

PÖRKÖLÉS SZEMCSEHŐMÉRSÉKLETÉNEK VIZSGÁLATA

DR. ZSIGÓ ISTVÁN*—MARÓTI JÁNOS**

A szemcsés anyagok hőkezelését megvalósító berendezések munkájának ellenőrzéséhez elengedhetetlenül szükséges a hőkezelés következtében kialakuló mindenkori szemcsehőmérséklet ismerete [1]. Különösen jelentős ez a pörkölés esetében, ahol az aránylag rövid idő alatt, viszonylag magas hőmérsékletű kezelést alkalmaznak, amely számos biológiai és kémiai változást eredményez. E változások eredményeként a termék technológiájában előírt, a kereskedelem által megkívánt minőségi jellemzőit nyerjük, ezért elengedhetetlen azok minél pontosabb állandó szinten tartása [2, 3, 4].

A pörkölés biológiai és kémiai változások irányításának gyakorlatilag egyetlen eszköze a hőhatás megfelelő alkalmazása, amelynek legmegbízhatóbb ellenőrzési lehetősége — miután a pörkölés nem állandósult hőközlés — a szemcsék hőmérsékletének ellenőrzése az idő függvényében. Ugyanis a pörkölő üzemelési paramétereinek műszeres állandó szinten tartása sem nyújt megbízható feltételeket, miután a berendezésbe juttatott nyersanyag kezdeti hőmérséklete, minősége (fajta, szemcseméret, érettség stb.) a hőátadó közeg jellemzőinek változása stb. miatt különböző minőségi terméket nyerünk.

Külön problémát jelentenek a magasabb hőmérsékletű hőkezelés esetén a szemcsékben lejátszódó hőtermelő változások [5], amelyek a hőközlő közeg hőmérséklete fölé emelik a szemcsék hőmérsékletét. Ennek követését is a szemcsehőmérséklet mérése teszi lehetővé.

A berendezések teljesítménye is kedvezőbben alakul, ha a túlpörkölést megelőzzük, és csak a szükséges hőkezelés idejéig tartózkodik az anyag a pörkölőben.

A szemcsehőmérséklet közvetlen mérése a pörkölőből mintának kivett szemcsék közé helyezett bothőmérővel $\pm 5^\circ\text{C}$ pontossággal mérhető, amely hiba a minta viszonylag kis mennyisége miatt a jelentős hővesztések következtében tovább növekedhet.

Vizsgálati módszer

A pörkölőben kialakult hőmérsékleti viszonyokat kalorikus mérési módszerrel vizsgáltuk, amelyet gabonafélék konvekciós szárítása esetén alkalmazhatunk [6, 7]. Az eljárás elve, ismert mennyiségű és hőmérsékletű folyadékot tartalmazó termoszba helyezük a berendezésből vett mintát, a súlytöbbletből (amely az össztömeg gyarapodás) és az egyensúlyi hőmérsékletből a fajhő ismeretében a szemcsehőmérséklet számítással meghatározható.

* Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

** Matematikai Tanszék

A szemcsék hőmérsékletét a következő egyenletek alkalmazásával kapjuk:

$$Q = G_1 C_{p1} (t_{\text{közös}} - t_1) = G_2 C_{p2} (t_{\text{szemcse}} - t_{\text{közös}}),$$

ebből

$$t_{\text{szemcse}} = \frac{Q}{G_2 C_{p2}} + t_{\text{közös}},$$

ahol: Q a hőmérséklet kiegyenlítődéséig átadott, illetve átvett hőmennyiség,

G_1 , illetve G_2 a folyadék, illetve a szemcsék tömege,

C_{q1} és C_{q2} a folyadék és a szemcse fajhője,

t_1 a folyadék kezdeti $t_{\text{közös}}$ a hőkiegyenlítődési hőmérséklet.

Az így számított t_{szemcse} hőmérséklet a ténylegesnél alacsonyabb, mert a szemcsék nem a kezdeti hőmérsékletig, hanem csak a kiegyenlítődésig hűltek le. Az a hőmennyiség, amelyet a kezdeti lehűlésig a szemcsék leadnának

$$Q'' = C_{12} C_{p2} (t_{\text{közös}} - t_{\text{kezdeti}}),$$

amelyből a hőmérsékletkorrekció:

$$\Delta t = t_{\text{közös}} - t_{\text{kezdeti}} = \frac{Q''}{G_2 C_{p2}},$$

ezzel a korrigált, a ténylegesnek legjobban megfelelő szemcsehőmérséklet:

$$t = t_{\text{szemcse}} + \Delta t.$$

Az ilyen módon számított részecskehőmérséklet a szemcsék átlaghőmérsékletét jellemzi. Ennek ellenére előnyösen hasznosítható, mert könnyen reprodukálható módszer.

