

A glikémiás index fogalma és in vitro meghatározási lehetőségei

Gelencsér Tímea és Salgó András

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott
Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék

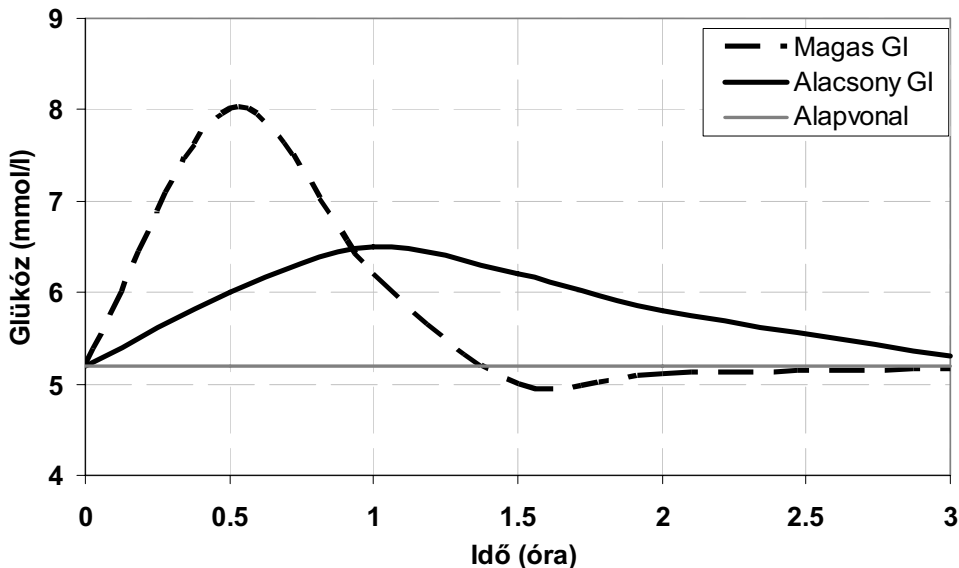
Érkezett: 2009. február 5.

A glikémiás index (GI) definíciója

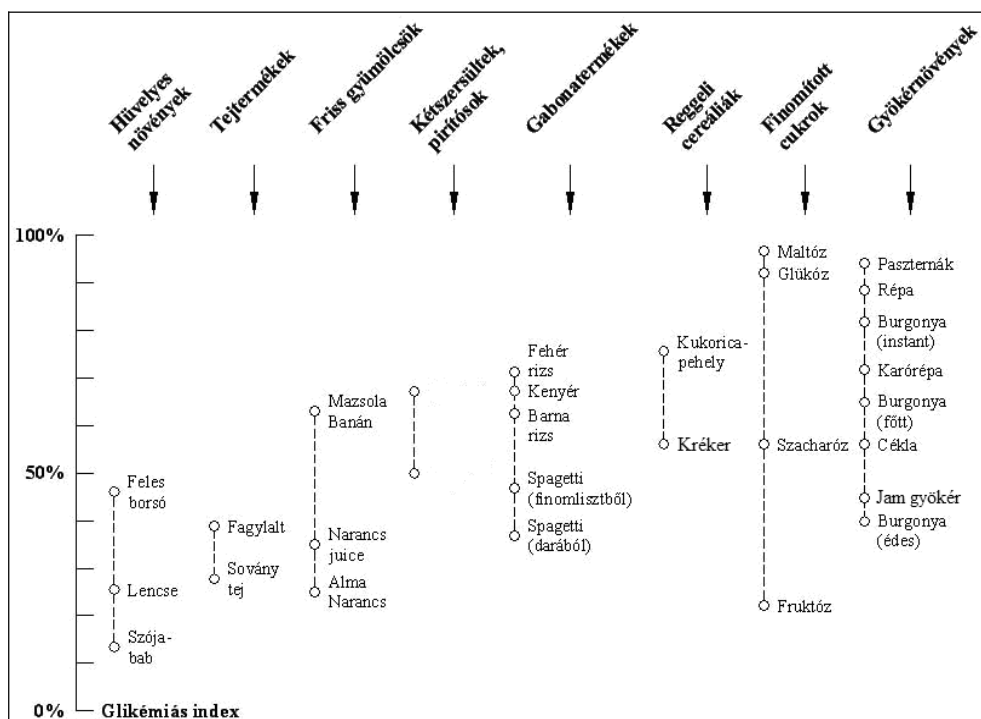
A glikémiás index fogalmát Jenkins vezette be 1981-ben. Célja az volt, hogy az élelmiszereket fizikai tulajdonságaik, illetve kémiai összetételük helyett az emberi szervezetben előidézett biológiai válasz szerint osztályozza. Definíció szerint a GI nem más, mint egy 50 g hozzáférhető szénhidrát tartalmú táplálék vércukorszintre gyakorolt hatásának a mértéke, két órás emésztési periódust figyelembe véve, glükózoldatot, vagy fehér kenyeret referenciaként használva (Roberts, 2000). A GI bevezetésével új táblázatok születtek meg (Jenkins, 1981; Foster-Powell, 1995; Foster-Powell, 2002) elsősorban elhízással, illetve cukorbetegséggel küzdő egyének számára, segítve ezen emberek megfelelő étrendjének kialakítását, és a napi diétájukba beilleszthető termékek kiválasztását (Brand-Miller, 2002).

