

Kereskedelmi forgalomban kapható kapszulás kávék akrilamid tartalma

Kulcsszavak: Akrilamid, karcinogén, toxikus vegyület, aszparagin, Maillard-reakció, kapszulás kávé, őrölt kávé, pörkölt kávé, robusta, arabica, pörkölési eljárások hatása, koffeintartalmú és koffeinmentes kávé, LC-MS/MS

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A kapszulás kávék fogyasztása egyre gyakoribb a mindennapi életben. Ma már számos kutatás támasztja alá a megfelelő mennyiségű kávé fogyasztás jótékony hatásait. Kedvező hatásai ellenére megvannak a kávéfogyasztás hátrányai is. Például a pörköltkávéban megtalálható akrilamid, amely a pörkölés során keletkezik, egészségügyi kockázatot jelent. Az akrilamidot a Rákkutatási Hivatal (International Agency for Research on Cancer – IARC) a 2A csoportba sorolta be, mint valószínű emberi rákkeltő [1]. A pörkölési technológiai paraméterek hatással vannak a termékben képződő akrilamid mennyiségére. A világos pörkölésű kávék nagyobb mennyiségben tartalmazzák ezt a vegyületet, mint a sötét pörkölésűek.

Az őrölt kávétermékek akrilamid-tartalmának vizsgálatára számos tanulmány született, azonban a kapszulás kávék ilyen téren még nem kaptak hasonló figyelmet. Tanulmányomban különböző típusú kereskedelmi forgalomban kapható kapszulás kávék akrilamid tartalmát vizsgáltam HPLC-MS/MS méréssel. A koffeinmentes kávék előállítására eltérő technológiával történik, így ezekből a típusokból is vizsgálat alá vettem néhányat.

¹ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratóriumi Igazgatóság Analitikai Nemzeti Referencia Laboratórium

2. Bevezetés

2.1. Az akrilamid és képződése, hatásai

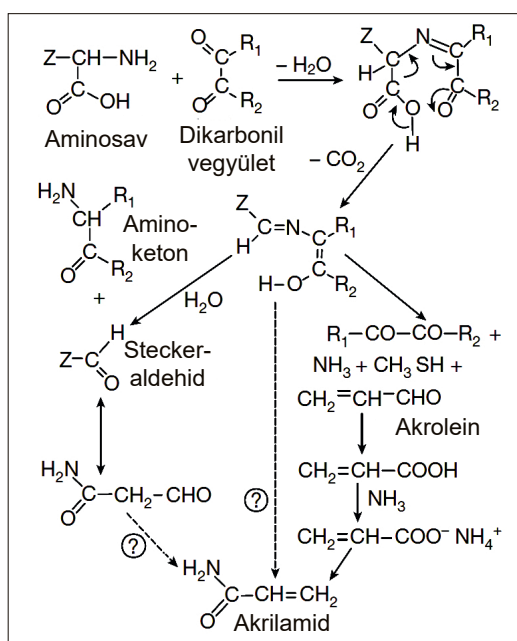
Az akrilamid szerves vegyület, összegképlete C_3H_5NO . IUPAC neve prop-2-énamid. Kis molekulású, szagtalan, szilárd, fehér színű vegyület, amely vízben jól oldódik, de szerves oldószerekben is oldható. Az iparban poliakrilamidok gyártásához használják, amelyeket vízoldható sűrítőanyagként és flokkulációszerként alkalmaznak. Rendkívül mérgező vegyület, így elsősorban vizes oldat formájában kezelik [2].

Az akrilamid emberi idegméreg, melyet a Nemzetközi Rákkutatási Hivatal (IARC) a 2A csoportba sorolt be, mint valószínű emberi rákkeltő [1]. Az akrilamidot az 1950-es évektől kezdve számos ipari eljárás során alkalmazzák. A Swedish National Food Administration 2002. április 24-én közleményt adott ki felfedezéséről, miszerint a magas szénhidrát-tartalmú hőkezelt élelmiszerekben melléktermékként képződik [3], így kimutatható főként a snack ételekben, a burgonya chipsekben, kenyérfélékben, gabonatermékekben és a kávéban is. A felfedezés után egyre több vizsgálat indult az akrilamid tartalom kimutatására. Egyre több kutató keres választ arra, hogy hogyan keletkezik az egyes élelmiszerekben.