A szemcsehőmérséklet kalorikus mérésének kiterjesztése pörkölőkre a módszer magasabb hőmérsékleten való alkalmazását jelenti.

A hőátvevő közegnek desztillált vizet alkalmaztunk, miután kávé és kakaóbab esetén hőfejlődést vagy elvonást nem találtunk, ugyanis a különböző pörkölési hőmérsékletekre melegített szemcséket azonos hőmérsékletű vízbe helyeztük, és hőmérsékletkülönbséget nem tapasztaltunk.

A szemcsehőmérséklet ismeretében a szemcsék felületén kialakult határréteg hőellenállását jellemző hőátadási tényező is meghatározható. Ehhez a szemcsék felületének ismerete szükséges, amelyhez a kávé, illetve kakaóbabot fél forgás-ellipszoid alakúaknak vettük, és így felszínének meghatározásához a forgástestek felszínét leíró képleteket alkalmaztuk [8]:

$$F = 2\pi \int_A^B f(x) \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx,$$

így az ellipszoid felülete: $F = 2\pi \frac{a^2}{b}$.

A szemcsék jellemző méreteit határoztuk meg. Keverékek esetén az egyes fajták felszínét külön-külön, mennyiségük arányában vettük figyelembe.

A szemcse felületét tömegre vonatkoztatva alkalmaztuk. Az α hőátadási tényezőt a következő egyenlettel határoztuk meg:

$$\alpha = \frac{Q}{A(t_{\text{ev}} - t_{\text{sz}})\tau},$$

- ahol t_{lev} a pörkölés hőmérséklete,
 t_{sz} a szemcse kezdeti hőmérséklete (amely a víz kezdeti hőmérsékletével azonos),
 Q az a hőmennyiség, amely átadásánál az α -val jellemzett határreteg kialakult,
 τ pörkölési idő, amely alatt a Q hőmennyiség átadódott,
 A a szemcsék felülete.

Mérési eredmények

Nigériai Akkra és Ghanai Akkra kakaóbabokat, Robusta kávéfajtát, Probat típusú pörköelőben a Zamat-, Keksz- és Ostyagyárban, a kávék közül az Orient és Ali baba keverékeket Tornadó típusú pörköelőben a Budapesti Csokoládégyárban vizsgáltuk.

Méréseinket a termelő berendezéseken végeztük.

A kalóriamétereinkbe (termoszok) 200 g vizet helyeztünk, amelynek hőmérsékletét a szemcsék betáplálási hőmérsékletére állítottuk be (amelyeknél a szemcse nem változtatta a víz hőmérsékletét).

A pörkölés során tíz percenként vettünk mintát a berendezés mintavevőjével, amelyet a pörköelőtérben tartottunk, így a hőmérséklete a szemcsék hőmérsékletével mindig megegyezett.

A mintát közvetlenül az előkészített termoszba helyeztük, majd mértük az összsúlyát és a kiegyenlítődési hőmérsékletet, továbbá minden alkalommal a pörköelő közeg (levegő + égéstermék) hőmérsékletét.

A kakaóbab fajhőjét $0,5^{kcal/kg\ ^\circ C}$ [9], a kávé fajhőjét $0,47^{kcal/kg\ ^\circ C}$ [10] értékkel vettük figyelembe.

A felület meghatározásához szükséges jellemző méreteket kakaóbab esetében $a=2,23$ cm, $b=0,58$ cm, a kávékeverékre $a=0,95$ cm, $b=0,77$ cm-nek találtuk.

