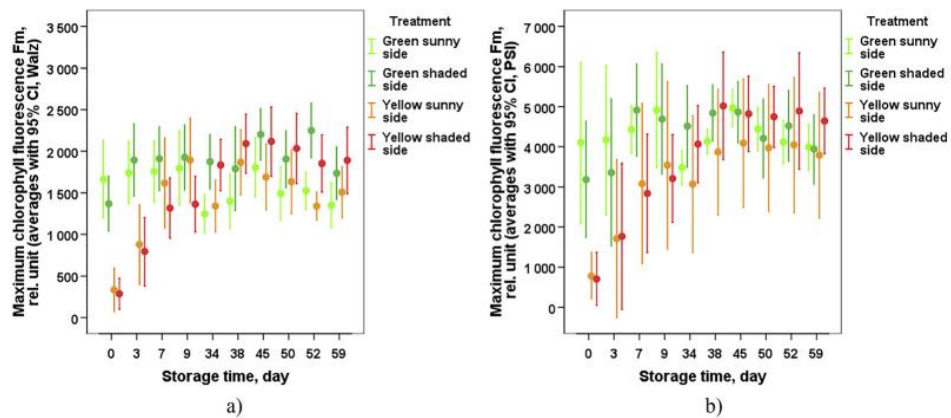


A kezdetben sárga és zöld foltos minták DA-index[®] értéke szignifikánsan különbözött. A kezdetben zöld foltos minták esetében, az árnyékos oldal DA-idexe[®] alacsonyabb volt, mint a napos oldalaké. A kettő oldal közötti különbség a 34. naptól vált jelentőssé. A kezdetben sárga csoport DA-indexe[®] folyamatosan nőtt a tárolás során, amely a napfény által kiváltott klorofilltartalom növekedésére, azaz a zöldülésre utal. A 34. naptól a két csoport közötti kezdeti különbségek egyszerűen eltűntek, amelyből arra következtetünk, hogy elérték ugyanazt a zöld értéket. Figyelemre méltó, hogy a 34. naptól szignifikáns különbség látható a napos és árnyékos oldal között csoporttól függetlenül, de nem a kezdetben sárga és a kezdetben zöld foltos csoport között. A 34. nap után a DA-index[®] értéke csak minimálisan változott (Zsom et al., 2021).

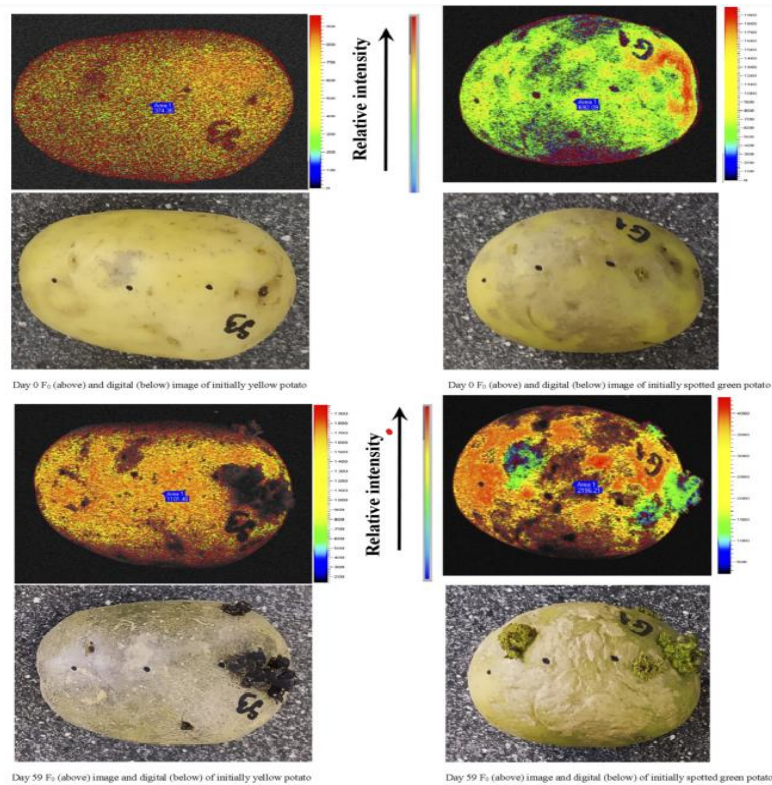
Mindkét csoport klorofill-fluoreszcenciája nőtt a tárolás során, ami arra utal, hogy a fotoszintetikusan aktív klorofilltartalom növekszik, amit korábban kimutattak a DA-index[®]

esetében (29. ábra). Az F_m esetében (29. a és 29. b ábra) a sárga csoport érte el a kezdetben zöld foltos csoport szintjét. Később, az F_m érték nem változott szignifikánsan, ami a fotoszintetikusan aktív klorofillképződésének stabilizált szintjére utal (29. a és 29. b) (Zsom et al., 2021).

29. ábra A maximális klorofill fluoreszcencia érték (F_m) változás a burgonyaminták tárolása során a) Walz Monitoring-PAM és b) PSI Open FluorCam készülékkel mérve (Zsom et al., 2021)



30. ábra A PSI Open FluorCam készülékkel mért minimális klorofill fluoreszcencia értékek (F_0) képei a tárolás kezdetén és a tárolás végén (Zsom et al., 2021).

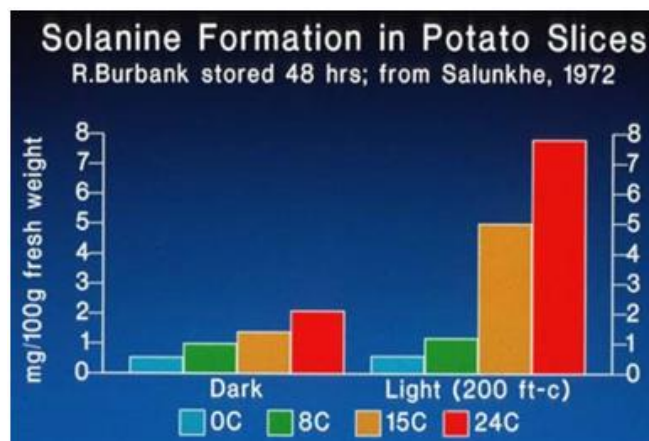


A vizsgálat során megfigyelték, hogy az adott időtartam alatt mindkét csoportnak nőtt a klorofilltartalomhoz kapcsolódó DA-idex® értéke, valamint a klorofill fluoreszencia jellemző értékek. Ezek együttesen a napsugárzás által kiváltott klorofillképződésre utaltak. Az alkalmazott roncsolásmentes vizsgálati módszerek megfelelőnek bizonyultak a betakarítás utáni klorofillképződéshez kapcsolódó zöldülési jelenség további vizsgálatához, amely a burgonya esetében a szolanin kialakulásához vezet (Zsom et al., 2021).

3.2.6 Hőmérséklet és fény hatása a burgonyákra

Ahogy a következő 31. ábrán látható, a Russet Burbank fajtájú burgonya szeleteket vizsgálták 48 órán keresztül. A szeleteket fényben és sötétben tárolták különböző hőmérsékleteken (Cantwell, 2009).

31. ábra Fény és hőmérséklet hatása a burgonyaszeletek szolanintartalmára (forrás: Cantwell, 2009)



Ahogy az ábrán is látható, a sötétben tárolt burgonya szeleteknek sokkal kisebb mértékben nőtt a szolanin tartalma, mint a magasabb hőmérsékleten tároltaké. A késsel (0 °C) és a zölddel (8 °C) jelölt mintának csak igen kis mértékben változott a szolanin koncentrációja a mindkét tárolási mód esetében. A narancssárgával jelölt minta (15 °C) esetében több mint kétszeresére nőtt a szolanin koncentrációja a szeletekben. Az ábrán pirossal jelölt (24 °) mintánál nagyjából négyszeresére változott a szolanin mennyisége a szeletekben.

Ez a kísérlet is azt mutatja, hogy a sötétben tárolt burgonyának kisebb mértékben változik a szolanintartalma az idő múlásával, mint a fényes, világos közegben tároltaknak.

3.2.7 Szolanin tartalom növekedésének mérséklése a tárolás során

A burgonyánál a megfelelő fajtaválasztáson is múlik, hogy elkerüljük a mérgező glikoalkaloid szinteket. Azonban a betakarítás utáni nem megfelelő árukezelés a mérgező anyagok további növekedésének fő oka (Cantwell, 1996). Ahhoz, hogy a glikoalkaloidok szintjét alacsonyan tudjuk tartani a burgonyát alacsony hőmérsékleten (7 °C) kell tartani, fényvédett helyen. Javasolt, hogy nem átlátszó műanyag fóliában, vagy papírzacskóban hozzák forgalomba, valamint a kínálópultba történő kihelyezést követően időközönként forgassák át a csomagokat (Cantwell, 1996).

3.3. Csírázás

Mindennapjaink során a legtöbben már találkoztunk csírázó burgonyával (32. ábra), amely a nem megfelelő környezeti körülmények között végzett tárolás eredménye és befolyásolja a burgonya eltarthatóságát. Ha ez a jelenség ipari mértékben végzett tárolás során következik be, az jelentős gazdasági kárt okozhat.

