

Az élelmiszeripari termékek környezeti hatásai és számszerűsítésük nehézségei¹

Erdélyi Éva² – Jakuschné Kocsis Tímea³ – Lovasné Avató Judit⁴

Bevezetés

Az élelmiszeripari termelés környezetterhelő hatása vitathatatlan. A mezőgazdasági termelés és az élelmiszeripar, valamint az élelmiszerek szállítása mind szennyezik környezetünket. A mezőgazdaság jelentős részben hozzájárul az üvegházhatású gázok kibocsátásához, de egyben szén-dioxid-nyelő is, így szerepe ellentmondásos a klímaváltozás szempontjából. Az agrártermékek karbonlábnyoma az egyik megfelelő eszköz az agrártermelés hatékonyságának és fenntarthatóságának mérésére (AL-MANSOUR–JEJCIC 2017). Az élelmiszeripar nagy üvegházgáz-kibocsátása miatt a kutatók figyelmének középpontjába került az élelmiszeripar karbonlábnyoma (ZHOU et al. 2017). A mezőgazdasági termelés a teljes üvegházgáz-kibocsátás 35%-át adja (CASOLANI–PATTARA–LIBERATORE 2016).

A nemzetközi szakirodalomban igen sok tanulmány olvasható a különböző mezőgazdasági és élelmiszeripari termékek termelése, előállítása során kibocsátott üvegházhatású gázok mennyiségének felméréséről, vagy a növényi és állati eredetű termékek előállítása során kibocsátott gázok mennyiségének összehasonlításáról. A klímaváltozás sürgető kérdése és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére irányuló törekvések ráirányították a figyelmet nemcsak a legnagyobb kibocsátószektorok, de az élelmiszeripar hozzájárulására is. A különböző termékek termelése és előállítása során kibocsátott üvegházhatású gázok mennyiségét szén-dioxid-egyenértékben összesítve adhatjuk meg. Ez a termék karbonlábnyoma.

1. Kutatások az élelmiszer-termelés környezeti hatásairól

Buratti és munkatársai (2017) olaszországi példán vizsgálták a hagyományos és az organikus marhahústermelési rendszerek karbonlábnyomát. Az organikus termelési eljárásban

¹ A kutatás a BGE KVIK Fenntartható Vendéglátás Kutató Központ támogatásával valósult meg.

² Egyetemi docens, Budapesti Gazdasági Egyetem, Kereskedelmi Vendéglátóipari és Idegenforgalmi Kar, Módszertani Intézeti Tanszéki Osztály, BGE Fenntartható Vendéglátás Kutató Központ.

³ A kapcsolattartó szerző e-mail-címe: JakuschnéKocsis.Timea@uni-bge.hu

⁴ Adjunktus, Budapesti Gazdasági Egyetem, Kereskedelmi Vendéglátóipari és Idegenforgalmi Kar, Üzleti Elemzés Módszertan Tanszék.



1 kg élőtömeg előállításának karbonlábnyoma 24,62 kgCO₂e, míg a hagyományos (területileg jellemző extenzív tartásmód) technológiában előállított 1 kg élőtömegé 18,21 kgCO₂e. A karbonlábnyom számítása során a kibocsátott üvegházhatású gázok 50-54%-át az emésztőrendszeri fermentációból származó metán adta. Xu és Lan (2016) Kínában végzett kutatásaik eredményei alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az állati eredetű élelmiszerek előállítása nagyobb karbonlábnyommal bír, mint a növényi eredetű élelmiszereké. A marha- és bárányhús előállítása magasabb karbonlábnyommal jár, mint más élelmiszereké, és a legalacsonyabb karbonlábnyomot a retektermesztés mutatja. A növényi élelmiszerek előállítása esetén a karbonlábnyom nagy része a szántóföldi termelésből származott. A karbonlábnyom összetétele az állati eredetű élelmiszerek esetében eltérő volt.

