

# A glikémiás index in vivo meghatározási lehetőségei

*Gelencsér Tímea és Salgó András*

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

Érkezett: 2009. február 9.

A glikémiás index fogalmát az in vitro meghatározás lehetőségeiről szóló korábbi cikkünkben (ÉVIK 54 (2009) 3, 141-148) ismertettük.

## A GI befolyásoló tényezői

A GI meghatározása egyszerű definíciója ellenére igen bonyolult, hiszen számos olyan tényező létezik, amelyek az értékét befolyásolják, és ezáltal becslését pontatlanná teszik. A legfontosabb faktorok a következők:

1. A mérés kivitelezése: Számos tanulmány foglalkozott a megfelelő GI módszer kidolgozásával. A fő problémát az önkéntesek száma (mennyire reprezentálja a teljes populációt), egészségi állapota, kora és egyedi metabolizmusa okozza. Ezek mellett a vérvétel módja (vénás vagy kapilláris vérből) is jelentős szerepet játszik. Jelentős különbség tapasztalható továbbá az in vitro és in vivo mérések eredményei között is. Az in vitro módszerek az élelmiszerek szénhidrát-tartalmának emésztésén alapulnak, amit alapvetően befolyásol az adott szénhidrát minősége és mennyisége. A módszerek főként az emésztésekhez használt enzimek számában (mono- vagy multienzim), a mintaelőkészítési lépésekben (rágással, őrléssel, darálással homogenizált), valamint az emésztési körülményekben (dialízis elvén működő, illetve teszt-csőket használó eljárások) különböznek (Goñi, 1997; Germaine, 2008). Az elfogadott in vivo módszer ismertetésére a későbbiekben térünk ki.
2. A vérvétel módja: In vivo méréseknél nagy jelentősége van a vérvételnek. Kapilláris vagy vénás vér levételére van mód, de a kapilláris vér glükóz koncentrációjának változása jobb fiziológias indikátornak tekinthető (Foster-Powell et al., 2002).
3. Feldolgozási műveletek: Az élelmiszertechnológiai műveletek mindegyike hatással van az élelmiszerek emészthetőségére, ezáltal a

glikémiás indexre is. A főzés, sütés, extrúzió, illetve más hőkezelési eljárások magas hőmérsékleten és általában nagyobb nyomáson zajlanak, ezáltal hozzájárulnak a keményítők feltáráshoz, gélesedéséhez és jobb támadhatóságot biztosítanak az amilolitikus enzimeknek (Brand et al., 1985, Muir et al., 1995). Ezen felül az egyes gyártók technológiai eljárásai is különbözőek, ami megnehezíti a különböző gyártóktól származó azonos termékek GI-nek meghatározását (Foster-Powell et al., 2002).

4. Egyéni metabolizmus: Minden gasztroinsztentínális és poszt-abszorptív folyamat hatással van a GI-re. Nagy jelentőséggel bír az élelmiszerek részecskemérete, zsírtartalma, rosttartalma, valamint bizonyos peptidek jelenléte, amelyek elsősorban a vérkeringésbe került glükóz eltávolítását befolyásolják. A GI ennek következtében nem követi jól a vékonybélben történő direkt glükózfelszívást (Englyst et al., 2003).
5. Korábbi étkezések: A GI értékét a megelőző étkezéseknél elfogyasztott táplálék is befolyásolja. Egy magas GI-ű vacsora például az elfogyasztott reggeli GI-re, egy alacsony GI-ű reggeli pedig az ebéd során tanúsított glükóz toleranciára fejt ki hatást (Granfeldt et al., 2006; Liljeberg et al., 1999). Bizonyított tény továbbá a fruktóz glükóz felszívásra kifejtett hatása. Magas GI-ű táplálék elfogyasztását megelőző fruktóz bevitel (pl. egy alma elfogyasztása 30-60 perccel a főétkezés előtt) az adott táplálék GI-nek csökkenését okozza (Heacock et al., 2002).

Mindent figyelembe véve egyértelműen kiderül, hogy a GI meghatározása korántsem egyszerű, és komoly előkészítést és kivitelezést igényel. A következőkben az in vivo módszerekre vonatkozó legfontosabb tudnivalókat foglaljuk össze.