Mottram és társai széleskörű vizsgálatokat végeztek arra vonatkozóan, hogy hőkezelés során milyen módon képződik aminosavakból és redukáló cukrokból akrilamid a Maillard reakció eredményeként. Megállapították, hogy az aszparagin – amely a burgonyában és a gabonafélékben legnagyobb mennyiségben megtalálható aminosav – nagy mértékben hozzájárul az akrilamid képződéshez. A sütés és pörkölés során az íz-, és aromaanyagok, illetve a szín kialakításáért Maillard-reakció termékei felelősek. Ekkor megy végbe az aminosavak Strecker-degradációja is, amikor az aminosav dekarboxileződik, majd deaminálódik, és aldehid képződik. A folyamat vázlatát az 1. ábrán látható [4].

Számos tanulmány szerint az akrilamid azért toxikus, mert adduktokat képez a hemoglobinban található vegyületekkel, valamint reakcióba lép fontos funkcionális fehérjékkel és a DNS-sel is. Az akrilamid metabolitja, a glicidamid is hasonlóan reagál a hemoglobinnal [5].

A leginkább tanulmányozott terület az akrilamid neurotoxikus tulajdonságaival kapcsolatos, hiszen ezek embereknél és állatoknál is megfigyelhetők. Többféle laboratóriumi állaton is végeztek megfigyeléseket, például macskák, patkányok, egerek, nyulak és majmok. 0,5-50 mg akrilamid/kg/nap adagolás után mindegyik állatnál a végtagok mozgási zavarai és izomgyengeség volt megfigyelhető [6].



1. ábra. Az akrilamid képződésének vázlatát [4]

2.2. Akrilamid a kávéban

A kávé akrilamid-tartalma a pörkölés során alakul ki. Guenther és társai egy széleskörű tanulmányban megállapították, hogy a pörkölés kezdeti szakaszában keletkezik a legnagyobb mennyiségben (több, mint 7 mg/kg), majd a folyamat végéhez közeledve csökken. Az akrilamid a pörkölési ciklus vége felé haladva egyre jobban eliminálódik, fizikai és kémiai veszteség is fellép [7].

Kinetikus modellek és egyéb, izotóppal jelölt akrilamiddal végzett kísérletek bebizonyították, hogy a teljes pörkölési folyamat során a keletkező akrilamid több, mint 95%-a elbomlik. Ez azt jelenti, hogy a rövidebb pörkölési ciklusú, világos pörkölésű kávék akrilamid tartalma sokkal magasabb, mint a sötét pörkölésű szemeké [7].

A tanulmány szerzői azt is kifejtették, hogy a zöld kávébabok igen kis koncentrációban tartalmaznak aszparagint (0,2–1,0 g/kg), amely csak elhanyagolható mértékben magasabb a Robusta fajok esetén. Így azt tapasztalták, hogy az aszparagin mennyisége és az akrilamid-tartalom gyenge korrelációt mutatott, sőt a Robusta szemeknél nem találtak korrelációt. Ez annak köszönhető, hogy az akrilamid-vesztesség mértéke messze felülmúlja a képződésének mértékét [7].

Alves és társai azt vizsgálták, hogy hogyan változik az akrilamid tartalom a főzött espresso kávéban, hiszen véleményük szerint a fogyasztók leginkább ilyen formában juttatják be a szervezetükbe. Az akrilamid jól oldódik vízben, így a főzés során könnyen kioldódik a kávéból. A főzött kávé kémiai tulajdonságait sok tényező befolyásolja, mint például a kávé típusa (Arabica vagy Robusta, illetve bizonyos arányú keveréke), a pörkölés mértéke vagy a felhasznált víz mennyisége adott mennyiségű kávé elkészítéséhez, ami egyéni ízlés szerint változik. Néhány tanulmány szerint az egyes kávéitalok akrilamid tartalma 2 és 25 µg/l között volt [8].