32. ábra Csírázó burgonya felezve (forrás: <http19>)



A burgonya betakarítás után egy ideig nyugalmi állapotban marad, amely 5-9 hétig tart. A gumók nyugalmi időszakát több tényező befolyásolja, ilyen a fajta, az érettség, a talaj és az időjárási körülmények (Burton, 1978). Az extrém hideg, nedves időjárás hatására meghosszabbodik a nyugalmi állapot, míg az extrém száraz és meleg időjárás lerövidíti a nyugalmi időszakot. Normál körülmények között speciális kezelésekre van szükség a nyugalmi állapot megszakításához. A csírázás köztudottan megszakítja a nyugalmi állapotot. A burgonya tárolás alatti minőségmegőrzésének egyik fő eleme a csíráképződés hatékony gátlása. A csírázás a gumó kiszáradását és súlycsökkenését okozza, fokozza a légzést és a párologtatást,

növeli a toxikus glikoalkaloidok szintjét. A csírázó burgonya esetében felgyorsul a keményítő lebomlása, ezzel együtt a nemkívánatos ún. redukáló cukrok felhalmozódása. Továbbá, ez együtt jár a vitamintartalom csökkenésével, az életteni (fiziológias) öregedés fokozódásával, továbbá a gumó megjelenése is megváltozik, s ezek együttesen negatív hatással vannak a minőségre. A tárolás alatt a kicsírázott gumók akadályozzák a levegő szabad mozgását a burgonyahalmon keresztül. Különböző tényezők, mint például a gumók életteni állapota, betegségek és a tárolás körülményei mind befolyásolják a tárolás alatti csírázás mértékét. A sérült és beteg gumók előbb csíráznak ki, mint az egészségesek. A hajtás növekedésének ütemét és a hajtás formáját befolyásoló fő tényezők a fajta, a korábbi tárolás körülményei, úgy, mint pl. a hőmérséklet, a páratartalom, a légkör összetétele és a gumók fénynek való kitettségének a mértéke (Both és Shaw, 1981; Burton, 1978; Rastowski, 1978; van Es és Hartmans, 1987). Egyes fajták jóval rövidebb nyugalmi időszakokkal rendelkeznek, mint mások. Például Shephody fajtának rövidebb nyugalmi állapota van, mint a Russet Burbank fajtának. 5 °C alatt a csíra növekedése lassú, 5-20 °C között a növekedés mértéke nő, 20 °C felett pedig csökken. Magasabb relatív páratartalom kedvez a csírák növekedésének és ez a növekedés magasabb hőmérsékleten jelentősebb. Magasabb CO₂ koncentráció is kedvez a csírák növekedésének. 2,2-9,1 %-os CO₂ tartalmú légkör serkenti a burgonya csírázását, függetlenül a nyugalmi állapottól (Burton, 1958). Az optimális CO₂ tartalom 2-4 %, mivel a magasabb koncentrációnál csökkent a stimuláló hatás, míg 7-10 %-nál pedig ugyanaz az eredmény, mint a normál levegőn történő tárolásnál (Burton, 1978). Az optimális csíranövekedéshez szükséges O₂ koncentráció a burgonya életteni korától függ. A szezon elején a csíráztatáshoz szükséges megfelelő O₂ tartalom 4-5 % volt, a tárolás hőmérséklete 10-20 °C, míg június körül 17-20 %-ra emelkedett (Burton, 1968).

A tárolás során történő csírázás szabályozására különféle módszerek állnak rendelkezésre. Ezek közé tartoznak a kémiai, nem vegyi és szerves módszerek (Buitelaar, 1987; Kleinkopf et al., 2003; Rastowski, 1987a; van Es and Hartmans 1987d). Annak ellenére, hogy a kémiai kezelések széles körben elterjedtek a csírázás elleni küzdelemben, a környezeti és egészségügyi aggályok fokozottabb tudatosítása ösztönözte az alternatív, nem vegyi vagy szerves módszerek alkalmazásának növekedését a csírázás elleni küzdelemben.

3.3.1 Nem vegyi módszerek a csírázás szabályozására

A csírázás szabályozására szolgáló nem vegyi módszerek a következők: (1) hosszabb nyugalmi állapottal rendelkező fajták nemesítése/alkalmazása (2) alacsony hőmérsékleten

történő tárolás (3) szabályozott légtér alkalmazása és (4) besugárzásos kezelések alkalmazása (Buitelaar, 1987; Kleinkopf et al., 2003). A hosszabb nyugalmi időszakokkal rendelkező burgonyafajta kinemesítése a legjobb természetes védekezési módszer a csírázással szemben. Ez azonban igen hosszadalmas folyamat. Ezenkívül meg kell őrizni más agronómiai és minőségi jellemzőket, valamint a fajták különböznek a nyugalmi állapot hosszában. A gumók alacsony hőmérsékleten történő tárolása hatékony módszer a csírázás szabályozására, mivel a folyamat 4 °C alatti hőmérsékleten nem indul el. Az alacsony tárolási hőmérséklet azonban bizonyos hátrányokkal is jár a burgonya felhasználási területétől függően. Például feldolgozásra szánt burgonyában az alacsony hőmérsékleten történő tárolás (Low Temperature Storage) édesedést eredményez („chilling injury”, azaz a hidegkárosodás miatt), amelynek mértéke függ a fajta a hidegkárosodással szembeni érzékenységtől. A vetőburgonya esetében az LTS nem jelent problémát. Az alacsony hőmérsékleten történő tárolás további előnyei közé tartozik a gomba- és baktériumszaporodás természetes szabályozása és a kémiai eredetű vegyszerek használatának elkerülése. A hajtásszabályozás egy másik nem vegyi módszere a szabályozott légtérű hűtőtárolás. Ebben az esetben a hőmérséklet és a páratartalom szabályozása mellett a tárolótér gázösszetétele is szabályozásra kerül, ahol a csökkentett O₂- és a megnövelt CO₂-koncentráció adott arányát használják (Thompson, 1998). A szabályozott légtérben történő tárolás fő hátránya a gáztömör helyiségek biztosítása, amely növeli a tárolás költségeit. Az alacsony, 1 %-os O₂ koncentráció 6 °C-on, erősen gátolja a csírázást, viszont fokozza a sültkrumpli sötétedését és rendellenességek, betegségek jelenhetnek meg a gumón. Az optimális O₂ koncentráció, amely a csírák növekedését segíti 3-5 % (Hartmans, 1993). Ugyanakkor a megnövekedett 3-9 % közötti CO₂ koncentráció növelheti, vagy csökkentheti a csírázás mértékét attól függően, hogy milyen a gumó tárolási hőmérséklete és élettani kora. A nagyon alacsony O₂ koncentráció (ULO) befolyásolhatja a hasáburgonya színét és növelheti a betegségek előfordulását (Schouten, 1994). Beszámoltak már arról is, hogy a burgonyagumókat egy speciális gázösszetételű helyiségben tárolták, ahol az adott légkörben az O₂ értéke 3 % és a CO₂ értéke 12 % volt, amely minimálisra csökkentette a gumók légzését, csökkentette a gumó súlycsökkenését, és gátolta, illetve késleltette a hajtások növekedését (Gubb és Moorby, 1995). Olsen et al. (2003/4) beszámolt arról, hogy normál légköritől eltérő légkörön, 2 % O₂ és 10 % CO₂ értéken 7 °C-on történő tárolás megváltoztatta a szövetek mechanikai tulajdonságait, például puhábbak lettek a szövetek, és a legmagasabb volt az összes cukortartalma (glükóz, fruktóz, szacharóz), míg a 9 °C-on tárolt gumókban volt a

legalacsonyabb az összes cukortartalom. A szabályozott gázösszetételű tárolási körülmények között tárolt gumók fizikai-kémiai jellemzői hasonlóak a 3 °C-on tároltakéhoz.

Egy másik hatékony nem kémiai módszer a csírázás gátlására a besugárzás (Buitelaar, 1987; Kleinkopf et al., 2003). A besugárzás elve a sejtosztódás megelőzése. Úgy tartják, hogy a kis dózisú ionizáló sugárzás életképes megoldássá válhat, mivel az alacsony hőmérsékleten való tárolás és a kémiai szuppresszánsok (gátló hatású anyagok), egyre inkább növekvő tárolási költségeket eredményeznek. Általában 15-200 Gy inonizáló sugárzásnak, 10-20 percig való kitettség (összesen 150-400 Gy) már elegendő a csírázás szabályozásához, a csírázásgátló hatás azonban fajtánként változhat. Az ionizáló sugárzás hatása kiemelkedő, meghaladja a jelenleg használt kémiai csírázásgátlókéét. Néhány óvintézkedést azonban meg kell tenni a burgonyagumók besugárzása előtt. A burgonya betakarítása során zúzódások keletkezhetnek a gumókon. A besugárzás késlelteti a burgonyán keletkezett zúzódások (sebek) természetes gyógyulását, ami a tárolás folyamán rothadást okozhat. Ezért csak azután lehet elvégezni a besugárzást, miután a zúzódások teljesen begyógyultak, ami a betakarítást követően, a gyógyulás gyorsaságától függően, körülbelül 2-3 hétig tart. Ezután a besugárzást a gumó nyugalmi időszakában kell elvégezni, amely fajtánként változó. A besugárzásnál figyelembe kell venni az érettséget és a tárolási hőmérsékletet. Ha a besugárzás a gumók éretlen állapotában történik, akkor az a belső szövetek elfeketedését okozza (Kameyama és Ito, 2000). A megfelelő feltételek biztosítása mellett ellenőrizni kell a tárolás hőmérsékletét, páratartalmát és a megfelelő szellőzés mértékét. A besugárzás céljából betárolt burgonya számára elegendő oxigént kell biztosítani, mivel a besugárzás időtartama alatt (kb. két hét) fokozódik a légzés intenzitása. A tárolás ideális hőmérséklete 5-10 °C. A besugárzáson átesett burgonya magas hőmérsékleten történő tárolása a frissesség elvesztését és a feketeszívűséget (black heart) eredményezte (Kameyama és Ito, 2000).

Különböző szintű gamma-sugárzás csírázásszabályozó hatása növeli a tárolás lehetséges időtartamát, a klorofill- és a glikoalkaloid szintézis gátlása miatt. Általánosságban elmondható, hogy a besugárzás az összes eddig vizsgált fajta esetében csökkentette a glikoalkaloidok felhalmozódását, de jelentős kölcsönhatás volt a besugárzás és a fajták között. Ugyanez volt megfigyelhető a klorofillszintézis esetében a napfénynek történő kitettség után (Dale et al., 1997). A besugárzás további hátrányai közé tartozik a megnövekedett redukáló cukortartalom, a burgonya főzés utáni szürkés elszíneződése, *Fusarium*-szennyezettség mértékének növekedése, az elősütött hasábburgonya szürkés elszíneződése. Továbbá a

kezelés hatására elsötétedhet a chips színe, valamint a fogyasztók természetes idegenkedése a sugárzással, mint alternatív kezeléssel kapcsolatban is begy befolyásoló tényező a kezelés fogadtatása tekintetében (Buitelaar, 1987). A besugárzás használatát több, mint 40 országban már regisztrálták (Daniels-Lake és Barnes, 2007).