Az organikus úton előállított (bio) élelmiszereket gyakran tartják környezetkímélőbb termékeknek, mint a hagyományos úton előállított termékeket, és például Németországban nagyon fontos és igen gyorsan bővül a bio (organikus) termékek piaca Európán belül. Treu és munkatársai (2017) szerint a hagyományos és az organikus étrendhez kapcsolódó üvegházgáz-kibocsátás lényegében megegyezik, míg a földhasználatához kapcsolódó üvegházgáz-kibocsátás kb. 40%-kal magasabb az organikus étrend esetében. A hagyományos étrend 45%-kal több húst tartalmaz, mint az organikus étrend, amely pedig 40%-kal több zöldséget és gyümölcsöt tartalmaz. A karbonlábnyom domináns hányadát (70-75%) mindkét esetben az állati eredetű élelmiszerek előállítása és a földhasználat adta. Yue és munkatársai (2017) vizsgálták az otthoni és éttermi étkezés karbonlábnyomát Kínában. A házon kívüli étkezés lábnyoma 2,87 kgCO₂e/fő/étkezés volt. Az otthoni étkezés esetében a karbonlábnyom értéke 1,57 kgCO₂e/fő/étkezésnek adódott (YUE et al. 2017). Jianyi és munkatársai (2015) 15 élelmiszer karbonlábnyomának alakulását vizsgálta az 1979 és 2009 közötti időszakban Kínában. Eredményeik szerint a rizstermesztés karbonlábnyoma nőtt a leginkább, és a tej, a marhahús, a gyümölcsök és zöldségek esetében is gyors növekedés volt tapasztalható a növekvő termésmennyiségnek köszönhetően. Azonban az e termékek szénkibocsátását befolyásoló faktorokban általánosságban csökkenés tapasztalható. Mujica, Blanco és Santalla (2016) meghatározták a méz karbonlábnyomát Argentínában: ez 2,5 +/- 0,17 kg CO₂-egyenérték/kg terméknek adódott, amelyből a legnagyobb részt a leválasztás (pergetés) adja.

Chiriaco és munkatársai (2017) a teljes kiőrlésű kenyér példáján az életciklus-elemzés módszerét alkalmazva számolták a karbonlábnyomot. Összehasonlították a bio-, illetve a hagyományos termesztésből származó búzából készített teljes kiőrlésű kenyér karbonlábnyomát. Azt találták, hogy a hagyományos termesztésű búzából készült korpás kenyér 1 kg-ja 24%-kal alacsonyabb kibocsátást indukál. A hagyományos termesztési technológiából származó búza felhasználásával készített kenyér karbonlábnyoma 1,18 kgCO₂e/kg volt, a bio- (organikus) termesztésből származó búzából készült kenyér esetében a mutató 1,55 kgCO₂e/kg-nak adódott. Ha azonban a gabonatermesztéshez igénybe vett földterület egységére (ha) vonatkoztatva számolják a karbonlábnyomot, akkor a biotermesztés teljesítménye jobb: hektáronként 60%-kal alacsonyabb az üvegházgáz-kibocsátása, mint a hagyományos termesztési technológiáé. Azonban figyelembe kell venni a biotermesztés alacsonyabb hatásfokát és nagyobb területigényét.

Scholz, Eriksson és Strid (2015) a hulladékkeletkezés miatt kárba vesző kibocsátásokat számszerűsítette. Az élelmiszerhulladék nagy probléma a modern társadalmak számára, és számottevő társadalmi, gazdasági és környezeti ráfordítást jelent. Az élelmiszer előállítása

a teljes élelmiszerlánc során üvegházhatású gázok kibocsátásával jár, és az élelmiszerek hulladékká válása egyet jelent azzal, hogy a hozzá kapcsolódó kibocsátás feleslegesen valósult meg. Ezért konszenzus alakult ki abban a tekintetben, hogy az élelmiszerhulladékok mennyiségét csökkenteni kell. 6 svéd élelmiszer-áruházban végzett felmérés alapján a zöldség- és gyümölcsosztály a keletkezett hulladék mennyiségének 85%-át adta, ami az elvesztegetett karbon-lábnyom 46%-át jelentette. A húsosztály a keletkezett hulladék 3,5%-át termelte, ami a kárba vesztett kibocsátás 29%-át adta (SCHOLZ–ERIKSSON–STRID 2015).