3. Célkitűzés

Munkám fő céljaként különböző típusú kapszulás kávék akrilamid-tartalmának HPLC-MS/MS méréssel történő vizsgálatát tűztem ki.

Irodalmi adatok alapján feltételeztem, hogy a kapszulás kávékból főzött italok akrilamid tartalma magasabb, mint a kapszulából kinyert őrölt kávé akrilamid-tartalma, hiszen az vízzel könnyen kioldódik a főzés során. A mérésekkel ezt kívántam vizsgálni, illetve igazolni.

Célként tűztem ki a különböző kávéfőző gépek összehasonlítását is. A kávégépek eltérő paraméterekkel rendelkeznek (például hőmérséklet, nyomás, felhasznált víz mennyisége), így befolyásolhatják a kapszulás kávékból kioldódó akrilamid mennyiségét.

Olyan irodalmi adatok is rendelkezésre állnak, amelyek azt mutatják be, hogy a kávé pörkölési technológiája hogyan befolyásolja az akrilamid-tartalmat a végtermékben. A rövidebb ideig pörkölt, úgynevezett világos pörkölésű kávék akrilamid-tartalma magasabb, mint a hosszabb ideig tartó, sötét pörkölésű kávék esetében. Ezt a befolyásoló tényezőt is ellenőriztem.

Tekintve, hogy a koffeinmentes kávék előállítása különböző technológiát kíván, így ezekből a típusokból is vizsgálat alá vettem néhányat.

4. Anyag és módszer

4.1. Felhasznált vegyszerek, eszközök és készülékek

Munkám során analitikai tisztaságú vegyszereket, HPLC minőségű oldószereket (metanol, ecetsav anhidrid, n-hexán) és desztillált vizet használtam, valamint a következőket: akrilamid és belső standardként 10 µg/ml akrilamid-¹³C₃.

A szokásos laboratóriumi eszközökön felül a minták előkészítéséhez Biotage ISOLUTE® Multimode 1g/6ml és Biotage ISOLUTE® ENV+500mg/6ml SPE oszlopokat használtam. A kapszulás kávék lefőzéséhez a következő kávégépeket használtam: Nespresso Essenza Mini, Krups KP120H31, Tchibo Caffissimo és Martello Smart.

A minták műszeres mérését Thermo Scientific™ Dionex UltiMate™ 3000 HPLC rendszeren, Phenomenex Kinetex® C18 2,6 µm 100 Å 150x4,6 mm kolonnával, Thermo Scientific™ TSQ Quantis™ hármass kvadrupól MS detektorral valósítottam meg.

4.2. Mintaelőkészítés

Méréseimet és a mintaelőkészítést az MSZ EN 16618:2015 Élelmiszer-vizsgálatok. Az akrilamid meghatározása élelmiszerben folyadékkromatográfiás tandem-tömegspektrometriával (LC-ESI-MS/MS) szabvány szerint végeztem el.

A mintákat kereskedelmi forgalomból szereztem be, melyek különböző gyártók koffeintartalmú (25 db) és koffeinmentes (8 db) kapszulás kávéi voltak. A méréseket a kapszulákban lévő őrölt kávéból és a lefőzött kávékból is elvégeztem. Az **1. táblázatban** tüntettem fel a vizsgált kávékat sorszámaik szerint, illetve a kávégépeket.

1. táblázat. Kávék és kávégépek

Kávétípus	Nespresso	Dolce Gusto	Caffissimo	Martello
Koffeintartalmú kávék sorszáma	1, 5, 7, 8, 10, 16, 20, 21, 23	3, 4, 6, 9, 15	17, 25, 26, 27, 28, 29	13, 30, 31, 32, 33
Koffeinmentes kávék sorszáma	2, 11, 12, 19, 22	24	18	14

Az eredmények statisztikai kiértékeléséhez az IBM SPSS Statistics szoftvert használtam.