3.3.2 A csírázás elleni védekezés kémiai módszerei

Számos vegyszerről bebizonyították, hogy csírázásgátló hatással bír, ilyen például az etilén, nonanol, klórprofám, maleinsav-hidrazid, karvon, indol-ecetsav, szegfűszeg olaj, mentaolajok, hidrogén-peroxid és az 1,4-dimetil-naftalin (Buitelaar, 1987; Kleikopf et al., 2003; Rastovski, 1987a; van Es és Hartmans, 1987d). Világszerte használt csírázásgátló szerek az izopropil-N-fenil-karbamát (IPC, propham) és az izopropil-N-(3-klór-fenil)-karbamát (CIPC, Klór-IPC, klórprofám). Minkét vegyület gátolja a sejtosztódást és a hatása visszafordíthatatlan, ezért nem használható vetőmagnak szánt gumóknál. A CIPC (klórprofám) mennyisége függ a burgonya tárolási körülményétől, a további felhasználás technológiájától és a fajta jellemzőitől (Buitelaar, 1987; Kleinkopf et al., 2003). Az IPC és a CIPC por és folyadék formájában is kapható.

A CIPC-t általában a burgonyahalmokba párologtatják, vagy vizes bázisban alkalmazzák az élelmiszerboltokba szánt, csomagolt burgonya esetében. A porok használatának előnye, hogy egyetlen műveleti lépéssel lehet alkalmazni, ráadásul nem igényel nagy erőfeszítést. Ha a burgonya körüli légtér páratartalma nem megfelelő a por használata a burgonya héjának irritációját okozhatja, így a burgonya a természetes színét is elveszítheti (Buitelaar, 1987). A por használatának hátrányai a burgonya természetes színének elvesztése és héjirritáció. Ezek a hatások a folyadék formában történő, három lépéses használatával csökkenthetőek. A folyadékforma hátránya, hogy korai stádiumban alkalmazható, az első kezelést a betakarítást után két-három héttel kell megejteni (Buitelaar, 1987). Két fajtaival, Snowden és Monona végzett vizsgálat során CIPC alkalmazása nélkül, sötétben, 10/12 °C-on tárolva, a CIPC nem volt hatással a színminőségre, a gumók fehérje-, szárazanyag-, szacharóz koncentrációjára, a redukáló cukrokra, vagy a vizsgált enzimekre és glikolízis metabolitjaira. A légzési CO₂-t mérve a légzés intenzitása szignifikánsan visszaszorult a CIPC-vel kezelt gumókban. Az etanol és laktát koncentrációja, az anaerob légzés termékei szignifikánsan magasabbak voltak a CIPC-kezelt Snowden gumókban, mint a kezeletlenekben (Blenkinsop et al., 2002). A népszerű és hatékony maleinsav-hidrazidot gyakran betakarítás előtt, levélpermetként használják (Buitelaar, 1987).

Az etilén nagyon hatékony csírázásgátló gáz, azonban használata sötétebbé teheti a burgonyát a sütés után (Daniels-Lake et al., 2007). Hatása a karvonhoz hasonlóan reverzibilis és a vetőmagnak szánt burgonya tárolása során is használható. Daniels-Lake et al. (2007) az etilén hatását igyekeztek minimalizálni a sült burgonya színére vonatkozóan. Megfigyelték, hogy a folyamatos etilénkezelések ugyanolyan hatékonyan gátolták a csírá sodást, mint a CIPC, kivéve a 13 °C-on való tárolásnál. A 18 órás és a 2 vagy több napos megszakítások csökkentették a csírázásgátló hatást. Azt is megfigyelték, hogyha az etilént a betakarítás után minél előbb alkalmazták, az volt a legkevesebb hatással a sütés utáni színre, mialatt a jó csírázásgátló hatás megmaradt.

3.3.3 CIPC alkalmazásának tiltása 2019-től, a 2019/989 EU rendelet alapján

Az Európai Burgonyafeldolgozók szövetsége (EUPPA) 2019 júniusában közölte, hogy a 2019/989 EU rendelet alapján az Európai Bizottság 2020. január 1-től nem engedélyezi a klórprofám (CIPC) csírázásgátlószer használatát (VGN, 2019. [http20](#)).

A rendelet értelmében a tagállamoknak 2020. január 8-ig vissza kell vonniuk a CIPC hatóanyagot tartalmazó növényvédő szereket (VGN, 2019. [http20](#)).

Ahogy azt már az előbbi részben olvashattuk a klórprofámot a burgonya csírázásának gátlására használták, de emellett alkalmazták növények, zöldségfélék (pl.: paradicsom, fokhagyma, pórsáfrány) növekedésének szabályozására (VGN, 2019. [http20](#)). Érdekesség azonban, hogy a CIPC használata az Egyesült Államokban továbbra is engedélyezett (VGN 2019. [http20](#)).

3.3.4 Az etilén különböző mellékhatásai és az abszcizinsavgátló hatása az anyagcserére a burgonyagumók tárolása során

Mint azt tudjuk az etilént a burgonya csírázásának gátlására használják, azonban az etilén a burgonya nyugalmi időszakában betöltött szerepe a mai napig nem egyértelmű és ellentmondásos. A következő vizsgálat során két burgonyafajtát, „Estima” és „Marfona” folyamatosan levegőn, folyamatosan etilénnel ($10 \mu\text{L}/\text{L}^{-1}$) kezelt közegben tároltak, valamint etilénnel módosított levegőből normál légtérbe, vagy normál levegőről etilénnel kezelt légtérbe helyeztek. Az etilén kötést gátló 1-metilciklopropánt (1-MCP) alkalmazták ($1\mu\text{L}/\text{L}^{-1}$ 24 órán keresztül) vagy a betakarításkor, vagy a csírázás első megjelenésekor. A gumókat 30 hétig 6 °C-on tárolták és megvizsgálták a kialakult csírák hosszát, számát, valamint a nem szerkezeti szénhidrát tartalmat (Foukaraki et al., 2015). A tárolás alatt ellenőrizték az abszcizinsav (sejtek

növekedését gátló növényi hormon-ABA) metabolizmusát a gumókban. Betakarítástól, vagy a csírázás első megjelenésétől kezdve alkalmazott etilén mindkét fajta esetében jelentősen csökkentette a csírák növekedését. Ehhez képest az etilén által kiváltott cukorfelhalmozódást, az 1-MCP (1-metilciklopropán gátolja az etilén hatását az etilénreceptorhelyek blokkolásával) akadályozta meg, amelyet az etilénnel módosított közegbe kerülés előtt alkalmaztak. Az 1-MCP többszöri alkalmazása nem mutatott további előnyöket az etilén által kiváltott cukorfelhalmozódás tekintetében. Az etilénnel való kezelés hatására burgonya hússzövet ABA-tartalmának növekedését figyelték meg: Ehhez képest az 1-MCP blokkolta az etilén által kiváltott növekedést, amit az ABA növekedést, amelyet az exogén (kívülről származó) és endogén (belső keletkezésű) etilén okozott. Az etilén által kiváltott ABA növekedés késleltetheti nyugalmi időszakot, de az 1-MCP meggátolta az ABA növekedését, anélkül, hogy egyértelműen befolyásolta volna a csírázást. Szacharóz a gumók hormonális nyugalmi időszakának előzetes jelző molekulája. Az 1-MCP csökkentette az etilén által kiváltott szacharóztartalom növekedést, habár az 1-MCP csökkentette az ABA-t, a szacharóztartalom csökkenése pedig késleltette a csírázás kezdetét. Az 1-MCP-vel kezelt gumók szacharózsintje nem csökkent a kontroll gumókéhoz képest. Az ABA és a szacharóz együttesen szerepet játszhat az exogén módon alkalmazott etilén csírázásgátló képességében, de nyilvánvaló, hogy ebben más tényezők is nagy szerepet játszanak (Foukaraki et al., 2015).

3.3.4 Az etilén kettős hatása a burgonya nyugalmi időszakára és a csíranövekedésre

A nyugalmi időszakban lévő, kétfajta burgonyagumót különböző koncentrációjú etiléngáz hatásának tették ki különböző ideig. Ahogy azt már mások is kimutatták, az etilén átmenetileg növeli a légzés sebességét, amely független a nyugalmi állapottól. Minden vizsgált koncentráció felgyorsította a csírázás folyamatát, de a 2 $\mu\text{L/L}$ bizonyult a leghatásosabbnak. Az etilén kettős hatást fejtett ki a burgonyagumókra: határozottan lerövidítette a nyugalmi időszakot, de gátolta a csírák megnyúlását a kezelés időtartama alatt. Ezeket az eredményeket összehasonlítva a magokon, hagymákon és a gumós gyökereken végzett vizsgálatokkal, az etilénnek jelentős, de megmagyarázhatatlan szerepe van a zöldségek nyugalmi időszakára vonatkozóan. Viszont a leghatásosabb etilén kezelés, nem egyezik meg az etilén klórhidrin kezelésre adott válasszal, azaz más tényező járul hozzá pihenési időszak végéhez (Rylski et al., 1973).

Az 6. táblázat mutatja a különböző koncentrációjú etilén hatását, a Russet Burbank burgonyagumók csírázására, összehasonlítva az etilén-klórhidrinrel és a levegővel (Rylski et al. 1973).

6. táblázat Különböző koncentrációjú etilén hatása a Russet Burbank burgonyagumók csírázására (forrás:Rylski et al., 1973.)

Table I. Effect of Differing Concentrations of Ethylene on Rate of Sprouting of 'Russet Burbank' Potato Tubers
The values are averages of three samples.