A szénhidrát tartalmú élelmiszerek GI-ük alapján három csoportba sorolhatók. Magas glikémiás indexszel rendelkeznek azok, amelyek GI értéke 70% fölött van. Közepes GI-ről beszélünk 70% és 50% között, míg 50% alatt a GI alacsonynak tekintendő. Az első ábra egy tipikusan magas, illetve alacsony GI-ű termék glikémiás válaszgörbéit mutatja, míg a 2. ábra néhány alapélelmiszer GI szerinti csoportosítását szemlélteti.

Alacsony GI-ű termékek fogyasztása javasolt elsősorban időskorban, 2-es típusú cukorbetegség esetén, illetve az elhízás valamint vastagbél megbetegedések megelőzése érdekében. A GI szoros összefüggést mutat az egyes termékek szénhidrát-tartalmával, illetve a bennük lévő szénhidrát minőségével. A gyorsan emészthető szénhidrátok (elsősorban gélesedett keményítőt tartalmazó és finomított lisztből készült termékekben fordulnak elő) magas GI-hez vezetnek, míg a nehezen emészthető, illetve rezisztens (emésztőenzimeknek ellenálló) szénhidrátok alacsonyabb GI-hez járulnak hozzá (Morris, 1999; Liljeberg, 1999).



1. ábra: Alacsony és magas glikémiás index



2. ábra: Különböző élelmiszerek glikémiás indexe (Borner, 1997)

A GI in vitro meghatározási módszerei

A GI meghatározása, viszonylag egyszerű definíciója ellenére igen nehézkes, ezért sokfajta tanulmány született in vitro és in vivo mérések kivitelezésére. Az in vivo meghatározás során számos befolyásoló tényezővel kell számolni (vérvétel módja, egyéni metabolizmus, önkéntesek száma, előző napi ételfogyasztás, testmozgás stb.), amelyek a mérés pontosságát és a mért eredmény megbízhatóságát jelentős mértékben rontják. Az in vitro módszerek fejlesztése ezért óriási jelentőséggel bír, hiszen ezek humán kísérletek nélkül, olcsóbban és egyszerűbben kivitelezhetők. Az in vitro módszerek több ponton eltérhetnek egymástól. Különbség lehet elsősorban az alkalmazott emésztőenzimek számában. Számos esetben monoenzimes méréseket végeznek el (csak amilolitikus enzim, elsősorban alfa-amiláz), de elterjedtek multienzimes módszerek is (proteolitikus és amilolitikus enzimek együttes alkalmazása). Másrésztől eltérés lehetséges az alkalmazott mintaelőkészítési lépésekben (rágással, őrléssel, darálással homogenizált) és az inkubálási körülményekben is. Ezek a dialízis elvén működő, illetve teszt-csőveket használó eljárások (Goñi, 1997; Germaine, 2008). Mindezeket és az emberi emésztőrendszer komplexitását figyelembe véve nehéz olyan módszert fejleszteni, ami a humán tesztek teljes mértékben helyettesíteni képes, de sok esetben a laborkísérletek jó korrelációt mutatnak ez elvégzett in vivo mérésekkel (Holm, 1992; Goñi, 1997; Germaine, 2008).