## **A GI in vivo meghatározási módszerei**

A GI definíciójának megfelelően in vivo meghatározása vérmintavétel alapján történik. A ma általánosan elfogadott és használt módszert 2005-ben publikálták (Brouns et al., 2005). A módszerre vonatkozó alapelvek és előírások a következők:

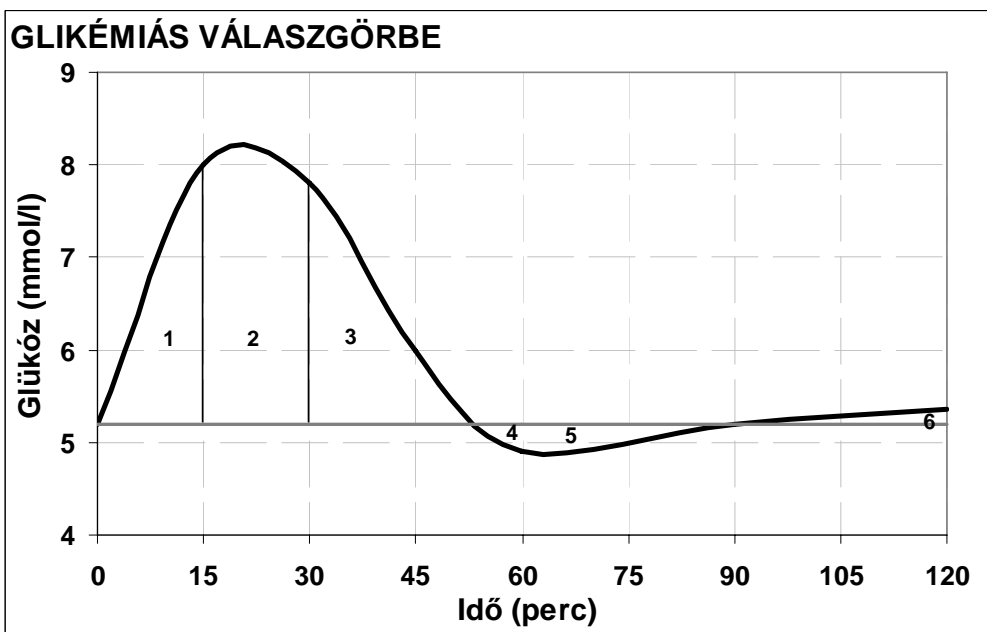
1. Az önkéntesek száma: A kísérletek legkevesebb 10 emberrel kezdhetők el. Több termék közötti különbségek mérésekor az önkéntesek száma tetszőlegesen növelhető, de minden esetben engedélyhez kötött.

2. Az ismétlések száma: A referencia-élelmiszer mérését legalább háromszor el kell végezni, amiből az egyének változékonyságára következtethetünk. A tesztelt élelmiszer mérését nem szükséges ismételni.
3. Az önkéntesek egészségi állapota: Az alanyok tekintetében fontos, hogy egészségesek legyenek, és ne álljanak állandó gyógyszeres kezelés alatt, valamint lehetőleg mellőzzék a dohányzást, illetve az alkohol fogyasztást.
4. A referencia élelmiszer: Általában tiszta glükózoldatot, illetve fehérkenyeret használnak, megkötés ezekre vonatkozóan nincs, de figyelembe kell venni a glükózoldat émelyítő hatását, ami a mérések pontosságát ronthatja.
5. Az élelmiszer mennyisége, fogyasztása, fogyasztási idő: A méréseket reggel célszerű elvégezni (lehetőleg 10 óra előtt), éhgyomorral, 10-14 órával az utolsó étkezést követően. Az élelmiszerek szükséges mennyiségét szénhidrát-tartalmuk határozza meg. Minden esetben 50 g hozzáférhető szénhidrátot tartalmazó mennyiséget kell elfogyasztani. Kivételt képeznek az alacsony szénhidrát tartalmú táplálékok (pl. cékla, sárgarépa), ahol az előírás értelmében extrém nagy mennyiség elfogyasztására lenne szükség; itt 25 g az előírányzott szénhidrát mennyiség. Glükózoldat-referencia esetében 50 g glükózt oldanak fel 250 ml vízben, kenyér-referencia, illetve a tesztelt élelmiszerminta esetében pedig az adott táplálék mellé fogyasztható 250 ml víz. A glükózoldatot 5-10 percen belül, a száraz élelmiszereket 10-20 percen belül kell elfogyasztani.
6. Az önkéntesek előkészítése: Általában nincs szükség speciális előkészítési műveletekre. Célszerű azonban odafigyelni arra, hogy a mérést megelőző estén az önkéntesek mindig ugyanazt és ugyanabban az időben fogyasszák el. A mérések napján az alanyoknak mindig azonos módon kell a mérés helyszínére érkezniük. A méréseket 4 hónapon belül el kell végezni, a referencia-minta mérésével kell kezdeni, és az egyes ismétlések között 6-8 hétnél több nem telhet el.
7. A vérmintavétel: Ez vénás vérből (kanül segítségével), illetve ujjbegy kapillárisból történhet. Figyelembe kell venni az egyes önkéntesek érzékenységét, de egyénenként csak az egyik módszer használható. A mintavételezés a mérések megkezdése előtt, majd 15, 30, 45, 60, 90 és 120 perc után történik.