Treatment (3 days)	Days to 50% of Sprouting	Sprouted		
		After 20 days	Final	Rate
		%		mean days
Air	29	9	77	31.8
Ethylene, 0.02 μ l/l	24	19	72	25.6
Ethylene, 0.2 μ l/l	22	28	88	29.8
Ethylene, 2.0 μ l/l	16	70	98	20.4
Ethylene, 20.0 μ l/l	20	47	89	23.3
Ethylene chlorhydrin	4	100	100	17.6

Az etilén minden vizsgált koncentráció esetében felgyorsította a csírázás kezdetét, de az eredményeket nézve a 2 μ L/L etilén volt a leghatásosabb. Ezzel szemben a gumók 70 %-a kihajtott 2 μ L/L koncentrációjú etilénnel kezelve, viszont a kontroll gumóknak csak 9 %-a csírázott ki ugyanennyi idő alatt (Rylski et al., 1973).

A folyamatos etilénnel való kezelés teljesen gátolta a csírázást, de a kezelés befejezése után a csírázás látszólag ugyanolyan ütemben következett be, mint azoknál a gumóknál, amelyek rövid ideig voltak kitéve a kezelésnek. Az etilén és az etilén-klórhidrin csírázásra gyakorolt hatását az 6. táblázatban látható. Megfigyelhető, hogy az etilén-klórhidrin elősegítette a gyors csírázást a különböző koncentrációjú etilénnel kezelt, vagy a kontroll gumókhoz képest. Ráadásul a gumók 100 %-a kihajtott mielőtt a kísérlet befejezése előtt, ezt az értéket csak a 2 μ L/L etilén kezeléssel közelítették meg (Rylski et al. 1973).

Ahogy a 7. táblázatban is látható, két etilén koncentráció esetében a hajtások növekedtek. Az etilénnel való hosszabb kezelés nagyobb mértékben gátolta a csírák növekedését, a rövidebb ideig kezelt csírák viszont vastagabbak voltak, mint a kontroll gumók csírái. Az eredmények alapján az etilén gátolta a csírák növekedésének sebességét. A csírák súlya esetében viszont nincs nagy különbség a kezelt és a kontroll gumók között sem (Rylski et al., 1973).

7. táblázat A különböző koncentrációjú etilénkezelés hatása és időtartama a Russet Burbank burgonya csíráinak növekedésére (forrás: Rylski et al., 1973.)

Table II. Effect of Differing Concentrations and Duration of Ethylene Treatment on 'Russet Burbank' Potato Sprout Growth

Treatment	Sprouts	
	Growth in length ¹	Final weight
Control	27.5	667
2 µl/l—72 hr	8.8	619
20 µl/l—72 hr	8.1	578
2 µl/l—14 days	4.5	648
20 µl/l—14 days	4.4	595

¹ Average elongation per sprout in 14 days.

3.3.5 Illóolajok hatása a burgonya csírázására, szobahőmérsékleten tárolva

A CIPC-re vonatkozó 2019/989-es rendelet értelmében új alternatívákat kell keresni a burgonya csírázásának gátlására, mivel a fogyasztói és gyártói igények értelmében továbbra is alapvető cél, hogy a burgonya minél hosszabb ideig, minél jobb minőségben legyen tárolható. Napjainkban egyre több fogyasztó igyekszik tudatosan táplálkozni és kifejezetten kerülnek a mesterséges, illetve mesterségesnek tűnő szerekkel kezelt zöldségeket, élelmiszereket.

Etiópiában egy vizsgálatot végeztek azzal a céllal, hogy alternatív lehetőségeket találjanak a burgonyagumó tárolás közbeni csírázásának szabályozására. A *Croton macrostachyus* L. (kroton), az *Eucalyptus globulus* L. (eukaliptusz), az *Allium sativum* L. (fokhagyma), a *Cymbopogon citratus* L. (citromfű), a *Cymbopogon martini* L. (pálmarózsa), a *Rosmarinus officinalis* L. (rozsmaring) és a *Thymus schimperi* L. (kakukkfű) illóolajokat két koncentrációban (1 ml/kg burgonya és 2 ml/kg burgonya) és három gyakorisággal alkalmazták.

A citromfűből és a kakukkfűből készült illóolajok használatával érték el a legkisebb százalékos súlyvesztést a kontrol gumókhöz képest, amely a vizsgált Gudene fajtánál 8,07 %, a Jalene burgonyánál 13,34 % volt. Az illóolajokat 24 órán keresztül gőz formájában alkalmazták a fa kezelődobozon belül, úgy, hogy ne érintkezzenek a gumókkal. Mindkét fajta esetében a burgonyagumók súlyának csökkenését nézve, a 2 ml illóolaj alkalmazásával érték el a legjobb eredményt (8. táblázat). Jalene fajta esetében a legalacsonyabb súlycsökkenést a pálmarózsa, eukaliptusz és a kroton illóolajokkal érték el. A Gudene fajtánál a legalacsonyabb súlyvesztést az eukaliptuszból készített olajjal érték el (Belay et al., 2022).

8. táblázat Súlyvesztés %-os aránya, 2 ml olajat használva mindkét fajta esetében (forrás: Belay et al. 2022)

Source of Essential oils	Gudene				Jalene			
	Weeks during storage							
	4	8	12	16	4	8	12	16
Croton	2.37	5.34	8.51	11.50	9.63	19.66	22.78	27.78
Eucalyptus	2.11	3.79	5.66	8.57	2.90	8.80	14.35	20.54
Garlic	2.07	3.82	5.76	8.77	5.75	22.72	30.44	37.49
Lemongrass	1.98	3.62	5.52	8.07	3.44	6.12	10.46	15.65
Palmarosa	2.35	4.26	6.32	9.40	3.95	7.89	12.34	17.94
Rosemary	2.57	4.54	6.69	9.97	3.63	15.07	18.79	23.07
Thymus	2.14	3.79	5.47	8.95	2.68	5.42	8.92	13.34
Control	2.07	3.68	5.68	9.12	3.15	6.52	10.39	15.67
Mean (SE)	2.21	4.11	6.20	9.29	4.39	11.53	16.06	21.44
	0.07	0.21	0.36	0.37	0.82	2.38	2.64	2.82

The values in bold showed the lowest weight loss (%) found per potato variety.

A csírák száma és hossza nem változott. A Gudene fajtájú, a palmaróza és a kakukkfű illóolajjal kezelt burgonyánál alacsonyabb csíraszámot (2,7 csíra/gumó) találtak a kontrol gumóhoz (3 csíra/gumó) képest. A Jalene fajta esetében a fokhagyma és a rozmaring illóolajok alkalmazásával értek el alacsonyabb csíraszámot (5,7 csíra/gumó) a kontrol gumóhoz (8,7 csíra/gumó) képest. A Gudene és Jalene kontrolgumók leghosszabb csírának mérete 11,7 és 20 mm (9. táblázat). Mindkét fajta esetében az eukaliptusz olajjal és a rozmaring olajjal kezelt burgonyagumókon találták a leghosszabb és a legrövidebb csírát (Belay et al. 2022).

9. táblázat A tárolás alatt növekedett leghosszabb csíra mm-ben (forrás: Belay et al., 2022)

Table 3. Number of sprouts and length of the longest sprout per potato tuber during storage.

Source of Essential oils (2 ml)	Gudene				Jalene			
	Sprout numbers		Length of longest sprout (mm)		Sprout numbers		Length of longest sprout (mm)	
	Weeks during storage							
	16	24	28	30	16	24	28	30
Croton	3.7	8.0	12.3	12.3	6.0	13.3	19.0	21.0
Eucalyptus	3.0	6.7	10.3	14.0	7.3	10.5	20.0	22.0
Garlic	3.7	9.3	12.0	13.7	5.7	15.0	19.3	21.0
Lemongrass	5.3	7.0	10.7	11.0	7.3	11.0	17.0	19.0
Palmarosa	2.7	8.7	12.7	13.0	7.0	12.0	19.0	21.0
Rosemary	4.7	6.0	6.7	10.0	5.7	10.7	16.0	17.0
Thymus	2.7	5.0	10.3	10.3	6.7	10.3	18.0	20.0
Control	3.0	5.7	11.7	11.7	8.7	9.7	16.7	20.0
Mean (SE)	3.6 (0.34)	7.1 (0.53)	10.8 (0.67)	12.0 (0.53)	6.8 (0.36)	11.6 (0.63)	18.1 (0.50)	20.1 (0.55)

The values in bold showed the maximum values for the specified variable.

Összességében a vizsgálat során használt illóolajok ígéretes alternatívának bizonyultak a burgonyagumók tárolása alatti csírázása szabályozására.

Az eukaliptusból, citromfűből és a rozmaringból készített illóolajok csírázást eredményeztek, amíg a fokhagymából, kakukkfűből és a palmarózsából készített olajok gátolták a csírázást a burgonya tárolási ideje alatt. A jelenlegi eredmények azt mutatják, hogy lehetséges

alternatívaként számolhatunk az illóolajok csírázás ellen történő alkalmazásával. További tanulmányokban azonban meg kell vizsgálni, hogy az illóolajok milyen hatással vannak a burgonya főzés, vagy sütés utáni ízére, minőségére. Etiópiában számos növény áll rendelkezésre az illóolajok készítésére, így érdemes tanulmányozni azoknak a fajoknak a felhasználhatóságát a csírázás elleni védekezésben (Belay et al., 2022).

Az illóolajok burgonya csírázására gyakorolt hatását már többen vizsgálták, köztük Shukla et al. (2019), Mani et al. (2014) és Biruk et al. (2015), de további vizsgálatok is folynak az illóolajok e célból való alkalmazására.

3.4 Hidegkárosodás jelensége

Egyetemi tanulmányaim során már megismerkedtem röviden a hidegkárosodás, angolul a „chilling injury” fogalmával. Ahogy más zöldségeknél, úgy a burgonya esetében a hosszú ideig hideg (az ún. alsó hőmérsékleti küszöbérték alatt) történő tárolás befolyásolja a gumók eltarthatóságát és egyben posztharvest minőségét. Hidegkárosodás jeleként szemmel látható a félbevágott burgonyánál a belső szövetek mahagóni barnás elszíneződését (34. ábra). A hosszabb ideig tartó alacsony hőmérsékleten történő hűtve tárolás véglegesen megváltoztatja a burgonya ízét, amely maradandóan édes lesz. Ennek kiváltó oka, hogy az amiláz nevezetű enzim működése lassul, vagy le is áll, így felgyülemlik a glükóz a gumókban, amely negatívan befolyásolja a burgonya sütési és főzési tulajdonságait.