5. Eredmények

5.1. Akrilamid-tartalom

A kávéminták akrilamid-tartalom mérési eredményeit A **2. táblázatban** foglaltam össze. Feltüntettem az őrölt kávékból mért eredményeket, és az azokhoz tartozó lefőzött kávék eredményeit is.

2. táblázat. Mérési eredmények

Sorszám	Őrölt (µg/kg)	Lefőzött (µg/kg)	Sorszám	Őrölt (µg/kg)	Lefőzött (µg/kg)
1	224,0	170,7	18	215,1	205,9
2	237,7	230,0	19	205,6	242,2
3	176,6	184,1	20	271,1	279,9
4	168,8	179,4	21	195,7	212,6
5	274,8	243,0	22	128,8	126,5
6	201,6	231,9	23	223,1	231,7
7	161,6	183,8	24	203,8	198,3
8	189,7	207,4	25	284,9	250,2
9	231,2	232,4	26	399,8	389,9
10	287,9	280,3	27	121,4	124,2
11	107,0	128,7	28	130,2	119,0
12	240,3	118,6	29	174,3	159,4
13	446,5	427,4	30	189,8	200,2
14	353,7	351,0	31	224,9	255,6
15	204,9	221,6	32	263,3	276,2
16	270,7	156,1	33	416,2	407,9
17	274,0	240,0			

A kapott eredmények nem minden esetben voltak összhangban a Bizottság 2017/2158 rendeletében meghatározott pörkölt kávéra vonatkozó 400 µg/kg referenciaszinttel, egyes koffeintartalmú minták – a 13. és 33. sorszámúak – akrilamid-tartalma meghaladta ezt a mennyiséget. Valószínű, hogy a 13. sorszámú kávé minta esetében a magasabb akrilamid-szint azért alakulhatott ki, mert a minta Robusta kávé tartalmazott, amelyben a szakirodalom szerint nagyobb az akrilamid-képződés intenzitása. A 33. sorszámú minta eredménye azzal magyarázható, hogy az egy mogyorós, ízesített keverék volt. Tekintve, hogy az Arabica kávéfajta mellé Robusta fajtát keverték, így ez okozhatott magasabb eredményt, melyhez a pörkölt mogyorós ízesítés is hozzájárulhatott. Átlagosan az őrölt kávék akrilamid-tartalma nagyobb, illetőleg esetenként közel hasonló volt, mint a lefőzött kávék eredményei. Találtam olyan mintát is, amelynél a lefőzött kávék több akrilamidot tartalmaztak, mint az őrölt kávék, de ezen értékek többsége a 10 % mérési bizonytalanságon belül esik.

Statisztikai (ANOVA) számításaim alapján az őrölt és lefőzött kávék mérési eredményei között 95 %-os konfidenciaszinten nem volt szignifikáns különbség ($p > 0,05$).