8. A GI kiszámítása: Az in vivo GI meghatározása az alábbi összefüggés alapján történik:

$$GI(\%) = \frac{incAUC_{teszt\_élelmiszer}}{incAUC_{referencia\_élelmiszer}} \times 100 \quad (1)$$

Ahol  $incAUC_{teszt\_élelmiszer}$  az adott teszt élelmiszer glikémiás válaszgörbe alatti területe, melynek számításakor az alapvonal (a 0. időponthoz tartozó értéke) alatti területeket figyelmen kívül hagyjuk (1. ábra alapján 1+2+3+6 számít, 4+5 elhanyagolandó), míg  $incAUC_{referencia\_élelmiszer}$  a referenciaként használt glükózoldat vagy fehérkenyér glikémiás válaszgörbéje alatti terület szintén elhanyagolva az alapvonal alatti területeket.

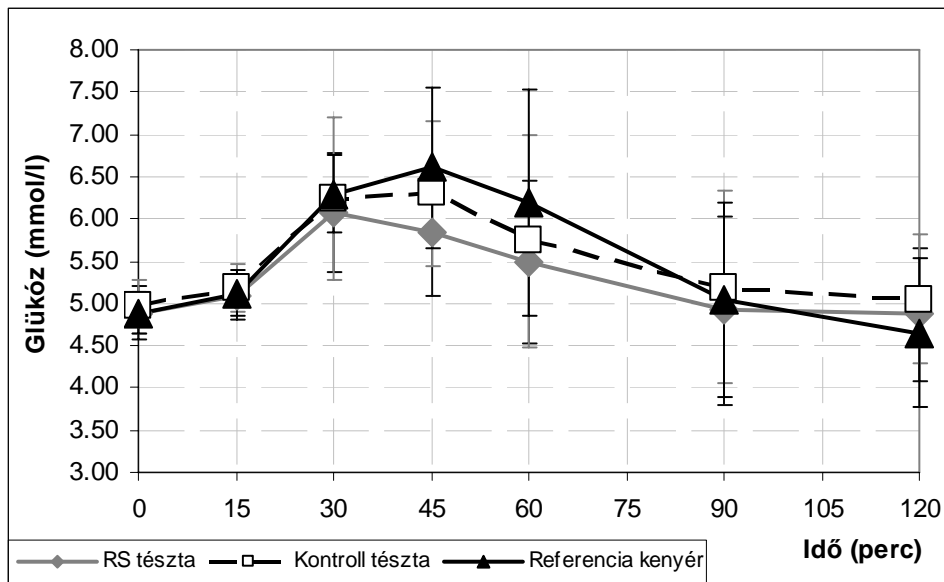


**1. ábra: A GI kiszámítása: a számmal jelölt megfelelő területek integrálja**

A következőkben az általunk elvégzett in vivo GI mérések eredményeit mutatjuk be. A kísérleteket a Universiteit Maastricht (Maastricht, Hollandia) Humán Biológiai Tanszékén végeztük el.