33. ábra Az étkezési burgonya hidegkárosodásának tünetei (belső barnulás és üregesedés)

(Forrás: Postharvest Research and Extension Center; Marita Cantwell, UC Davis 2024)



A burgonya rendkívül érzékeny a kritikus, de nem fagyási hőmérséklethez közeli hideg hőmérsékletek okozta hidegkárosodásra. Ennek megelőzése érdekében kerülni kell, hogy a

burgonyát 1,5-2 hétig tartósan alacsony hőmérsékletű, azaz 3-4 °C-os hőmérsékleten tároljuk (Zsom és Hitka, 2018: 17-18).

Más megállapítás szerint a 0-2 °C közötti tárolás növeli a hidegkárosodás esélyét. A károsodás tünetei csak néhány nap, magasabb hőmérsékleten történő tárolás után jelentkeznek (Chourasia és Goswami, 2001).

University of Minnesota által közölt cikkben, táblázatos formában a náluk megtermelhető zöldségek és gyümölcsök postharvest tárolására hívták fel a figyelmet. A burgonya esetében azt ajánlották, hogy 4,4-10 °C-on tárolva, 95 %-os relatív páratartalom mellett, fajtától függően legfeljebb 12 hónapig eltarthatóak a gumók (Tong et al., 2024).

3.4.1 A burgonya hidegkárosodásának csökkentése időszakos melegítéssel

Egy vizsgálat során (Hurschka et al., 1969) kétfajta (Katahdin és Kennebec) burgonyagumót 85-95 %-os relatív páratartalom mellett 19-20 héten keresztül, különböző ideig 0 °C-os vagy 15,5 °C-os tárolóban tároltak. A burgonyagumók egy csoportja 19 hétig folyamatosan 0°C hőmérsékleten voltak a tárolás korai időszakában, ennek következtében megjelentek a gumókon a hidegkárosodás tünetei, az idő előrehaladtával egyre súlyosbb mértékben. A korai tünetek közé tartozott a barnulás és a penész megjelenése a burgonyagumók felületén. 11 hetes tárolás után, nappali fényben már látszódtak a tünetek, amelyek többek között a fekete középső rész (black heart), mahagóni barnulás (mahogani browning) és az üreges középső rész (hollow heart) voltak (Hurschka et al., 1969). Néhány károsodás azután vált láthatóvá, hogy a gumókat 1 héten keresztül 15,5 °C-on tárolták. A 0 °C-on történő tárolás következtében a gumókban nagy mennyiségű redukálócukor halmozódott fel, valamint az összes cukor mennyisége is jelentősen megnövekedett. A termelt CO₂ mennyiségéből következtetve a légzésintenzitás is jelentősen megnőtt a 15,5 °C-os tárolás során.

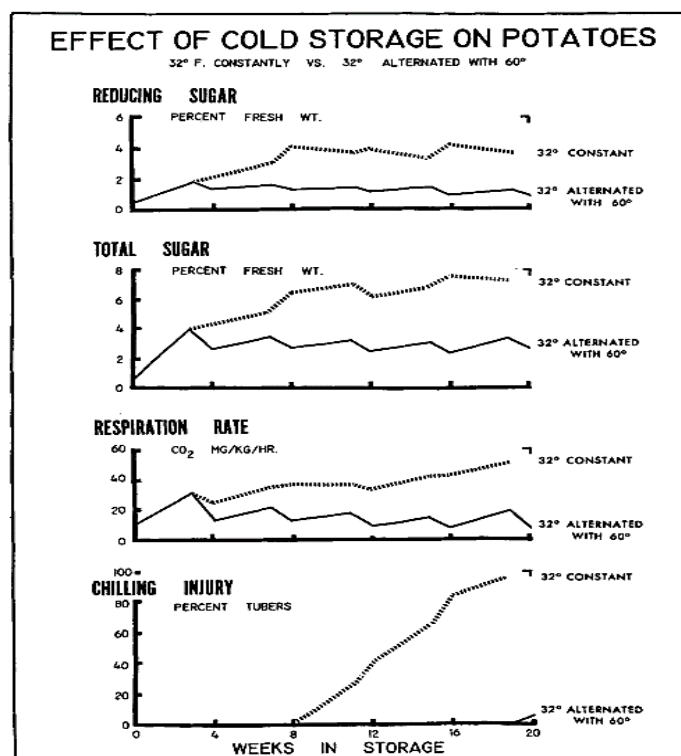
A szerzők (Hurschka, Smith és Baker) tapasztalatai alapján, ha a burgonyát a tárolás 3. hete után 1 hétre a 15,5 °C-os térbe helyezték a 0 °C-ról, akkor megszűntek a hidegkárosodás tünetei, kivéve a gumók héjának a barnulását és a felületi penészesedést, amelyek esetében jelentős csökkenés mondható el. Az időszakosan alacsony és magas hőmérsékleten tartott gumók cukortartalma és légzésének sebessége magasabb volt az alacsony hőmérsékleten töltött idő után és alacsonyabb volt a 15,5 °C-os közegben eltöltött idő után, valamint sokkal alacsonyabb szinten maradt, mint a folyamatosan 0 °C; 2,2 °C és 4,4 °C-os körülmények között

tárolt burgonyák esetében. A cukortartalom minden kezelés esetében a chipsgyártási célra tárolt típusú burgonya esetében volt a legmagasabb.

Ha a burgonyát 1-4 hétig 15,5 °C-on tárolták, mielőtt 0 °C-ra helyezték volna, azt figyelték meg, hogy csökkent a héjpenészesedés és a felületi barnulás mértéke, viszont a hidegkárosodás további jelei szintén megfigyelhetőek voltak. A cukorfelhalmozódás és megnövekedett légzésintenzitás ebben az esetben is jelentkezett, amit a 15. hét után egészen a 19 hétig mértek (Hurschka et al, 1969).

A következő ábrán (34. ábra) a 19 hét alatt folyamatosan 0 °C-on tárolt és a 20 héten keresztül öt 4 hetes ciklusban (3 hét 0 °C és 1 hét 15,5 °C) tárolt burgonya redukáló- és összes cukortartalmát, légzésintenzitását és a hidegkárosodását láthatjuk. Azt első ránézésre látszik, hogy 0 és 15,5 °C-on tartott gumókhöz képest a redukáló- és összes cukor mennyisége jelentős, akár több mint kétszeresére emelkedett a tárolási idő alatt folyamatosan 0 °C-on tárolt burgonyákban a kialakult hidegkárosodás hatására.

34. ábra Redukáló- és összes cukortartalom, légzési sebesség és hidegkárosodás a burgonyagumókon (Forrás: Hurschka et al., 1969)



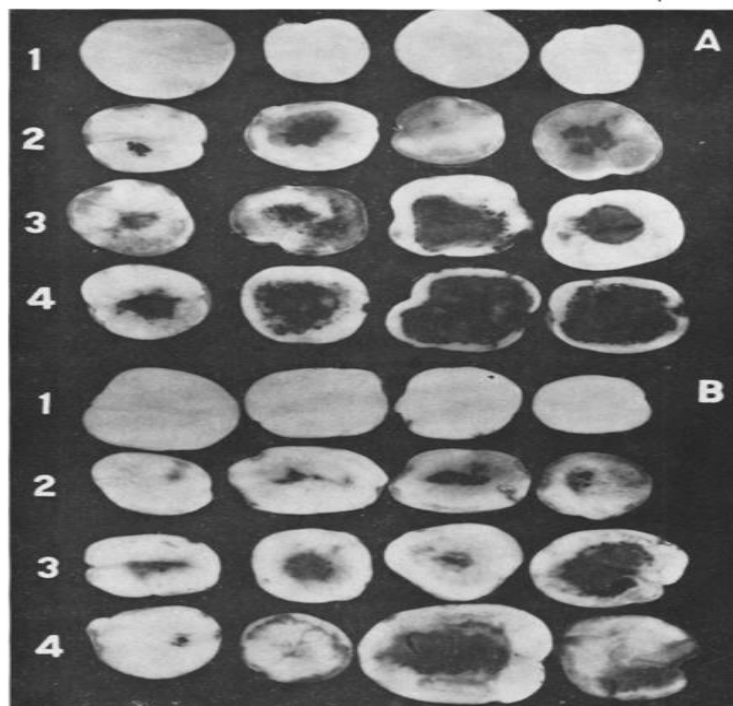
A 3 hétig 0 °C-on és 1 hétig 15,5 °C-on tárolt burgonyagumók redukáló- és összes cukortartalmát nézve megállapították, hogy 0 °C-on történő tárolásnál magasabbak voltak ezek a jellemzők, míg a 15,5 °C-on történő tárolásnál pedig alacsonyabb értékeket

tapasztaltak. Ezeket a változásokat legjobban az összes cukortartalomnál figyelték meg, de összességében a légzésnél is helytálló az előbb ismertetett összefüggés, azaz alacsonyabb hőmérsékleten tárolva megnövekedett a légzés intenzitása (Hurschka et al, 1969).

A tárolási hőmérsékletek manipulálásával lassítani vagy gyorsítani tudták a burgonyagumók fiziológiai aktivitását. A folyamatosan 0 °C-on tárolt gumóknál hidegkárosodást, cukorfelhalmozódást és fokozott légzést figyeltek meg. Ha burgonyát egy ideig alacsony, majd magasabb hőmérsékleten tárolták, akkor ezeket a károkat bizonyos mértékben csökkentették. Következtetésük szerint a nagy mértékű hidegkárosodást, cukor felhalmozódását, légzésintenzitás növekedését a tartósan alacsony hőmérsékleten történő tárolás okozza (Hurschka et al, 1969).