5.2. A főzés hatása az akrilamid tartalomra

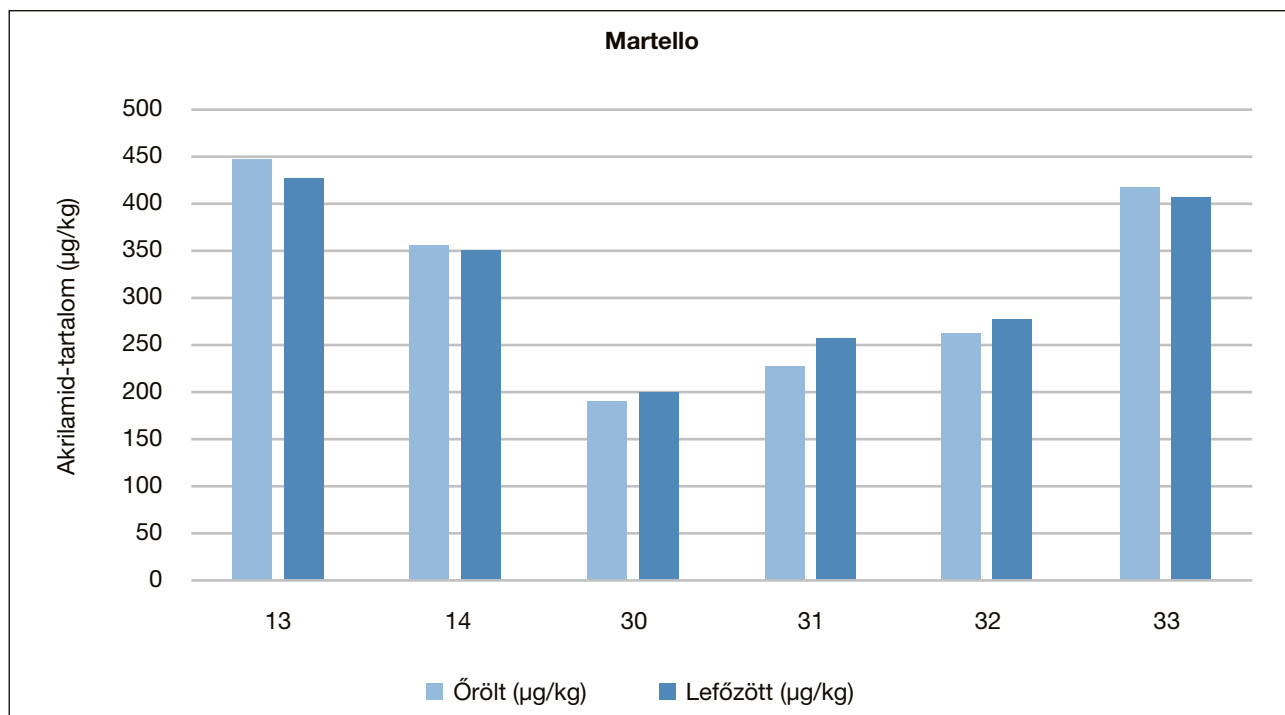
Célom volt annak vizsgálata is, hogy milyen mértékben változhat az akrilamid tartalom az őrölt és a lefőzött kávékban attól függően, hogy a főzést melyik kávégéppel végeztem. Így arra kerestem választ, hogy a kávégépek eltérő hatásfokkal dolgoznak-e. Egyik kávégép esetében sem volt szignifikáns különbség a kapszulák és a lefőzött kávék között ($p > 0,05$).