## Tészta termékek GI-nek meghatározása

In vivo GI méréseket két száraztészta esetén végeztünk, fehérkenyeret referenciaként használva. A 10 önkéntessel végrehajtott mérések kivitelezésénél a Brouns et al. (2005) féle módszert vettük alapul. A vizsgált kéttojásos tészták a szénhidráttartalmukban, illetve a szénhidrátok minőségében tértek el. Az egyik esetben a tészta elkészítésénél 20 %-ban rezisztens keményítőt (RS) használtunk liszthelyettesítőként, a kontroll tészta esetén ezt a lépést kihagytuk. A tésztákat a Cerbona Zrt. Kísérleti Üzemében állítottuk elő. A 2. ábra mutatja a mérési eredményeket.



**2. ábra: In vivo GI mérési eredmények: a 10 önkéntes átlagolt glikémiás válaszgörbéi (Gelencsér, 2009)**

A 2. ábrán jól látható, hogy a rezisztens keményítő tartalmú minta glikémiás válaszgörbéje halad legalul, tehát az adott termék a legkisebb GI-szel rendelkezik, míg a kenyér válaszgörbéje halad legfelül, tehát magasabb GI-szel rendelkezik. Az önkéntesek természetes biológiai variabilitásnak köszönhetően a mérési eredmények szórása nagy, ezért az eredmények statisztikailag nem szignifikánsak. Méréseink igazolták a GI-et befolyásoló tényezők (önkéntesek száma és eltérő metabolizmusa, szénhidrát minőségi különbségek) jelentőségét.

Összefoglalva elmondható, hogy egyszerű definíciója ellenére, a számos befolyásoló tényező következtében a GI meghatározása rendkívül nehézkes. Az in vitro mérések nem egységesek, ezért egy adott termék GI-nek értéke széles határok között változhat, az in vivo

mérések pedig rendkívüli körütekintést, speciális körülményeket és önkénteseket igényelnek.

## Felhasznált irodalom

- Brand, J.C., Nicholson, P.L., Thornburn, A.W. & Truswell, A.S. (1985): Food processing and the glycemic index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **42**, 1192-1196.
- 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.
- Brouns, F., Björck, I., Frayn, K.N., Gibbs, A.L., Lang, V., Slama, G. & Wolever, T.M.S. (2005): Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*, **18**, 145-171.
- Englyst, K.N., Vinoy, S., Englyst, H.N. & Lang, V. (2003): Glycaemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose. *British Journal of Nutrition*, **89**, 329-339.
- 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.
- Granfeldt, Y., Wu, X. & Björck, I. (2006): Determination of glycaemic index; some methodological aspects related to the analysis of carbohydrate load and characteristics of the previous evening meal. *European Journal of Clinical Nutrition*, **60**, 104-112.
- Heacock, P.M., Hertzler, S.R. & Wolf, B.W. (2002): Fructose prefeeding reduces the glycemic response to a high-glycemic index, starchy food in humans. *Journal of Nutrition*, **132**, 2601-2604.
- 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.
- Muir, J.G., Birkett, A., Brown, I., Jones, G. & O'Dea, K. (1995): Food processing and maize variety affects amounts of starch escaping digestion in the small intestine. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **61**, 82-89.

## **A glikémiás index in vivo 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, amelyek nehézségeket rejtenek magukban. A mérendő vérglükóz koncentrációját ugyanis számos tényező befolyásolja. Az önkéntesek szempontjából fontos tényezők: a vérvétel módja, az alany egészségi állapota, étkezési szokásai valamint az egyének közötti természetes biológiai variabilitás. Emellett az élelmiszeripar feldolgozó műveleteinek hatásával is számolni kell. Az in vivo GI meghatározását az említett tényezők figyelembe vételével, szigorú szabályokat betartva kell végrehajtani. Jelen dolgozat tárgya az egyes meghatározó faktorok és a nemzetközileg elfogadott in vivo GI módszer leírása.

## **Glycaemic Index Possibilities of its in vivo 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 and difficulties. The measured blood glucose is namely dependent on several factors. The blood sampling, the health state and nutritional habits of subjects as well as the natural variability among volunteers play important role. Moreover also the effects of food processing have to be taken into account. The determination of the in vivo GI thus needs strict regulation and control. The aim of present study is to describe the influencing factors and to demonstrate the standardized and worldwide accepted in vivo GI method.