

E

16/10

Különlenyomat a «Kísérletügyi Közlemények» XVIII. (1915.) 4. füzetéből.

Az amiláz- és cukortartalom közötti összefüggésről nyugvó burgonyagumóban.

Irta: Bodnár János dr.

A nyugvó burgonyagumóban található összes cukor a burgonya legfőbb alkatrészből, a keményítőből keletkezik. A keményítőből az amiláz hatására végeredményben keletkező maltózt a maltáz — amely enzimnek a burgonyagumóban való előfordulása jelen esetben állapítatott meg először — átalakítja glukózzá s a keletkezett glukóz egy része a lélegző enzimek (zimáz, karboxiláz, oxidáz) hatására elhasználódik a lélegzési folyamat fentartására, egy másik részéből pedig atómáthelyeződéssel fruktóz keletkezik, amely fruktóz a még változatlan glukózzal — eddig közelebből nem ismert enzim hatására — nádcukorra kondenzálódik. A szerint, hogy a sejtekben az ozmosis nyomás növekedése avagy csökkenése válik szükségessé, a nádcukor invertálódik illetve visszaalakul keményítővé.

Végeredményben láthatjuk, hogy az enzimek egész sora szabályozza a nyugvó burgonyagumó cukortartalmát.

W. Henneberg² vizsgálatai alapján a burgonya cukortartalma s az eltarthatóság között olyan összefüggés van, hogy a cukorban szegényebb burgonyafajták sokkal nagyobb ellentálló képességet tanúsítanak a rothadási baktériumokkal szemben, mint a cukorban aránylag gazdagabb fajták, tehát a magasabb cukortartalom mintegy diszponálná a burgonyagumót a rothadási folyamat megindulására. Ezek alapján gyakorlati szempontból is igen fontos kérdés a burgonyagumó cukortartalmának beható ismerete.

Jelen dolgozat feladata annak kikutása, hogy a nyugvó burgonyagumó cukortartalma s az azt szabályozó enzimek valamelyike között

¹ E dolgozat jelentékenyebb része még az állomás előbbi tartózkodási helyén — Magyaróvárott — készült.

² W. Henneberg, Zeitschr. f. Spiritusind. (1912.) Ergänzungsheft II. 15. Különlenyomat.

vajjon nem állapítható-e meg olyan összefüggés, hogy az illető enzim koncentrációjából következtetni lehetne a nyugvó burgonyagumóban keletkező cukor mennyiségére s ebből aztán a burgonya eltarthatóságára. A «keletkező» cukormennyiségben benne foglaltatnék a lélegzési folyamat fentartására elhasznált cukor is, mert hiszen az eltarthatóság szempontjából az is fontos, hogy a keményítőtől — a cukor közvetítésével — mennyi megy veszendőbe a gumók lélegzése folytán.

Lássuk legelső sorban, hogy a nyugvó burgonyagumó cukortartalma összefüggésbe hozható-e a gumóban jelenlevő amiláz aktivitásával.

Az alábbi táblázat kilenc nyugvó burgonyagumó amiláz koncentrációját, továbbá redukáló, nem-redukáló és összes cukortartalmát tünteti fel. A redukáló cukrot mint glükózt, a nem-redukálót pedig mint nádcukrot számítottam, valamennyi táblázatban szereplő cukormennyiségek szárazanyagra vonatkoznak.

I. sz. táblázat.

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

E táblázat adataiból a következők olvashatók ki:

A nyugvó burgonyagumó redukáló cukortartalma s a jelenlevő amiláz aktivitása között nincs szabályszerű összefüggés, a redukáló mennyisége nem növekszik az amiláz aktivitásával, a nagyobb amiláz koncentrációval nem mindig jár együtt a magasabb redukáló cukortartalom. Inkább felfedezhető valamelyes összefüggés a cukortartalom s az amiláz aktivitása között a nem-redukáló s az összes cukornál.