A 35. ábrán jól látható, hogy mindkét fajtájú burgonyánál, szabad szemmel jól látható károkat okozott a nem megfelelő hőmérsékleten történő tárolás.

35. ábra A Katahdin (A) és a Kennebec (B) burgonyák belső, napfényben szemmel látható hidegkárosodása, a tárolási idő letelte után utolsó héten, a többi 15 héten keresztül (Forrás: Hurschka et al., 1969).



Az 1. számú gumók 0 °C-on voltak tárolva és minden negyedik héten 15,5 °C-on, a 2. számú gumók 19 héten keresztül 0 °C-on, majd a 20. héten 15,5°C-on voltak tárolva, a 3. számú gumók első héten 15,5 °C-on, majd a további 19 héten 0 °C-on voltak tárolva, a 4. számú

gumók 15,5 °C voltak tárolva az első négy és az utolsó héten, a többi 15 héten keresztül 0 °C-on tárolták őket (Hurschka et al, 1969).

A hidegkárosodás mértékét figyelve 2. és 3. esetben a két fajta jobban elkülönül egymástól, mint az 1. és 4. esetben. A Kennebec gumókban a fekete elszíneződött szövetek szétszóródva jelentek meg és fekete szívűnek néztek ki (black heart). A Katahdinnál az elszíneződés először szürkés, később sötétvöröstől barnáig terjedt és tipikus mahagóni barnulásnak (mahogany browning) mondható.

Ahogy megfigyelhetjük azok a burgonyák belső részén látszik legjobban az elszíneződés, amelyek nagyobb hőmérsékletingadozásnak voltak kitéve a tárolás időtartama alatt (Hurschka et al, 1969).

4. Összefoglalás

Munkám során törekedtem arra, hogy az étkezési burgonyával kapcsolatban, a manapság leginkább kutatott, további érdeklődésre számító területekkel foglalkozzak.

Ismertetésre kerül, hogy milyen folyamatok vezetnek a burgonya akrilamid tartalmának kialakulásához. Az utóbbi pár évtizedben igen népszerű terület volt, valamint számos vizsgálat bizonyította, ennek a vegyületnek az egészségügyi kockázatait, így jogszabály is született ezzel kapcsolatban. Ez többek között azt is tartalmazza, hogy milyen laboratóriumi vizsgálatokat kell elvégezni egy burgonyás termékeket gyártó üzemnek az akrilamidra vonatkozóan. Érintettem azt is, hogy egyes élelmiszerekkel mennyi akrilamidot vihetünk be a szervezetünkbe, fényképen láthatjuk a magas akrilamidot tartalmazó sült burgonya készterméket. Konkrét vállalati példán szemléltetve olvashatjuk, hogy mit tesz egy cég annak érdekében, hogy az általa gyártott gyorsfagyasztott (mirelit) sültkrumpli minél kevesebb akrilamidot tartalmazzon.

A szó esett a szolanin elnevezésű mérgező vegyületről (glikoalkaloid), amely a burgonyán kívül más zöldségekben is (pl. zöldérett paradicsomban) megtalálható. Kísérletek során megállapították, hogy a tárolás során fény hatására nő a burgonya szolanin szintje. Konkrét példán keresztül ismertettem, hogy sötétben is növekedhet a burgonya szolanin tartalma. Intézményünkben is végeztek roncsolásmentes vizsgálatot, amelyben a klorofill mennyiségének növekedése utalt a szolanin későbbi megjelenésére. Az optimális tárolási körülmények szigorú alkalmazása, valamint többek között a fajtaválasztás is sokat segíthet ennek a toxikus anyag mennyiségének csökkentésében, mind a tárolás, mind pedig a kiskereskedelmi értékesítés során.

A csírázás leginkább a burgonya betakarítása után, a tárolás során jellemző nem kívánatos jelenség, amelynek következtében a burgonya veszít a súlyából (t.i. víztartalmából), így könnyen fonnyadásnak is indul. Csírázás során megnövekedik a redukáló cukrok mennyisége, ennek következtében a burgonya édes lesz. A csírázás gátlására számos vegyi és nem vegyi módszer létezik. A vegyi módszerek közül érintettük a nem olyan régen betiltott klorprofámot, a nem vegyi módszerek esetében az illóolajok hatásosságát mutattam be egy konkrét kísérlet eredményeinek ismertetésén keresztül.

Örök postharvest problémaként igen kis részben, de foglalkoztam a hidegkárosodás témakörével is. Túlzott alacsony hőmérséklet következtében a burgonya belső része barnássá válik, valamint nő a légzés intenzitása és a redukáló cukrok mennyisége, amely mind az ipari,

mind a végfogyasztói felhasználását befolyásolja ennek az érdekes és értékes kertészeti terményünknek.

Ebben a szakirodalmi háttérrel foglalkozó szakdolgozatban még rengeteg érdekes tématerülettel lett volna lehetőségem foglalkozni, azonban a dolgozat terjedelmére vonatkozó szabályok alkotta keretet nem léphettem túl.

5. Irodalomjegyzék

1. 34/2016. (V.4.) FM rendelet 1. melléklet: Az étkezési burgonyára vonatkozó minőségi követelmények 6.2. Forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600034.fm>
Letöltés dátuma: 2024.03.02.
2. 49/2014. (IV. 29.) VM rendelet Forrás:
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1400049.VM&goto=-1> Letöltés dátuma:
2024.03.15.
3. Alozie, S. O., Sharma, R. P., Salunkhe, D. K., (1979). Physiological disposition, subcellular distribution and tissue binding of alpha-chaconine. In: *Kuiper-Goodman T., Nawrot P. S., Solanin and Chaconine* Forrás:
<https://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je19.htm> Letöltés: 2024.03.23.
4. Andó, P.: Burgonyafélék A vendéglátásban alkalmazott növényi eredetű nyersanyagok fajtái p24 Forrás:
https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetencia_k_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/18_1464_002_101030.pdf
Letöltés dátuma: 2024.03.16.
5. Anon (1984). Solanin food poisoning associated with a school lunch program – Alberta. In: *Kuiper-Goodman T., Nawrot P. S., Solanin and Chaconine* Forrás:
<https://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je19.htm> Letöltés: 2024.03.23.
6. Belay, D. W., Asfaw Z, Lulekal E., Kassa B., Kifele H. (2022): Effects of essential oils on potato tuber sprouting at room temperature storage in Ethiopia Forrás:
<https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2822%2900378-4> Letöltés dátuma: 2024.04.14.
7. Biruk-Masrie Z. Nigussie-Dechassa R., Alemayehu Y., Abebie B., Tana T., (2015): Influence of Treatment of Seed Potato Tubers with Plant Crude Essential Oil Extras on Performance of the Crop. In: *African Crop Science Journal* 15 (3) Forrás:
<https://www.ajol.info/index.php/acsi/article/view/121506> Letöltés: 2024. 04. 23.
8. Blenkinsop, R. W., Copp, L. J., Yada, R. Y., & Marangoni, A. G. (2002). Effect of chlorpropham (CIPC) on carbohydrate metabolism of potato tubers during storage. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p350 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.

9. Bodnár J. (1915): Az amiláz- és cukortartalom közötti összefüggésről nyugvó burgonyagumóban. *Különlenyomat a „Kísérletügyi Közlemények”, 15(18), 1-8* Forrás: <https://dea.lib.unideb.hu/server/api/core/bitstreams/f1b0b054-a139-49da-820f-ca6ec5414986/content> Letöltés dátuma:2024. 04.07.
10. Booth H. R., Shaw R. L. (1981). Principles of Potato Storage In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
11. Bozváriné Juhász Zs. (2014): *Genetikailag módosított burgonyavonalak metabolit analízise és szárazságtűrő képességének vizsgálata* Doktori értekezés Gögöllő Növénytudományi Doktori Iskola. Forrás: https://real-phd.mtak.hu/1186/1/Bozvarine_Juhasz_Zsofia_PhD_DOI.pdf Letöltés dátuma: 2023.12.09.
12. Brook, R. C.- Fick, R. J.- Forbush, T. D. (1995): Potato storage design and management In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p353 Letöltés dátuma: 2024. 04. 05.
13. Buitelaar N. (1987). Sprout inhibition in ware potato storage. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347, 348, 349, 350 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
14. Burton W. G. (1968). The effect of oxygen concentration upon sprout growth ont he potato tuber. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
15. Burton W. G., (1958). The effect of the concentrations of carbon dioxide and oxygen in the storage atmosphere upon the sprouting of potatoes at 10°C In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
16. Burton, W. G (1978). The physics and physiology of storage. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
17. Burton, W.G. (1978): The physiks and physihologi of storage In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p352 Letöltés dátuma: 2024. 04. 05.

18. Cantwell, M. (1996) A Review of Important Facts about Potato Glycoalkaloids.
Perishables Handling Newsletter, 96(87), 26-27 Forrás:
<https://www.healthyliving.gr/wp-content/uploads/2018/01/A-Review-of-Important-Facts-about-Potato-Glycoalkaloids.pdf> Letöltés dátuma: 2024.03.12.
19. Cantwell, M., (2009). Postharvest Handling Roots, Tubers, Bulbs Forrás:
<http://postharvest.ucdavis.edu> Letöltés dátuma: 2022.10.27.
20. Chourasia M. K., Goswami T.K. (2009): Storage Preparations and Conditions. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p. 354 Letöltés dátuma: 2024. 04. 05.
21. Dale M. F. B., Griffiths D. W., Bain H., Goodman B. A. (1997). The Effect of Gamma Irradiation on Glycoalkaloid and Chlorophyll Synthesis in Seven Potato Cultivars. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p349 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
22. Dale, M. F. B.-Mackay, G. R (1994): Inheritance of table and processing duality In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p352 Letöltés dátuma: 2024. 04. 05.
23. Daniels-Lake B. J., Barnes J., (2007). Current Methods and Recent Trends In Potato Sprout Control Around the World. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p349 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
24. Daniels-Lake, B. J., Prange, R. K., Kalt, W., & Walsh, J. R. (2007). Methods to minimize the Effect of ethylene sprout inhibitor on potato fry color. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p351 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
25. Drexler C., Baxter C. L., Ensore S. I., Hartman E. R. (2012): Prioritizing Historical Archeological Sites at Fort Leonard Wood, Pulaski County, Missouri Forrás:
https://www.researchgate.net/publication/277808732_Prioritizing_Historical_Archaeological_Sites_at_Fort_Leonard_Wood_Pulaski_County_Missouri Letöltés dátuma: 2024.03.10.
26. FAO (2008): *International Year of the potato 2008* Forrás: [I0500 E COP CON FORATURA \(fao.org\)](https://www.fao.org) Letöltés dátuma: 2023.12.01.
27. FAO (2008): Potatoes Nutrition and diet, *International Year of the potato 2008* Forrás: [I0500 E COP CON FORATURA \(fao.org\)](https://www.fao.org) Letöltés dátuma: 2023.12.01.