Az eredmények azonban azt mutatták, hogy a Martello típusú kapszulák esetén mind a lefőzött, mind az őrölt kávék mért értékei magasabb tartományba estek, mint a többi típus eredményei.

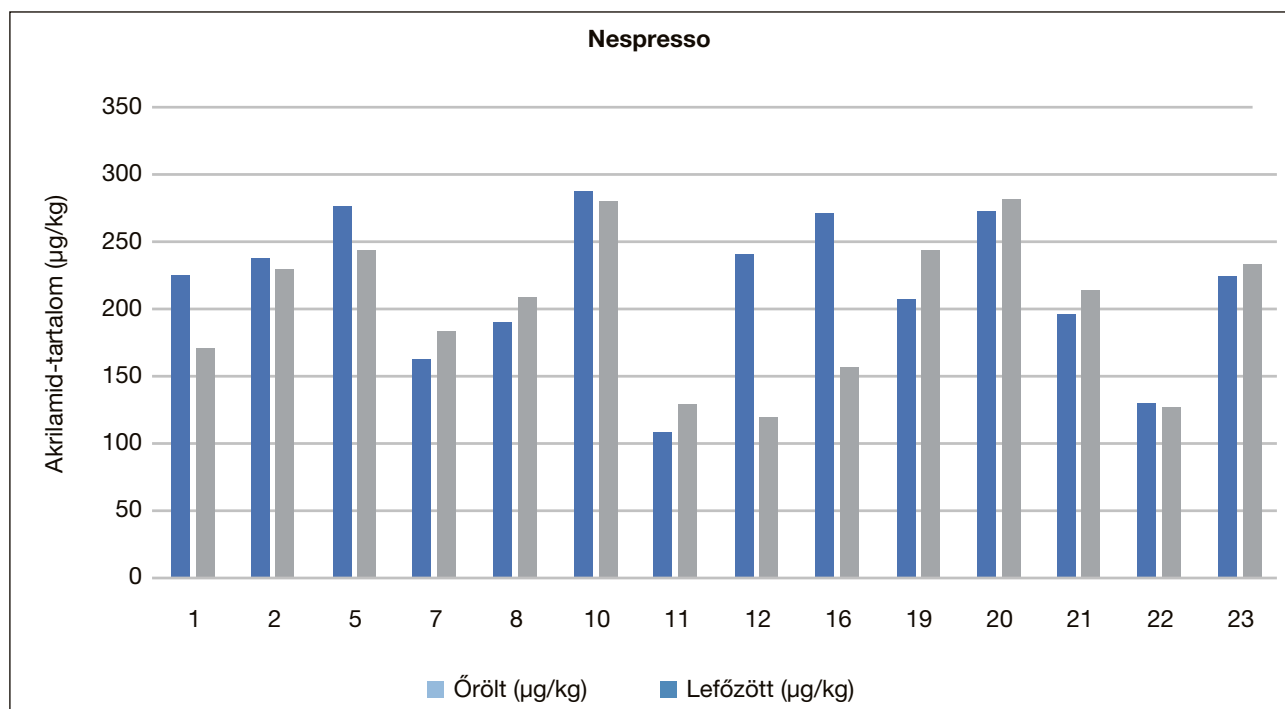
A Martello típusnál ez a tartomány 200-450 µg/kg (**2. ábra**), míg a többinél 100-250 µg/kg körüli értékek voltak a jellemzőek (például a Nespresso esetén, lásd **3. ábra**).