Ha az I. táblázatban közölt sorozatból a 2., 7. és 8. számú eseteket kikapcsoljuk,

II. sz. táblázat.

Sorszám	A burgonya fajtája	A származás helye	Az amiláz aktív-tása D_{24}^{40}	A burgonyagumó cukortartalma	
				Nem-redukáló cukor %	Összes cukor %
1	Wohltmann	Magyaróvár... ..	1·4	2·36	3·61
2	Silesia	«	3·0	3·18	4·86
3	Up to date	«	3·8	3·82	6·53
4	Max Eyth	«	3·85	4·60	6·44
5	Magnum Bonum	Gidrafa	4·85	5·15	7·37
6	« «	Poroszka... ..	5·9	5·86	7·92

láthatjuk, hogy a nem-redukáló és az összes cukor mennyisége arányosan növekszik az amiláz koncentrációjával.

Kérdés, hogy mi módon magyarázhatók meg a 2., 7., 8. szám alatti kivételes esetek, mi lehet az oka annak, hogy e gumók cukortartalma nincs arányban az amiláz koncentrációjával.

Felvehető, hogy e kivételes esetekben a cukor gyorsabban alakul vissza keményítővé, mint a hasonló aktivitású amilázzal, de magasabb cukortartalommal bíró gumóknál. E feltevésnél azonban sokkal valószínűbb s közelfekőbb volt az a gondolat, hogy kérdéses gumók intenzívebben lélegzenek, mint a hasonló aktivitású amilázt tartalmazó de cukorban gazdagabb gumók. Erősebben lélegző gumóknál a glukózból több használdik el lélegzéshez, tehát kevesebb marad vissza illetve alakul át nádcukorra s így végeredményben az intenzívebben lélegző gumók — szemben a gyengébben lélegző, de hasonló aktivitású amilázt tartalmazó gumókkal — kevesebb összes cukrot tartalmaznak.

Állításom helyességének bebizonyítására meghatároztam az 1., 2., 6., 7., 8. és 9. sz. esetekben a gumók kilehelte CO_2 mennyiségét. (Lásd a következő oldalon levő III. számú táblázatot.)

E táblázat adataiból könnyen kiolvasható, hogy egymáshoz igen közeleső aktivitású amilázzal bíró burgonyagumók közül viszonylag azok termeltek több szén-savat, amelyek kevesebb cukrot tartalmaztak.¹

¹ Ez az észlelet természetesen nem zárja ki *W. Henneberg* (l. c.) ama megfigyelésének a helyességét, hogy elvermelt burgonyánál a cukorban gazdagabb gumók sok szén-savat tartalmazó máglyában fordulnak elő és megfordítva. Ugyancsak más elbírálás alá tartoznak azok az esetek is (l. következő jegyzet), midőn

III. sz. táblázat.

Sorszám	A burgonya fajtája	A származás helye	1 kg. gumóból 36 óra alatt 20°C-on keletkezett CO ₂ g.	Az amiláz aktivitása D ₄₀₀ ^{24h}	Összes cukor %
1	Wohltmann	Magyaróvár... ..	0·341	1·4	3·61
2	„	Parisháza	0·395	1·6	2·79
3	Magnum bonum	Gidrafa	0·318	4·85	7·37
4	Up to date	Poroszka... ..	0·492	4·9	3·02
5	Fürst Bismarck	Magyaróvár... ..	0·446	5·7	3·16
6	Magnum bonum	Poroszka... ..	0·382	5·9	7·92

Mindezekből következik, hogy a gyakorlatra nézve nagyon is érdemes nagyban végezni oly irányú kísérleteket, hogy a nyugvó burgonyagumó amiláz tartalmának ismeretéből, mily mértékben lehet következtetni a burgonya eltarthatóságára, mert a magas aktivitású amiláz tartalmú burgonyagumó vagy sok cukrot tartalmaz vagy intenzívebben lélegzik, már pedig minél több cukrot tartalmaz a burgonya, annál kevésbé áll ellen a rothadásnak, az intenzívebb lélegzés pedig a keményítőtartalom nagyobb mértékben való apadását vonja maga után.