Az élelmiszer-hulladék mennyiségének csökkentésére és a fenntartható élelmiszer-fogyasztási szokások kialakítására irányuló stratégiák kidolgozásához szükség van olyan információkra, amelyek számszerűsítik a fogyasztási magatartás és a hulladékezelkezés környezeti hatásait (a klíma, a víz, a területhasználat vonatkozásában) (SONG et al. 2015). Az élelmiszeripari hulladék a legnagyobb probléma, amelynek csökkentése szükséges a fenntartható élelmiszerláncok kialakításához (ERIKSSON et al. 2017). Eriksson és munkatársai 30 közétkeztetési konyhai egység megfigyelését végezték el Svédországban, és azt találták, hogy az élelmiszeripari hulladék tált adagra vetített mértéke 75 g, ami a kiadott élelmiszer mennyiségének 23%-a volt.

2. Kutatások az élelmiszer-felhasználás és a vendéglátóipar környezeti hatásairól

Az élelmiszer-fogyasztás környezeti hatásait Vetőné Mózner Zsuzsanna (2012)⁵ számszerűsítette hazai példán az öko- és karbonlábnyom módszerének felhasználásával. Vizsgálatai szerint a hús- és tejtermékek öko-, illetve karbonlábnyoma a legmagasabb. Kimutatta, hogy hazánkban a férfiak – étkezési szokásaik vizsgálata alapján – 13%-kal magasabb ökológiai lábnyommal rendelkeznek, mint a nők.

A vendéglátásszektor hatalmas mérete és gazdasági jelentősége ellenére hiányosak az információk a környezeti hatásait illetően (FUSI–GUIDETTI–AZAPAGIC 2016). Ugyanakkor a környezeti szempontból fenntartható élelmiszer-készítés és -fogyasztás iránti igény egyre nő. Általában véve két vendéglátási forma különíthető el: a főzés-tálalás módszere és a szétválasztott. Az első esetben az élelmiszert elkészítik, és azonnal tálalják a fogyasztónak, míg a második esetben a főzés-elkészítés és a fogyasztás helyben és időben is elkülönül. Fusi, Guidetti és Azapagic (2016) az elválasztott eljárás környezeti hatásait vizsgálták olaszországi példán, meghozzá tipikus élelmiszerük, a tészta esetében. Két fő rendszertípust vizsgáltak: a főzés-melegen tartást, illetve a főzés-hűtést, ezen belül is külön vizsgálták a különböző főzési eljárásokat. Az eredmények alapján a tésztafőző berendezésben főtt tészta esetében a hagyományos (tűzhelyes) eljáráshoz képest 60%-kal alacsonyabb volt az energiafelhasználás, és 38%-kal kevesebb a vízfelhasználás, így 34-66%-kal alacsonyabb volt az így elkészített tészta környezeti hatása. A környezeti hatás azzal is csökkenthető volt, ha gázüzemű főzőberendezést használtak az elektromos helyett. A főzés-hűtés rendszer környezeti hatása 17-96%-kal magasabb a főzés-melegen tartás rendszernél, főként a hűtési technológia energiaszükséglete miatt.

⁵ A publikáció az OTKA 68647 sz. kutatás eredményeit teszi közzé.

Bizonyos élelmiszerfélések nagyobb üvegházgáz-kibocsátással járnak, mint mások, így ezek megfelelő szervezése-rendezése a turizmusba ágyazva hozzájárulhat a klímaváltozás megelőzéséhez Liqin (2011). Gössling és munkatársainak (2011) tanulmánya különböző élelmiszerfélések karbonintenzitását tekinti át, és tárgyalja, hogy az étkeztetéssel foglalkozók hogyan tudnák előnyösen megváltoztatni jelenlegi gyakorlatukat. Torres (2000) szerint a turisztikai költség egyharmada élelmiszerre fordítódik.