Az egyik elterjedten használt módszert Goñi és mts-ai dolgozták ki 1997-ben. Fő lépései a következők:

1. Proteolitikus emésztés pepszinnel (fehérje-keményítő kölcsönhatások megszüntetése): 50 mg mintát homogenizálnak, majd 10 ml HCl-KCl puffert (pH=1,5) adnak hozzá. Ezt követően 0,2 ml HCl-KCl pufferben oldott pepszint (10mg/l) pipettáznak hozzá (2000 U/g). Az inkubálás 40 °C-on 1 órán keresztül zajlik rázó vízfürdőben.
2. A következő lépésben az elegyet 25 ml-re egészítik ki 0,1 M-os trisz-maleát pufferrel (pH=6,9), majd 5 ml 2,6 U-os alfa-amiláz oldatot adnak hozzá. A mintát ezt követően 37 °C-on inkubálják 3 órán keresztül rázó vízfürdőben, 0, 30, 60, 90, 120 és 180 perces mintavételezésekkel. A mintavétel 1 ml minta elvételét jelenti az adott időpontokban. A kivett mintákat ezt követően forrásban lévő

vízbe helyezik és 5 percen keresztül rázatják, az alfa-amiláz enzim inaktiválását célozva.

3. A harmadik lépés az amiloglikozidáz enzimmel történő hidrolízis. Az egyes időpontokhoz tartozó mintákhoz 3 ml 0,4 M-os Na-acetát puffert adnak (pH=4,75), majd 60 ml amiloglikozidáz oldatot (Boehringer, 102857) pipettáznak hozzájuk, és 45 percen keresztül 60 °C-on rázató vízfürdőben inkubálják.
4. Negyedik lépésben a keletkezett glükóz meghatározása zajlik, glükóz-oxidáz-peroxidáz (GOD-POD) enzimrendszer segítségével (Boehringer, 676543), a keletkezett színes terméket fotométerrel detektálva (510 nm).

Az eljárás eredményeként adódó glükóz felszabadulási görbék elsőrendű exponenciális összefüggéssel jól leírhatók:

$$Y = Y_{\max} * (1 - e^{-kt}) \quad (1)$$

ahol

Y	az adott időpontban mért glükóz koncentráció (mg/g minta)
Y_{\max}	a végső, egyensúlyi glükóz koncentráció (mg/g minta)
k	elsőrendű sebességi állandó (1/perc)
t	idő (perc)

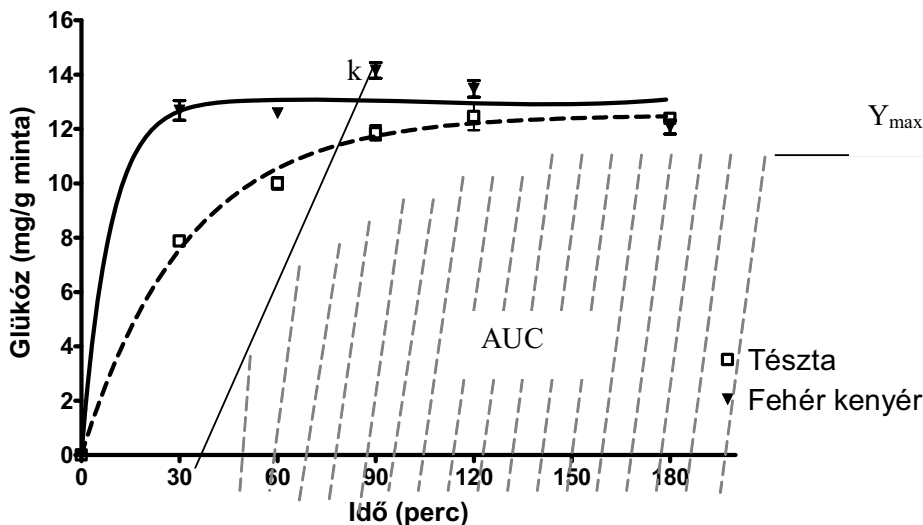
Az Y_{\max} és k értéke mintára jellemző, és szoros összefüggésben áll a mintában jelenlévő szénhidrátok mennyiségével és hozzáférhetőségével. A kinetikai görbék kiértékelésekor 3. paraméterként a görbe alatti terület (AUC=area under curve) is számítható, aminek segítségével az in vitro GI becsülhető. A kinetikai görbét és annak paramétereit szemlélteti, a jól emészthető fehér kenyér és a lassabban emészthető teszta hidrolízisét bemutató, a 3. ábra.