Számos pörkölés esetén követtük módszerünkkel a szemcsehőmérséklet alakulását az idő függvényében. Ezek változása egymástól eltérést mutat, mivel a pör-

1. TÁBLÁZAT

Kakaóbab szemcsehőmérsékletének változása pörköelőben

Idő (min)	G kakaó (g)	t közös ($^\circ C$)	t pörköelő ($^\circ C$)	t szemcse tényleges ($^\circ C$)	α átlag kcal/m ² h $^\circ C$
0	35	17,7	78	26,4	0,75
10	57	21,8	76	53,2	
20	50	25,2	84	98,2	
30	62	27,5	102	112,5	
40	64	29,0	112	116,6	
50	104	35,0	117	123,0	

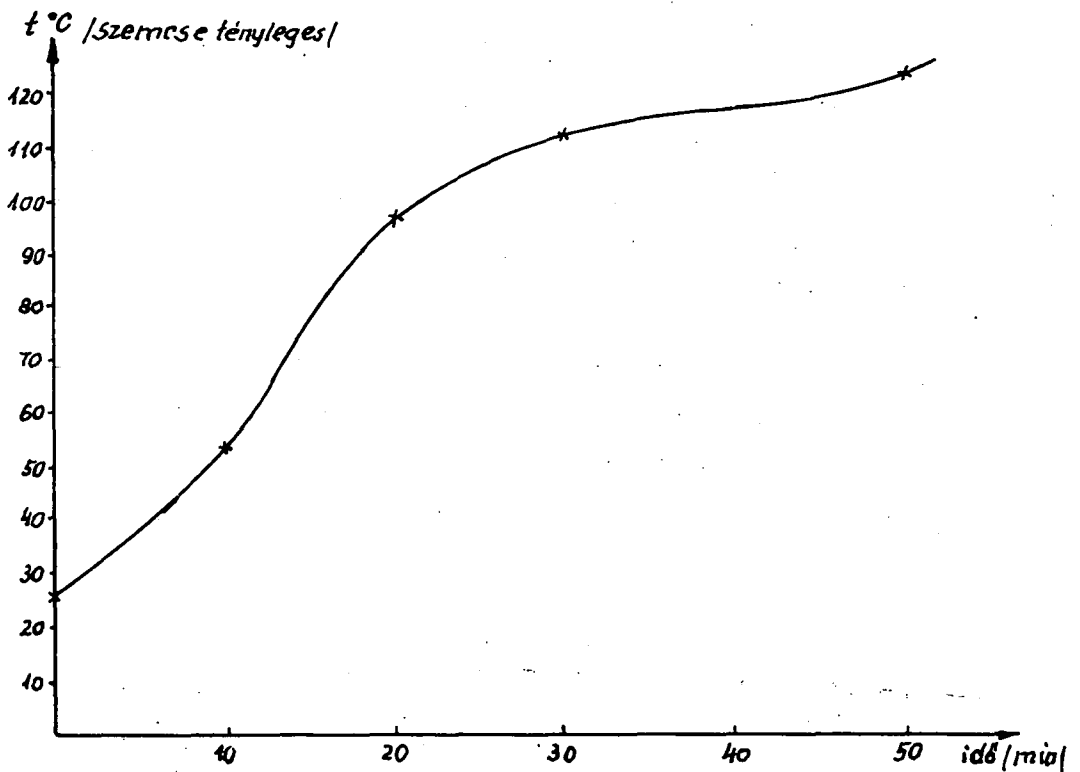
$G_{viz} = 200$ g; $t_{kezdeti} = 17\ ^\circ C$