28. Foot, R. J., Haase, N. U., Grob, K., & Gonde^ı, P. (2007): Acrylamide in fried and roasted potato products. A review on progress in mitigation. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p353 Letöltés dátuma: 2024. 04. 05.
29. Fórián Z., (2015): *Van sokkal olcsóbb!-Egyre kevésbé szeretjük ezt a köretet* Forrás: <https://www.agrarszektor.hu/noveny/20150501/van-sokkal-olcsobb-egyre-kevesbe-szeretjuk-ezt-a-koretet-4850> Letöltés dátuma: 2024.03.11.
30. Foukaraki S. G., Cools K., Terry L. A. (2015): Differential effect of ethylene supplementation and inhibition on abscisic acid metabolism of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 16(1), 87-94 Forrás: [Differential effect of ethylene supplementation and inhibition on abscisic acid metabolism of potato \(Solanum tuberosum L.\) tubers during storage - ScienceDirect](#) Letöltés dátuma: 2024. 04. 15.
31. Gubb I. és Moorby J., (1995). The effects of controlled atmosphere storage on the sprouting of potato tubers. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p348 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
32. H.W. Hurschka H.W., W. L. Smith, J. F. Baker (1969) Reducing chilling injury os potatoes by intermittent warming *American Journal of Potato Research* 13 (5) pp. 38-53 Letöltés dátuma: 2024. 04. 24. DOI: [10.1007/BF02868692](https://doi.org/10.1007/BF02868692)
33. Hartmans K. J. (1993). Influence of low oxygen conditions on dormancy and sprout growth of six seed potato cultivars. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p348 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
34. Henneberg, W., Zeitschr. f. Spiritusind. (1912.) In: Bodnár J. (1915): Az amiláz- és cukortartalom közötti összefüggésről nyugvó burgonyagumóban. *Különlenyomat a „Kísérletügyi Kölemények”, 15(18)* p1
35. Kameyama K. és Ito H., (2000). Twenty-six years experience of commercialization on potato irradiation at Shihoro. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p349 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
36. Kleinkopf G. E., Oberg N. A., Olsen N. L. (2003). Sprout inhibition in storage: current status, new chemistries and natural compounds. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances*

- in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347, 348, 349, 350
Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
37. Mani F., Bettaieb T., Doudech N., Hannachi C. (2014): Physiological mechanisms for potato dormancy release and sprouting: A review In: *American Crop Science Journal* 14 (2) p155-174 Forrás: <https://www.ajol.info/index.php/acsi/article/view/104945>
Letöltés: 2024. 04. 23.
 38. Miklós D. (2002): Zöldségfélék tárolása. In: *Négy évszak a háztájiban* Dunaszerdahely: Nap Kiadó, 2002. Forrás: <http://vmek.niif.hu/03900/03935/03935.pdf> Letöltés: 2024. 03. 19.
 39. Müller-Thurgau, H., Landwirtsch. Jahrb. 11. (1882.) In: Bodnár J. (1915): Az amiláz- és cukortartalom közötti összefüggésről nyugvó burgonyagumóban. *Különlenyomat a „Kísérletügyi Közlemények”, 15(18) p4*
 40. Nagy Z. R. (2004): Nyári ízek télire Forrás: https://ezermester.hu/cikk-1046/Nyari_izek_telire Letöltés dátuma: 2024.03.02.
 41. Novy, R. G., Whitworth, J. L., Stark, J. C., Love, S. L., Corsini, D. L., Pavek, J. J., Vales, M. I., James, S. R., Hane, D. C., Shock, C. C., Charlton, B. A., Brown, C. R., Knowles, N. R., Pavek, M. J., Brandt, T. L., & Olsen, N. (2008). Premier Russet: A dual-purpose, potato cultivar with significant resistance to low temperature sweetening during long-term storage In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition.p353 Letöltés dátuma: 2024. 04. 05.
 42. Olsen N., Thornton R. E., Baritelle A., Hyde G. (2003/4). The influence of storage conditions on physical and physiological characteristics of Shepody potatoes. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p348 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
 43. Rastovski A. (1987). Storagelosses In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347, 349 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
 44. Rylski I., Rappaport L., Pratt H. K. (1973) Dual effects of Ethylene on Potato Dormancy and Sprout Growth. *Plant Physiology*, 74(4), 658-662. Forrás: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC541416/> Letöltés: dátuma: 2024. 04. 12.

45. Schouten S. P., (1994). Increased CO₂ concentration in the store is disadvantageous for the quality of culinary potatoes. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p348 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
46. Shukla S., Pandey S. S., Chandra M., Pandey A., Bharti N., Barnawal D., Chanotiya C. S., Tandon S., Darokar M. P., Kalra A., (2019): Application of essential oils as a natural and alternate method for inhibiting and inducing the sprouting of potato tubers. In: *Food Chemistry* 19 p171-179 Forrás: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619301475> Letöltés: 2024.04.23.
47. Singh J., Kaur L. (2009): Sprouting In: *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347-351. Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
48. Sowokinos, J. R. (1978): Relationship of harvest sucrose content to processing maturity and storage life of potatoes In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p352 Letöltés dátuma: 2024. 04. 05.
49. Thompson A. K. (1998). Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p348 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
50. Tong C., N. Hoidal, A. Hultberg, A. Klodd (2024) *Postharvest handling of fruit and vegetable crops in Minnesota*, University of Minnesota Extension honlapja. Letöltés dátuma: 2024. 04. 24. Forrás: <https://extension.umn.edu/commercial-fruit-growing-guides/postharvest-handling-fruit-and-vegetable-crops-minnesota> UC Davis, <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/potato-early-crop> Letöltés dátuma 2024. 04. 25.
51. Van Es A., Hartmans K. J. (1987). Dormancy, sprouting and sprout inhibition In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p347, 349 Letöltés dátuma: 2024. 04.05.
52. Van Es. A., és Hartmans, K. J. (1987): Starch and sugars during tuberization, storage and sprouting. In: J. Singh., L. Kaur. (szerk.) *Advances in Potato Chemistry and Technology* Elsevier Inc First Edition. p352 Letöltés dátuma: 2024. 04. 05.
53. Velasco-Chong, J. R., Herrera-Calderón, O., Rojas-Armas, J. P., Hanari-Quispe, R. D., Figueroa-Salvador, L., Pena-Rojas, G., Andía-Ayme, V., Yuli-Posadas, R. Á., Yepes-Perez,

- A. F., Aguilar, C., (2020). Tocosho Flour (*Solanum tuberosum* L.): A Toxicological Assessment of Traditional Peruvian Fermented Potatoes Forrás: In: *Kuiper-Goodman T., Nawrot P. S., Solanin and Chaconine* Forrás: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/6/719#B32-foods-09-00719> Letöltés: 2024.03.23.
54. Yamaguchi, M., (1983): White or Irish potato. *World vegetables* USA: AVI kiadó p118
55. Zsom T., Hitka G. (2018): Az étkezési burgonya posztharvest jelentősége, áruvá készítése. *Értékálló Aranykorona: Országos Mezőgazdasági Szaklap*, 18(7), 17-18.
56. Zsom-Muha, V., Nguyen, L. L. P., Baranyai, L., Hitka, G., Horváth-Mezőfi, Zs., Szabó, G., Zsom, T. (2021). *An attempt to the nondestructive investigation of photo-induced potato postharvest quality degradation – Preliminary results* Budapest p1-11 Forrás: <https://real.mtak.hu/134084/1/17870321-ProgressinAgriculturalEngineeringSciencesAnattempttothenondestructiveinvestigationofphoto-inducedpotatopostharvestqualitydegradationPreliminaryresults.pdf> Letöltés dátuma: 2024.03.10.

Internetes források:

- http01: *How Potato Grows*, CIP International Potato Center, Forrás: <https://cipotato.org/potato/how-potato-grows/> Letöltés dátuma: 2024.03.27.
- http02: *A burgonyafajták konyhai felhasználási lehetőségei különös tekintettel a hazai nemesítésű fajtákra* Országos Burgonya Szövetség és TermékTanács Forrás: https://www.obtt.hu/sites/default/files/uploads/70_fajtak12_1.pdf Letöltés dátuma: 2024.02.25.
- http03: FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations honlapja Forrás: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> Letöltés dátuma: 2024.03.11.
- http04: FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations honlapja Forrás: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/potato/en/> Letöltés dátuma:2024.03.20.
- http05: Agrárágazat (2014): Kinek a feladata, felelőssége költsége a post harvest? Forrás: <https://agraragazat.hu/hir/kinek-a-feladata-felelossege-koltsege-a-postharvest/> Letöltés dátuma: 2024.03.06.