Az életciklus-elemzésen alapuló karbonlábnyom-számítás módszerét alkalmazva a főtt rizs hűtésének karbonlábnyomát számolta Zhou és munkatársai (2017), ezzel jól lehatárolva a folyamat egy részét. A karbonlábnyom legfőbb összetevője a hűtéshez használt elektromosáram-fogyasztás. Xu és munkatársai (2015) szerint számos élelmiszer esetében az életciklusnak meghatározó része a főzéshez kapcsolódó energiafelhasználás. A főzési módszer, az energiaforrás és a főzési eszközök környezetbarát megválasztása csökkenti a főtt termék egységre vonatkoztatott karbonlábnyomát.

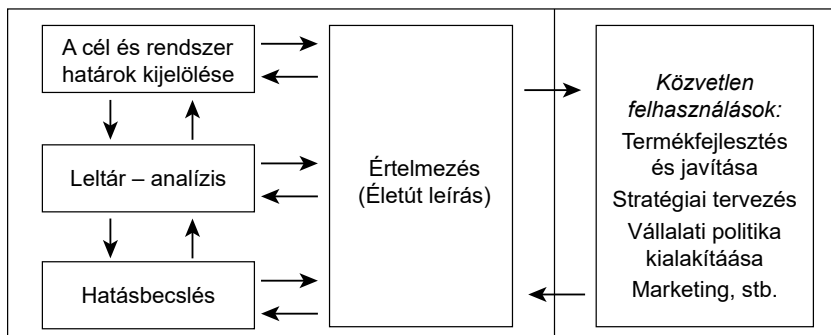
Erdélyi, Pákolicz és Boksai (2012) a fehér hosszú szemű rizs termesztésének karbonlábnyomát vizsgálták hazai példán. Az 1 tonna rizsre jutó szénlábnyom mennyisége vízben termesztés esetén 537,3 kg CO₂e/t rizs volt, amely a szántóföldi termesztéshez képest (708,1 kg CO₂e/t rizs) jelentősen alacsonyabb. A barna rizs elkészítésére vonatkozó esettanulmány szerint áztatás nélkül, elektromos tűzhelyen készítve a vevőfelhasználás messze nagyobb arányban járul hozzá a rizs szénlábnyomának nagyságához, mint az áztatással gázégőn történő elkészítés (PÁKOLICZ–BOKSAI–ERDÉLYI 2012).

3. A karbonlábnyom számításának módszerei

A karbonlábnyom egy környezeti fenntarthatósági indikátor, ami számszerűsíti a termék életciklusa során kibocsátott üvegházhatású gázok mennyiségét (MUJICA–BLANCO–SANTALLA 2016). Manapság a fenntartható termelés magában foglalja a források észszerű felhasználását és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére irányuló kötelezettség teljesítését. A karbonlábnyom képes számszerűsíteni a termékek és tevékenységek életciklusa során keletkezett üvegházhatásúgáz-kibocsátást (REBOLLEDO–LEIVA et al. 2017). Wiedmann és Minx (2008) megfogalmazásában a karbonlábnyom az ökológiai lábnyom része, amely valamilyen jellegű tevékenység, személy, területegység stb. által közvetlenül vagy közvetett módon a levegőbe jutott CO₂ összes mennyiségét méri, illetve azt a területegységet, amely ezen CO₂-mennyiség semlegesítéséhez szükséges (BAKOSNÉ BÖRÖCZ 2016).