* * *

Már régóta ismeretes, hogy hosszabb ideig alacsony — 0° körüli — hőmérséklet hatásának kitett, keményítőt tartalmazó nyugvó földalatti szervek (gumó, rizoma) megédesednek. E jelenséget legelőször *H. Müller-Thurgau*¹ a burgonyagumókon tanulmányozta behatóbban és sikerült is neki a cukor képződésének helyes alapokon nyugvó magyarázata. *H. Müller-Thurgau* mindenekelőtt kimutatta, hogy a cukor keletkezése a gumók megfagyása következtében beálló patológiai jelenséggel — amint azt régebben hitték — nincs semmiféle összefüggésben; megfagyott burgonya nem lesz édes s csakis olyan alacsony hőfokon eltartott burgonyában keletkezik cukor, amely nem fagyott meg. Annál több cukor keletkezett a burgonyagumóban, minél hosszabb ideig állott alacsony hőmérsékleten. A cukorképződés maximumát *H. Müller-Thurgau* szárazanyagra vonatkoztatva 12%-nak találta. Ha a megédesedett burgonyagumót közönséges hőmérsékletre

alacsony hőmérsékleten eltartott s megédesedett, tehát sok cukrot tartalmazó burgonyagumók kezdetben jóval intenzívebben lélegzenek, mint amikor rendes körülmények között voltak.

¹ *H. Müller-Thurgau*, Landwirtsch. Jahrb. 11. (1882.) 751.; 14. (1885.) 851., 909.

hozzuk, a cukor eltűnését észlelhetjük, amely jelenség két okra vezethető vissza: a cukor egyrészt a gumók lélegzése következtében használdik el, másrészt pedig visszaalakul keményítővé. Alacsony hőmérsékleten eltartott burgonyagumó megédesedése a jóval kisebb intenzitással végbemenő lélegzési folyamatra vezethető vissza. A keményítőtől az amiláz hatására alacsony hőmérsékleten kevesebb cukor keletkezik ugyan mint közönséges hőmérsékleten, de másrészt a lélegzési folyamatnál a cukornak az elbomlását megindító enzímje a zimázrendszernek is kevesebb cukrot fog elbontani. Közönséges hőmérsékleten e két folyamat úgy halad egymás mellett, hogy a keletkezett cukornak legnagyobb része a lélegzésre használdik el, alacsony hőmérsékleten azonban a cukor elégését megindító enzim tevékenysége sokkal nagyobb mértékben csökken mint az amilázé s így az alacsony hőfokon eltartott burgonyagumóban több cukor keletkezik, mint amennyi elhasználdik, ami aztán végeredményben a felesleges cukor felhalmozódásához, a burgonyagumó megédesedéséhez vezet.

Ha a nyugvó burgonyagumó amiláz és cukortartalma között a tárgyalat összefüggés fennáll, akkor alacsony hőmérsékleten eltartott burgonyagumók közül abban fog a legtöbb cukor keletkezni, amelyik aránylag a legaktívabb amilázt tartalmazza.

E kérdés bebizonyítására az I. táblázatban levő 1. és 6. számú gumókból 2–2 kg.-ot 23 napig jégsekrényben tartottam. A jégsekrényben a hőmérséklet a gumók bentartása alatt 0° és +3° között ingadozott, amely hőmérsékletet a jégnek erős sózása által értem el. A jelzett idő eltelte után a gumók összes cukortartalmát az alábbi táblázatban feltüntetett eredménnyel határoztam meg. Megjegyzem, hogy e vizsgálatokat a többitől eltérőleg (1. Kisérleti részben) június-július hónapokban (1914-ben) végeztem s a táblázatban szereplő amilázértékeket is ekkor újból határoztam meg. Az amiláz aktivitása, viszonyítva az I. táblázatban közölt adatokhoz mindkét esetben nagyobb, ami tekintve az előrehaladott fejlődési időt, érthető is, a különbség azonban a kettő között itt is fennáll.

IV. sz. táblázat.

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

Kísérleti rész.

E vizsgálatokat 1913 december havában végeztem, tehát a burgonyagumók teljesen nyugalmi állapotban voltak.

Az egyes meghatározásokat s a használt eljárásokat illetően röviden a következőket kívánom felemlíteni.

A maltáz kimutatására a fenilhidrazines eljárást¹ használtam. A forró vizes oldatból kiváló glukosazon forgatóképessége piridin + alkoholos [0·2 g. glukosazon, 10 cm³ piridin + alkohol (1:1·5)] oldatban (10 cm. hosszú csőben polarizálva) — 1° volt, tehát a maltáz jelenléte a burgonyagumóban bebizonnyítottnak tekinthető.