A GI becslésekor mindig szükséges valamilyen referencia élelmiszer mérése. Ez lehet folyékony glükózoldat, illetve fehér kenyér. Az in vitro GI mérésénél csak a fehér kenyér jöhet szóba. A GI kiszámítása a referencia termék görbe alatti területének ismeretében többféleképpen lehetséges.

Definíció szerint a GI a teszt termék és a referencia termék görbe alatti területének hányadosaként számítható (2)

$$GI(\%) = \frac{AUC_{\text{teszt_élelmiszer}}}{AUC_{\text{referencia_kenyér}}} \times 100 \quad (2)$$

ahol AUC_{teszt_élelmiszer} a mérendő termék görbe alatti területe, AUC_{referencia_kenyér} pedig a referenciaként használt fehér kenyér görbe alatti területe.



3. ábra: A kinetikai görbék szemléltetése (Gelencsér, 2009)

In vitro módszerek esetén azonban elterjedtebb a következő képlet (Goñi, 1997; Germaine, 2008):

$$HI(\%) = \frac{AUC_{\text{teszt_élelmiszer}}}{AUC_{\text{referencia_kenyér}}} \times 100 \quad (3)$$

és

$$GI_{HI}(\%) = 39,71 + (0,549 \times HI) \quad (4)$$

ahol HI a hidrolízis index, GI_{HI} pedig a hidrolízis index segítségével számolt tapasztalati glikémiás index. Az így kapott érték és az in vivo GI közötti korrelációs együttható értéke 0,83 és 0,9 közötti (lineáris regresszióval $p < 0.05$ esetén), ami elfogadhatónak mondható.

Újdonságnak számít az in vitro eljárások sorában a CSIRO (Ausztrália) által 2008-ban elkészített automata glikémiás index mérő berendezés, amely a humán emésztőrendszert modellezve, annak részeit műszerben megvalósítva gyors és hatékony mérést tesz lehetővé. A készülék prototípusa eddigi mérések alapján elfogadható korrelációt (pontos érték nem ismert) mutat az elvégzett humán kísérletekkel. A műszernek elsősorban azon országokban lehet jelentősége, amelyek

rendelettel szabályozzák, hogy az élelmiszerek csomagolásán a glikémiás index értékét is fel kell tünteni (pl. Ausztrália) (Food Magazine, 2008).

Trout és mts-ai szerint (1993) a GI nem csak mérésekkel becsülhető, hiszen a felszabaduló cukor mennyiségét elsősorban a termékben jelenlévő szénhidrátok határozzák meg. Ennek megfelelően a szénhidrátok minőségének és mennyiségének ismeretében a GI egyszerűen kiszámítható. Első lépésként a keményítő eredetét (gabona, hüvelyes, gumós forrásból származik-e) kell meghatározni. Ezt követően a termék előállítási lépések tanulmányozása következik (milyen hőkezelési eljárásokat használtak: sütés, főzés, extrudálás stb.) Végül egy hasonlóan előállított, már ismert GI-ű terméket kell keresni, és azt figyelembe venni az új termék GI-nek becslésekor. Ez az eljárás nagyon pontatlan eredményt ad, de bármikor elvégezhető, ami főleg akkor fontos, ha mérések kivitelezésére nincs lehetőség.

Az *in vitro* méréseket összefoglalva elmondható, hogy nincs elfogadott, minden termék esetén jól használható módszer. Az eljárások nem egységesek, a mintaelőkészítéstől az eredmények kiértékeléséig minden lépésük eltérő lehet, de a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően a módszerek megbízhatósága javul, ami a humán kísérletek számának csökkentését teszi lehetővé. Ez azért is fontos, mert a glikémiás index pontosabb, minden új termékre vonatkozó értékének meghatározása iránti igény jelentős mértékben növekszik, ami nagy nyomást jelent a módszerfejlesztők számára. A humán kísérletek kivitelezése nehézkes, lassú és általában drága, ugyanakkor rengeteg befolyásoló tényező szerepet játszik a mérések pontosságát befolyásolva. Az eddig kidolgozott *in vitro* eljárásokat figyelembe véve, és az élelmiszeralitika területén rendelkezésre álló módszerekre, műszerekre alapozva, a közeljövőben várható egy standardizált és nemzetközileg elfogadott eljárás kidolgozása, ami valóban helyettesíteni képes az *in vivo* kísérleteket.