A karbonlábnyom számításához használt módszerek nem egységesek. Használható a PAS 2070 iránymutatása vagy az ISO14067 szabvány. A nemzetközi szabvány irányelveket, követelményeket és útmutatást határoz meg a termékek karbonlábnyomának számításához/felméréséhez és kommunikálásához. Az ISO 14067 szabvány alapjai az életciklus-elemzést, valamint az ökocímkézést és a környezeti jelentések készítését szolgáló szabványok (ISO 14040, 14044, 14020, 14024, 14025) (ISO é. n.). Az ISO-szabványok elvi alapja a PDCA-ciklus, amely a folyamatos fejlődést szolgálja. A PDCA-ciklus lényegét Kósi és Valkó írják le (KÓSI–VALKÓ 2008, 13–14). Az említett karbonlábnyom-számítási módszerek a termékek életciklus-elemzésén (LCA) alapulnak, vagyis a termék előállítása, megtermelése során felhasznált erőforrások, felhasznált nyers- és alapanyagok, valamint energia számbavéte-

le után megadják a termelési folyamatban keletkezett üvegházhatású gázok mennyiségét. Az LCA folyamatát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

Az LCA folyamata

Forrás: SZÜCS–BUDAI–MATKÓ 2011

Schaltegger és Csutora (2012) tanulmánya átfogó képet ad a karbonleltár és a karbonlábnyom számításának módszertanáról, amely igen gyorsan fejlődő területe a környezettudatos vállalati menedzsmentnek. Stechemesser és Guenther (2012) szakirodalmi összefoglalót ad a karbonleltár készítésére és az elszámolás módszertanára vonatkozóan. Vergé és munkatársai felhívják a figyelmet arra, hogy az emberi tevékenység környezeti hatásainak becsléséhez használt számítási módszerek megválasztása körülményeként igényel, hiszen módosíthatja az ilyen jellegű vizsgálatok eredményét (VERGÉ et al. 2016). Igen nagy nehézséget jelent a megfelelő adatok összegyűjtése a folyamatok feltérképezése során, így fontos a megfigyelt folyamatok határainak helyes kijelölése.

Felhasznált irodalom

- AL-MANSOUR, F. – JEJCIC, V. (2017): A Model Calculation of the Carbon Footprint of Agricultural Products: The Case of Slovenia. *Energy*, Vol. 136. 7–15.
- BAKOSNÉ BÖRÖCZ M. (2016): *Az életcikluselemzés módszerének használata és karbonlábnyom számítás alapjai*. Gödöllő, Szent István Egyetem Szaktanácsadási és Továbbképzési Központ–Szent István Egyetemi Kiadó.
- BURATTI, C. et al. (2017): Carbon Footprint of Conventional and Organic Beef Production Systems: An Italian Case Study. *Science of the Total Environment*, Vol. 576. 129–137.
- CASOLANI, N. – PATTARA, C. – LIBERATORE, L. (2016): Water and Carbon Footprint Perspective in Italian Durum Wheat Production. *Land Use Policy*, Vol. 58. 394–402.
- CHIRIACO, M. V. et al. (2017): The Contribution to Climate Change of the Organic Versus Conventional Wheat Farming: A Case Study on the Carbon Footprint of Wholemeal Bread Production in Italy. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 153. 309–319.