A cukor- s amidéntartalom meghatározásához gondosan megtisztított s megelőzőleg 3—4 napig szobahőmérséken tartott 8—10 kg. mennyiségű gumóból minden esetben 1—1 kg. átlagmintát vettem.

Az 1—1 kg. mintában minden egyes gumó felerészét a *Suckov*-féle répaőrölővel finom péppé őröltem, a pépet vászonzacskóba téve a *Buchner*-féle sajtóval — 300 atmoszféra nyomással — kipréseltem, a nyert s aszbeszten keresztülszűrt lében az amidáz aktivitását *J. Wohlgemuth-Doby*-f. módszerrel² — még pedig mindjárt az előállítás után³ — határoztam meg. Eltérőleg az eredeti módszertől *limes*-nek nem azt a kémcsövet vettem, amelyikben még el nem bontott keményítő nyomokban volt jelen (kékesvörös), hanem a sorozatban balról jobb felé haladva (a sorozat legutolsó tagja tartalmazta a legtöbb enzimoldatot) a legutolsó még dextrint tartalmazó (tehát vörös színt mutató) kémcső szolgáltatotta a limest.

A gumók másik felét az őrléssel egyidejűleg vékony szeletekre vágtam s abszolút alkohollal jól megnedvesítve előbb vízfürdőn beszárítottam, majd vízgőzszáritóban történő 48 órai szárítás után finom porrá őröltem s a légszáraz anyagból a cukormeghatározáshoz mindenkor 3 g.-ot mértem le. A cukrot toluolos deszt. vízzel oldottam ki s a 200 cm³-re kiegészített oldat egyik felében a redukáló cukrot, a másik felében pedig sósavval való invertálás után az összes cukrot határoztam meg. A nem-redukáló cukrot a kettő különbségéből számítottam ki.

A gumók kilehelte CO₂ meghatározásánál az 0·5%-os szublimátoldattal sterilizált gumókat (minden esetben 2 kg.-ot) a túloldali ábrán

¹ *C. Neuberg*, Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. 32. (1899.) 3384.

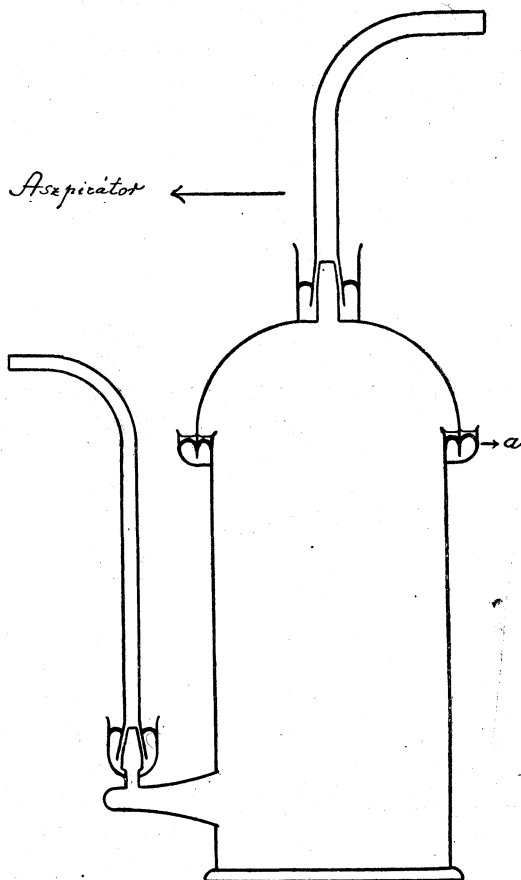
J. Wohlgemuth, Grundriss der Fermentmethoden. (Berlin 1913.) 80.

² *J. Wohlgemuth*, Biochem. Zeitschr. 9. (1905.) 1. — *G. Doby*, Biochem. Zeitschr. 67. (1914.) 166. Különlenyomat és Kísér. Közl. 18. (1915.) 534.