Irodalom

- Bornet, F.R.J., Billaux, M.S. & Messing, B. (1997): Glycaemic index concept and metabolic diseases. *International Journal of Biological Macromolecules*, 21:207-219.
- Brand-Miller, J.C., Holt, S.H.A., Pawlak, D.B. & McMillan, J. (2002): Glycemic index and obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(S):281S-285S.
- Food Magazine (2008, december): CSIRO ready to commercialise new GI technology. <http://www.foodmag.com.au>

- Foster-Powell, K. & Brand-Miller, J.C. (1995): International tables of glycemic index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62:871S-893S.
- Foster-Powell, K., Holt, S.H.A. & Brand-Miller, J.C. (2002): International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76:5-56.
- Gelencsér Tímea (2009): PhD disszertáció. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék
- Germaine, K.A., Samman, S., Fryirs, C.G., Griffiths, P.J., Johnson, S.K. & Quail, K.J. (2008): Comparison of in vitro starch digestibility methods for predicting the glycaemic index of grain foods. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 88:652-658.
- Goñi, I., García-Diz, L., Mañas, E. & Saura-Calixto, F. (1997): A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*, 17(3):427-437.
- Holm, J. & Björck, I. (1992): Bioavailability of starch in various wheat-based bread products: evaluation of metabolic responses in healthy subjects and rate and extent of in vitro starch digestion. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55:420-429.
- Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M.S. & Taylor, R.H. (1981): Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34:362-366.
- Liljeberg, H.G.M., Åkerberg, A.K.E. & Björck, I.M.E. (1999): Effect of the glycemic index and content of indigestible carbohydrates of cereal-based breakfast meals on glucose tolerance at lunch in healthy subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69:647-655.
- Morris, K.L. & Zemel, M.B. (1999): Glycemic index, cardiovascular disease, and obesity. *Nutrition Reviews*, 57(9):273-276.
- Roberts, S.B. (2000): High-glycemic index foods, hunger, and obesity: is there a connection. *Nutrition Reviews*, 58(6):163-169.
- Trout, D.L., Behall, K.M. & Osilesi, O. (1993): Prediction of glycemic index for starchy foods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 58:873-878.

A glikémiás index fogalma és in vitro meghatározási lehetőségei

Összefoglalás

A glikémiás index (GI) bevezetésével lehetőség nyílt az élelmiszerek újfajta csoportosítására, amelynek alapja fizikai tulajdonságaik, illetve kémiai összetételük helyett az emberi szervezetben előidézett biológiai válasz. A GI könnyen definiálható, értelmezhető, meghatározása

azonban számos problémával jár. Becsléséhez gyakran in vivo, humán kísérletekre van szükség, erre azonban sokszor nincs lehetőség, illetve megfelelő apparátus. Az in vitro mérések fejlesztése ezért rendkívüli jelentőséggel bír. Elmondható azonban, hogy az in vitro mérések tekintetében jelenleg nincs általánosan elfogadott, minden termék esetén jól használható módszer. Az eljárások nem egységesek, a minta előkészítéstől az eredmények kiértékeléséig az egyes lépések eltérőek lehetnek. A cél tehát egy olyan standardizált és nemzetközileg elfogadott eljárás kidolgozása, mely helyettesíteni képes az in vivo kísérleteket, ugyanakkor jól alkalmazható a legtöbb élelmiszer esetében. Jelen tanulmányban az in vitro módszerek összefoglalását tűztük ki célul, azok pontos leírását és a közöttük meglévő különbségek feltárását, bemutatását.

Glycaemic Index Definition and Possibilities of its in vitro Determination

Abstract

The introduction of glycaemic index (GI) provides us to range products not only according to their physical and chemical properties but their effects in the human body (biological response). The principle and definition of GI is very simple, nevertheless its prediction gives a big problem to nutritionists and food technologists. In vivo (human) studies are generally used to determine the GI of a novel food, however, the in vivo tests have several disadvantages (human subjects, blood sampling, special safety requirements, higher cost). Therefore the development of in vitro methods plays an extremely important role. The recently used in vitro methods are very various and they can be different on several ways thus the value of the predicted GI is quite diverse. The main goal is to develop a standardized, generally accepted method which can replace the human studies moreover gives reliable results on GI. The aim of this study is to summarize and describe in vitro GI methods focusing on their methodological differences.