- http06: N.m. (2019) Verem, pince, prizma, kamara Forrás: <https://nyugdijban.sk/2019/08/23/verem-pince-prizma-kamara/> Letöltés dátuma: 2024.03.24.
- http07: <https://portal.nebih.gov.hu/-/akrilamid-elelmiszerekben> Letöltés dátuma: 2024. 04. 07.
- http08: https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/acrylamide_en.png Letöltés dátuma: 2024. 04. 07.
- http09: https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/323140/out131_en.pdf/21a4e17d-47ac-4b36-a6d7-d7ccaab535bd Letöltés dátuma: 2024. 04. 10.
- http10: https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/323140/jecfa64_summary.pdf/e25d288c-eb19-4ba4-a19d-d7dd00c12ce2 Letöltés dátuma: 2024. 04. 07.
- http11: IRÁNYMUTATÁS AZ ÉLELMISZEREK AKRILAMID-TARTALMÁNAK CSÖKKENTÉSÉVEL KAPCSOLATOS KOCKÁZATCSÖKKENTŐ INTÉZKEDÉSEK ÉS REFERENCIASZINTEK MEGÁLLAPÍTÁSÁRÓL SZÓLÓ, 2017. NOVEMBER 20-I (EU) 2017/2158 BIZOTTSÁGI RENDELET VÉGREHAJTÁSÁHOZ https://food.ec.europa.eu/document/download/ce8f5354-24f0-49c4-b136-f651e1440ef2_hu?filename=cs_contaminants_catalogue_acrylamide_guidance-doc_hu.pdf Letöltés dátuma: 2024. 04. 07.
- http12: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d4f039d5-4b8a-11e3-ae03-01aa75ed71a1/language-en> Letöltés dátuma: 2024. 04. 07.
- http13: <https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/323140/frenchfries-HU-final.pdf/e9a12cda-a2d0-4166-b2ed-9e3f318da05d> Letöltés dátuma: 2024. 04. 07.
- http14: <https://www.farmfrites.com/hu-hu/hirek/akrilamid/> Letöltés dátuma: 2024. 04. 07.
- http15: Nébih Veszélyzóna-szolanin Forrás: <https://portal.nebih.gov.hu/l/veszelyzona/1075661> Letöltés: 2024.03.20.
- http16: N.m. (2018) Természetes eredetű élelmiszer-összetevők toxikus hatásai. *Magyar Állatorvosok lapja*, 18(4), 244-245 Forrás: https://realj.mtak.hu/20208/4/mal_2018_140_4.pdf Letöltés dátuma: 2024.03.28.

http17: A burgonya (2017) Forrás:
http://www.elelmiszerteszt.hu/index.php?id=aktualitasok_informaciok&t=informaciok&n_r=110&tema=a_burgonya Letöltés dátuma: 2024.03.11.

http18: Forrás: <https://www.hogyan-kell.com/articles/szolanin-hogy-mennyi-belole-a-burgonya-mergezes.html> Letöltés dátuma: 2024.03.21.

http19:

Forrás:<https://www.istockphoto.com/hu/fot%C3%B3/cs%C3%ADr%C3%A1z%C3%B3-burgonyadarabok-amelyek-k%C3%A9szen-%C3%A1lnak-a-n%C3%B6v%C3%A9nyre-feh%C3%A9rre-izol%C3%A1lva-gm922949600-253363491> Letöltés dátuma: 2024. 04. 21.

http20 Vegetable Growers News (2019). Forrás:
<https://vegetablegrowersnews.com/news/european-union-official-bans-chlorpropham-cipc/> Letöltés dátuma:2024. 04. 19.

6. Ábra és táblázatjegyzék

6.1 Ábrajegyzék

1. ábra Burgonya (<i>Solanum tuberosum</i> L.) (forrás: http1 , 2024).....	4
2. ábra Burgonya vetési területének változása 1921 és 2014 között (forrás: Fórián, 2015)	6
3. ábra Burgonya hozamok változása 1921 és 2014 között (Fórián, 2015).....	6
4. ábra Burgonya ára és termelése közötti összefüggés 2003 és 2014 között (Fórián, 2015)	6
5. ábra Magyarország és az EU burgonya termelése 2003 és 2013 között (forrás: Fórián, 2015).....	7
6. ábra Magyarországon burgonya termelésre használt terület és a betakarított burgonya mennyiségének összehasonlítása 1961 és 2021 között. (forrás: FAOSTAT, http 3 . 2024).....	8
7. ábra A 10 legnagyobb mennyiségben termelt élelmiszer 1961-ben.....	8
8. ábra A 10 legnagyobb mennyiségben termelt élelmiszer 2021-ben (forrás: FAOSTAT, http3 , 2024.)	9
9. ábra Burgonyatermelés eloszlása a kontinensek között 2007-ben (forrás: FAO, 2008.)	10
10. ábra Európa legnagyobb burgonyatermesztői 2007-ben (forrás: FAO, 2008).....	10
11. ábra Burgonyafogyasztás eloszlása a kontinensek között 2005-ben (forrás: FAO, 2008)	10
12. ábra Héjában főtt burgonya tartalma hámozás előtt (forrás: FAO, 2008)	11
13. ábra Verem (forrás: Nagy, 2004).....	13
14. ábra Pince (forrás: Drexler, 2012)	13
15. ábra Prizma (forrás: http6 , 2019)	14
16. ábra Maillard-reakció az akrilamidra vonatkozóan (EFSA, 2014. http8)	15
17. ábra 2013/647/EU rendeletbe foglalt akrilamid indikatív értékek a burgonya tartalmú élelmiszerekre vonatkozóan (European Comission, 2013. http12)	19
18. ábra 2014-es tájékoztató alapján az akrilamid szint csökkentésre adott javaslatok a fogyasztók számára (EFSA, 2014. http8)	20
19. ábra FDE Útmutató a sült burgonyatermékek és a hasábburgonya akrilamid tartalmának csökkentéséhez (FDE, http13)	21
20. ábra Hasábburgonya késztermék színéhez kapcsolódó akrilamid tartalom (2017/2158 EU rendelet, http11)	22
21. ábra Tápanyagtartalom változása 5 és 10oC-on történő tárolás során (Yamaguchi, 1983)	26
22. ábra Szolanin a burgonya héjában (http17 , 2017) és a csírájában (forrás: http18).....	29
23. ábra Természetes eredetű ártalmas anyagokra vonatkozó határérték (forrás: 49/2014. (IV. 29.) VM rendelet, 3. melléklet.....	29
24. ábra Kísérlet a fény szolaninra gyakorolt hatására (Cantwell, 2009)	32
25. ábra Egész és kettévágott burgonya tárolása 20oC-on sötétben és fényben (Cantwell, 2009)	33
26. ábra Változás a) az akusztikus keménységtényező (S) és b) az ütészvizsgálati keménységtényező (D) esetében a burgonyaminták tárolása során (Zsom et al., 2021)	34
27. ábra Tömegvesztesség (%) változása a burgonyaminták tárolása során (Zsom et al., 2021).....	35
28. ábra DA-index® változása a burgonyaminták esetében a tárolásalatt (Zsom et al., 2021).....	35
29. ábra A maximális klorofill fluoreszcencia érték (F _m) változás a burgonyaminták tárolása során a) Walz Monitoring-PAM és b) PSI Open FluorCam készülékkel mérve (Zsom et al., 2021).....	36
30. ábra A PSI Open FluorCam készülékkel mért minimális klorofill fluoreszcencia értékek (F ₀) képei a tárolás kezdetén és a tárolás végén (Zsom et al., 2021).	36
31. ábra Fény és hőmérséklet hatása a burgonyaszemek szolanintartalmára (forrás: Cantwell, 2009)	37
32. ábra Csízázó burgonya felezve (forrás: http19).....	38
33. ábra Az étkezési burgonya hidegkárosodásának tünetei (belső barnulás és üregesedés) (Forrás: Postharvest Research and Extension Center; Marita Cantwell, UC Davis 2024)	48

34. ábra Redukáló- és összes cukortartalom, légzési sebesség és hidegkárosodás a burgonyagumókon (Forrás: Hurschka et al., 1969)	50
35. ábra A Katahdin (A) és a Kennebec (B) burgonyák belső, napfényben szemmel látható hidegkárosodása, a tárolási idő letelte után utolsó héten, a többi 15 héten keresztül (Forrás: Hurschka et al., 1969).....	51

6.2. Táblázatjegyzék

1. táblázat Burgonya fajtái és főzési típusok (forrás:OBTTI, http2, 2024)	4
2. táblázat A White Rose burgonya tápanyagtartalma (forrás: Yamaguchi, 1983).....	11
3. táblázat Akrilamid szintek különböző élelmiszerekben és élelmiszercsoportokban, amelyek az Egyesült Királyságból, Norvégiából, Svájcól és az Amerikai Egyesült Államokból származnak (WHO 2002, továbbiak l. a jegyzetben) (forrás: http9)	18
4. táblázat A vizsgált gumók amiláz, redukáló, nem redukáló és összes cukortartalma (Bodnár J. 1915).....	24
5. táblázat Tárolási teszt eredményei a gumók amiláz aktivitására és az összes cukortartalomára vonatkozóan (Bodnár J. 1915).....	26
6. táblázat Különböző koncentrációjú etilén hatása a Russet Burbank burgonyagumók csírázására (forrás:Rylski et al., 1973.).....	45
7. táblázat A különböző koncentrációjú etilénkezelés hatása és időtartama a Russet Burbank burgonya csíráinak növekedésére (forrás: Rylski et al., 1973.).....	46
8. táblázat Súlyvesztés %-os aránya, 2 ml olajat használva mindkét fajta esetében (forrás: Belay et al. 2022).....	47
9. táblázat A tárolás alatt növekedett leghosszabb csíra mm-ben (forrás: Belay et al., 2022).....	47

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. mellélete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szűcsy Nóra
A Hallgató Neptun kódja: U14A7
A dolgozat címe: Élelési biztonság posthumet időszak alatt minőségváltása, táplálék tekintettel az életkori változásokra, az elhízásra, kiuntaklására
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Élelészertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Árskovics, Kamradec, Előadások és Élelészervi Minőség Társaság

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest év 2024. 04. hó 29. nap

Szűcsy Nóra
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat
III. Hallgatói Követelményrendszer
III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat
6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója
4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Somogyi Nóra (név) (hallgató Neptun azonosítója: U114A7)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekinttem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: BUDAPEST év 2024. 04. hó 29. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.