³ *G. Doby*, Biochem. Zeitschr. l. c. — *G. Doby* und *J. Bodnár*, Biochem. Zeitschr. 68. (1915.) 191.

föltüntetett respirációs készülékbe helyeztem, amely készülék fenekét 2 cm. magasságban mogyoró nagyságú kvarc kavicsdarabok fedték. A készülék mindenütt higanyos elzárással volt ellátva s a készülék *a* részében levő higany felszínét, nehogy a gumókkal érintkező levegő higanygőzökkel fertőződjék, vékony víz réteg fedte.

A resp. készüléken keresztül szivattyúzott levegő (óránként 1 liter), mielőtt a készülékbe jutott volna (balról jobb felé haladva), a következő anyagokkal megtöltött szárítótornyokon, illetve mosópalackokon áramlott keresztül; I. toluollal megnedvesített gyapot; II. konc. káliúgoldat; III. darabos nátronmész és rézszulfáttal átitatott habkődarabkák; V. toluolos deszt. víz. Mielőtt a CO_2 -tól mentes levegő a respirációs készülékbe jutott volna, még egy — a deszt. vizes mosópalack s a respirációs készülék közé iktatott — spirális csövön is keresztül áramlott, amely spirális cső a respirációs készülékkel együtt a meghatározás ideje alatt 20 C° -u vízfürdőben állott. E spirális cső arra szolgált, hogy a respirációs készülékbe jutó levegő minden esetben biztosan 20 C° legyen. A készülékből eltávozó CO_2 , miután a nedvességétől két klórkalciumos csövön keresztül áramolva megszabadult, Geissler-Wetzel-féle kálikészülékben gyűjtetett össze.



Összefoglalás.

1. Megállapítottam a maltáz jelenlétét nyugvó burgonyagumóban.
2. Nyugvó burgonyagumóban lévő amiláz aktivitásának növekedésével emelkedik a nem-redukáló s az összes cukortartalom is, kivéve

azokat az eseteket, midőn bizonyos gumók erősebb lélegzés folytán kevesebb cukrot tartalmaznak, mint a hasonló aktivitású amilázzal bíró, de gyengébben lélegző gumók.

3. Az amiláz aktivitásának ismerete a burgonyagumók eltartóságának a szempontjából birhat fontossággal, mert a magas aktivitású amilázzal bíró burgonyagumó vagy sok cukrot tartalmaz, vagy pedig intenzívebben lélegzik, már pedig *W. Henneberg* vizsgálatai alapján ismeretes, hogy a sok cukrot tartalmazó burgonya könnyen indul rothadásnak, az intenzív lélegzés pedig a keménvítőtartalom rovására történik.

4. Alacsony hőmérsékleten tartott burgonyagumók közül abban keletkezik több cukor, amelyik aktívabb amilázt tartalmaz:

Referat.

Über den Zusammenhang zwischen Amylase- und Zuckergehalt in ruhenden Kartoffelknollen.

Von Dr. J. Bodnár.

Aus der königl. ungar. Versuchsstation für Pflanzenphysiologie und Pflanzenkrankheiten in Budapest.

1. Wurde die Anwesenheit von Maltase in ruhenden Kartoffelknollen festgestellt.

2. Mit der Aktivität der Amylase in ruhenden Kartoffelknollen steigt auch der nicht reduzierende — und der Gesamtzuckergehalt, abgesehen von denjenigen Fällen, bei welchen gewisse Knollen infolge ihrer lebhafteren Atmung weniger Zucker enthalten, als jene schwächer atmenden — jedoch Amylase von ähnlicher Aktivität enthaltenden — Knollen.

3. Die Kenntnis der Aktivität der Amylase in ruhenden Kartoffelknollen kann für die Aufbewahrung der Knollen von Bedeutung sein, da jene Kartoffelknollen, welche Amylase von höherer Aktivität besitzen, entweder viel Zucker aufweisen oder intensiver atmen. Nach *W. Henneberg* wissen wir aber, daß jene Kartoffelknolle, welche viel Zucker enthält, leichter in Fäulnis geht. Die intensiver atmenden wider mehr Stärke verbrauchen.

4. Bei Kartoffelknollen, die auf niederer Temperatur gehalten werden, bildet sich bei jenen mehr Zucker, welche Amylase von höherer Aktivität enthalten.