Megállapítottam, hogy a Martello típusú kávégépekhez gyártott kapszulák olyan kávéőrleményeket tartalmaztak, amelyeknek jellemzően magasabb az akrilamid-tartalma. A vizsgált Martello típusú kapszulás kávék Robusta vagy keverék kávékat tartalmaztak, ezzel magyarázható a magasabb akrilamid tartalom, hiszen a Robusta típusú kávék akrilamid-szintje magasabb, mint az Arabica fajtáké. Az egyik Martello típusú kávékapszula pörkölt mogyorós ízesítésű volt, ez szintén hozzájárulhatott a magasabb eredményhez.

Mérési eredményeim alapján elmondható, hogy a kávégépek hatása között nem volt szignifikáns különbség. Mivel azonban a Martello típusú kávékapszula alapján véve magasabb akrilamid tartalmú kávéőrleményt tartalmaz – összevetve a többi típusal – szignifikáns eltérést okozott a kapszulában található őrölt kávék mérési eredményei között.



2. ábra. Martello kávégéppel lefőzött kávéitalok mérési eredményei



3. ábra Nespresso kávégéppel lefőzött kávéitalok mérési eredményei

5.3. A pörkölés hatása az akrilamid tartalomra

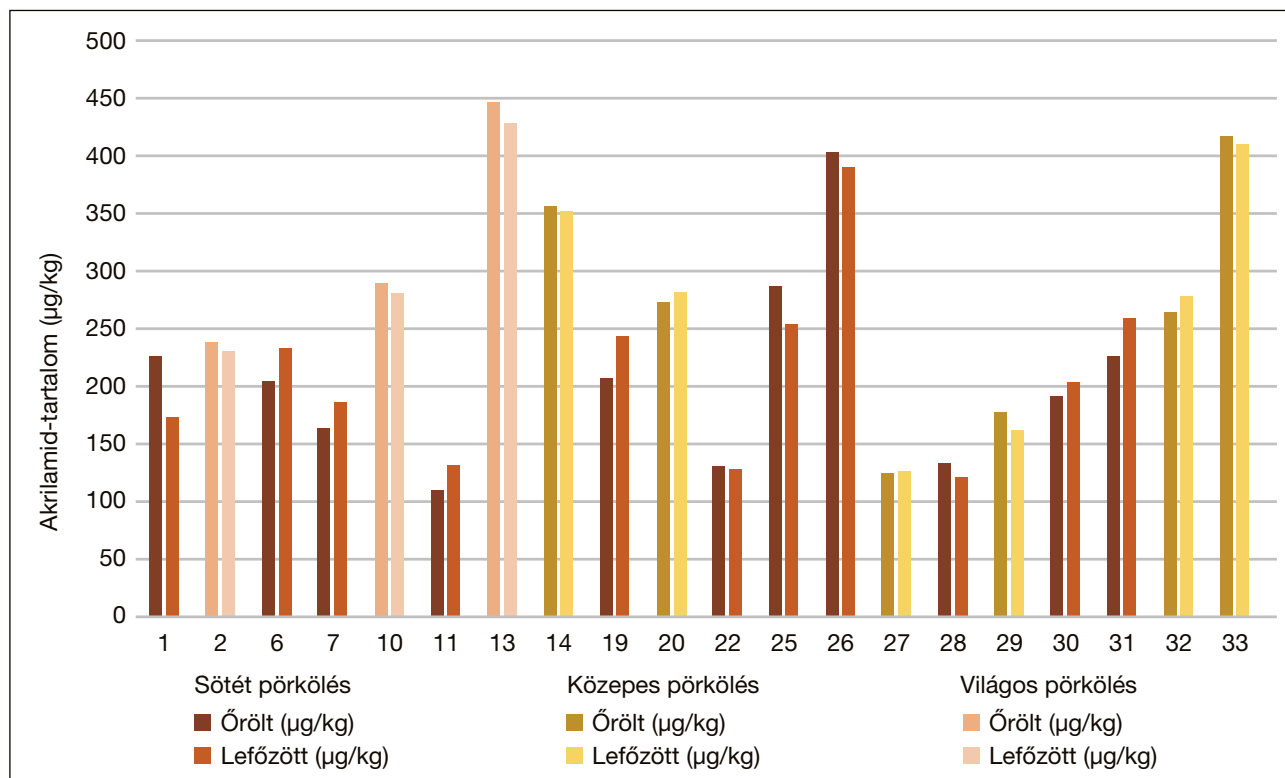
Vizsgáltam azt is, hogy a különböző pörkölési szintek hogyan befolyásolják a képződött akrilamid mennyiségét. A **3. táblázatban** a pörkölési szintek szerint csoportosítottam a kávémintákat. Az őrölt és a lefőzött mintákat külön színárnyalattal jelöltem. A **4. ábrán** láthatók a mért akrilamid-mennyiségek a különböző pörkölési szinteknek megfelelően. A világos pörkölésű minták jellemzően magasabb vagy hasonló eredményt hoztak, mint a sötét pörkölésű kávék. A szakirodalom szerint a sötét pörkölésű kávék akrilamid szintje alacsonyabb, mint a világos pörkölésű kávéké, ez az eredményeken is látható.

Statisztikai elemzéseket végezve azonban megállapítottam, hogy a képződött akrilamid mennyiségét tekintve 95 %-os konfidenciaszinten nem volt szignifikáns különbség a pörkölési szintek között sem az őrölt, sem a lefőzött kávék eredményei esetén ($p > 0,05$).

Az elemzéseket az egyes kávégépekre is elvégeztem, hiszen a különböző gépekkel lefőzött kávék mért értékei jellemzően más-más tartományba estek, így ez a csoportosítás pontosabb összehasonlítást eredményez. A pörkölési szintek között azonban így sem volt szignifikáns különbség.

3. táblázat. Kávéminták pörkölési szintjei (a színárnyalatok feloldását lásd a 4. ábrán)

	Világos pörkölés	Közepes pörkölés	Sötét pörkölés
Sorszám	2, 10, 13	14, 20, 27, 29, 32, 33	1, 6, 7, 11, 19, 22, 25, 26, 28, 30, 31



4. ábra. Kávéminták akrilamid-szintjei a pörkölési szintek szerint

5.4. Koffeintartalmú és koffeinmentes kávék eredményei

A koffeinmentes kávék előállítása egymástól számottevően eltérő technikával történik, ezért a koffeintartalmú és a koffeinmentes kávék akrilamid-tartalmának eredményeit is összehasonlítottam. A koffeinmentes kávék mért értékei hasonló tartományba estek, mint a koffeintartalmú minták értékei. Megállapítottam, hogy akrilamid-tartalom tekintetében nem volt jelentős különbség a különböző típusú minták között.