- ERDÉLYI É. – PÁKOLICZ O. – BOKSAI D. (2012): Élelmiszertermékek környezetterhelésének mérőszáma és annak érzékenysége az életciklus elemeire. In HERDON Miklós – SZILÁGYI Róbert (szerk.): *Agricultural Informatics 2012 Conference/Agrárinformatika 2012 Konferencia: Innovatív információtechnológiák az agrárgazdaságban*. Konferencia kiadvány. Debrecen, Magyar Agrárinformatikai Szövetség. 133–142.
- ERIKSSON, M. et al. (2017): Quantification of Food Waste in Public Catering Services – A Case Study from a Swedish Municipality. *Waste Management*, Vol. 61. 415–422.
- FUSI, A. – GUIDETTI, R. – AZAPAGIC, A. (2016): Evaluation of Environmental Impacts in the Catering Sector: The Case of Pasta. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 132. 146–160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.074>
- GÖSSLING, S. et al. (2011): Food Management in Tourism: Reducing Tourism's Carbon 'Footprint'. *Tourism Management*, Vol. 32. No. 3. 534–543. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.04.006>
- ISO/TS 14067:2013 Greenhouse Gases – Carbon Footprint of Products – Requirements and Guidelines for Quantification and Communication. Forrás: www.iso.org/standard/59521.html (A letöltés dátuma: 2018. 04. 23.).
- JIANYI, L. et al. (2015): Carbon Footprints of Food Production in China (1979–2009). *Journal of Cleaner Production*, Vol. 90. 97–103. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.072>
- KÓSI K. – VALKÓ L. (2008): *Környezetmenedzsment*. Budapest, Typotex.
- LIQIN, Y. (2011): The Analysis on Carbon Footprint on Catering Products in High-star Hotels during Operation: Based on Investigation Conducted in Parts of High-star Hotels in Ji'nan. *Energy Procedia*, Vol. 5. 890–894. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.157>
- MUJICA, M. – BLANCO, G. – SANTALLA, E. (2016): Carbon Footprint of Honey Produced in Argentina. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 116. 50–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.086>
- PÁKOLICZ O. – BOKSAI D. – ERDÉLYI É. (2012): Az innováció a környezettudatos vásárlás szolgáltatásban. *Economica*, 5. évf. 2. különsz. 71–80.
- REBOLLEDO-LEIVA, R. et al. (2017): Joint Carbon Footprint Assessment and Data Envelopment Analysis for the Reduction of Greenhouse Gas Emission in Agriculture Production. *Science of the Total Environment*, Vols. 593–594. 36–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.147>
- SCHALTEGGER, S. – CSUTORA M. (2012): Carbon Accounting for Sustainability and Management. Status Quo and Challenges. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 36. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.06.024>
- SCHOLZ, K. – ERIKSSON, M. – STRID, I. (2015): Carbon Footprint of Supermarket Food Waste. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 94. 56–65.
- SONG, G. et al. (2015): Food Consumption and Waste and the Embedded Carbon, Water and Ecological Footprint of Households in China. *Science of the Total Environment*, Vol. 529. 191–197.
- STECHEMESSER, K. – GUENTHER, E. (2012): Carbon Accounting: a Systematic Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 36. 17–38.
- SZÚCS E. – BUDAI I. – MATKÓ A. (2011): *Környezetmenedzsment*. Forrás: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Kornyezetmenedzsment/ch08.html (A letöltés ideje: 2018. 05. 03.).
- TORRES, R. (2000): *Linkage between Tourism and Agriculture in Quintana Roo, Mexico*. PhD dissertation. Davis, University of California at Davis.
- TREU, H. et al. (2017): Carbon Footprint and Land Use of Conventional and Organic Diet in Germany. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 161. 127–142.
- VERGÉ, X. et al. (2016): Allocation Factors and Issues in Agricultural Carbon Footprint: a Case Study of the Canadian Pork Industry. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 113. 587–595.

- VETŐNÉ MÓZNER Zs. (2012): Fenntartható életmódok felé: Lehet-e az élelmiszer-fogyasztás fenntartható? In KERÉKES S. – CSUTORA M. szerk.: *Fenntartható fogyasztás? Trendek és lehetőségek Magyarországon*. Budapest, Aula. 110–138.
- WIEDMANN, T. – MINX, J. C. (2008): A Definition of 'Carbon Footprint'. In PERTSOVA, C. C. (ed.): *Ecological Economics Research Trends*. New York, USA, Nova Science Publishers. 1–11.
- XU, X. – LAN, Y. (2016): A Comparative Study on Carbon Footprint between Plant- and Animal-based Foods in China. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 112. 2581–2592.
- XU, Z. et al. (2015): Research Developments in Methods to Reduce Carbon Footprint of Cooking Operations: A Review. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 44. 49–57.
- YUE, Q. et al. (2017): Mitigating Greenhouse Gas Emission in Agriculture: From Farm Production to Food Consumption. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 149. 1011–1019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.172>
- ZHOU, S. et al. (2017): Effect of Different Cooling Methods on the Carbon Footprint of Cooked Rice. *Journal of Food Engineering*, Vol. 215. 44–50.