Ennek igazolására ANOVA elemzéseket végeztem mind az őrölt, mind a lefőzött kávék eredményeit vizsgálva. 95 %-os konfidenciaszinten egyik esetben sem volt szignifikáns különbség a típusok között ($p > 0,05$).

6. Következtetések

Irodalmi adatok alapján feltételeztem, hogy a kapszulás kávékból főzött italok akrilamid-tartalma magasabb, mint a kapszulából kinyert őrölt kávé akrilamid-tartalma. Méréseim alapján úgy találtam, hogy az őrölt kávék akrilamid-tartalma átlagosan magasabb, vagy esetenként hasonló volt, mint a lefőzött kávék akrilamid-szintje. Néhány esetben viszont valóban a lefőzött kávékban volt több az akrilamid mennyisége. Statisztikai számítások alapján azonban az eredmények közötti különbség nem volt szignifikáns. Ezen eredmények alapján a szakirodalom állításait nem sikerült egyértelmű módon igazolni.

Eredményeim alapján elmondható, hogy a lefőzött kávék és az őrölt kávé párjaik között egyik kávé gép esetén sem volt szignifikáns különbség a mért akrilamid-mennyiség tekintetében. Megállapítottam, hogy a Robusta típusú kávék akrilamid-szintje magasabb, mint az Arabica fajtáké. A vizsgált Martello típusú kapszulás kávék Robusta vagy keverék kávé tartalmaztak, így magyarázható azok nagyobb akrilamid-tartalma.

A világos pörkölésű minták jellemzően magasabb vagy hasonló mennyiségű akrilamid-tartalmat eredményeztek, mint a sötét pörkölésű kávék. A pörkölési szintek között sem az őrölt, sem a lefőzött kávék eredményei esetén nem volt szignifikáns különbség.

Megállapítottam, hogy nem volt jelentős különbség a koffeintartalmú és a koffeinmentes kávé minták között. A koffeinmentesítési eljárások nem befolyásolják számottevően a kávé akrilamid-tartalmát.

7. Irodalom

- [1] Acrylamide. <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono60-16.pdf> (Hozzáférés: 2020. 01. 27.)
- [2] Akrilamid. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Akrilamid> (Hozzáférés: 2020. 01. 27.)
- [3] Löfstedt R. E. (2003): Science Communication and the Swedish Acrylamide “Alarm”. *Journal of Health Communication*, 8 pp. 407–432. <https://doi.org/10.1080/713852123>
- [4] Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., Dodson, A. T. (2002): Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *NATURE*, Vol. 419. <https://doi.org/10.1038/419448a>
- [5] Sörgel, F., Weissenbacher, R., Kinzig-Schippers, M., Hofmann, A., Illauer, M., Skott, A., Landersdorfer, C. (2002): Acrylamide: increased concentrations in homemade food and first evidence of its variable absorption from food, variable metabolism and placental and breast milk transfer in humans. S. Karger AG, Basel 0009 3157/02/0486–0267. <https://doi.org/10.1159/000069715>
- [6] Parzefall, W. (2008): Minireview on the toxicity of dietary acrylamide. *Food and Chemical Toxicology* 46 pp. 1360–1364. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.08.027>
- [7] Guenther, H., Anklam, E., Wenzl, T., Stadler, R. H. (2007): Acrylamide in coffee: review of progress in analysis, formation and level reduction. *Food Additives & Contaminants*, 24 Sup 1, pp. 60-70. <https://doi.org/10.1080/02652030701243119>
- [8] Alves, R. C., Soares, C., Casal, S., Fernandes, J.O., Oliveira, M. Beatriz P.P. (2010): Acrylamide in espresso coffee: influence of species, roast degree and brew length. *Food Chemistry* 119 pp. 929–934. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.051>