2. TÁBLÁZAT

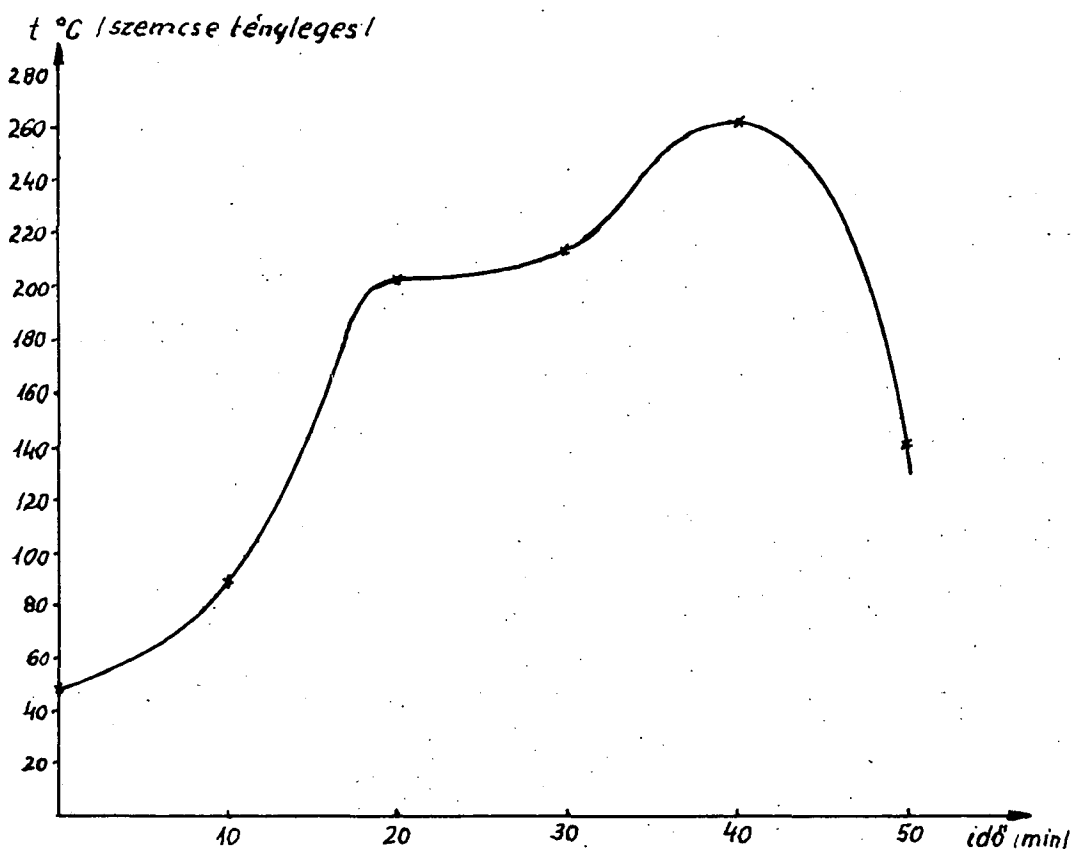
Kávékeverék szemcsehőmérsékletének változása pörkölésben

Idő (min)	G kávé (g)	t közös (°C)	t pörkölő (°C)	t szemcse tényleges (°C)	α átlag kcal/m ² h °C
0	12	18,8	130	47,9	1,20
10	14	21,0	152	87,8	
20	12	23,1	176	205,0	
30	8	21,6	189	215,1	
40	6	20,9	202	264,9	
50	21	24,5	220	142,4	

G_{víz} = 200 g; t_{kezdeti} = 18 °C



1. ábra. Kakaóbab szemcsehőmérséklet változása pörkölésben



2. ábra. Kávékeverék szemcsehőmérséklet változása pörkölőben

kölés idejét, hőmérsékletét az üzemben a pillanatnyi körülményeknek (nyersanyag jellemzői, a berendezés felfűtöttsége stb.) megfelelően változtatták, ezek közül a legjellemzőbbeket kakaó esetében az 1. táblázatban a kávéra vonatkozóan a 2. táblázatban, illetve az 1. és 2. ábrákon mutatjuk be.

Értékelés

A bemutatott eredményeink és tapasztalataink arra engednek következtetni, hogy a kalorikus szemcsehőmérséklet-mérés alkalmas a pörkölőben lejátszódó bonyolult, nem állandósult hőközlési viszonyok követésére, és ezáltal a biológiai és kémiai változások ellenőrzésére, illetve irányítására.

Az instacioner kalorikus viszonyok különösen bonyolult hőeloszlásának (szemcsén belül is heterogén) jellemzésére, jelenleg egyetlen gyakorlati értékű eljárás.

Üzemi alkalmazása aránylag egyszerűen bevezethető, ugyanis a víz és szemcse azonos kezdeti hőmérséklete az együtt tárolással pontosan megoldható, így szériamérések esetén egy pipettázás, két hőmérsékletmérés és egy táramérlegelés jelent egy szemcsehőmérséklet-meghatározást. Az értékelés, miután csupán néhány anyag-

féleséget pörkölünk, táblázat vagy logarlécszerű eszköz segítségével néhány másodperc alatt megoldható.

A módszer további előnye, hogy magasabb hőfokú pörkölés esetén fellépő anyagon belüli hőtermelő kémiai változások, amelyek a pörkölő közeg hőmérsékletére hevítik a szemcsét, követhetők. A magasabb hőmérsékleten a biológiai és kémiai változások sokkal gyorsabban játszódnak le, ezért ebben az esetben a fokozottabb szemcsehőmérséklet-ellenőrzés külön indokolt.

A szemcse felületére vonatkozó hőátadási tényező kísérleti úton való meghatározását teszi lehetővé az eljárás, amely lehetőséget nyújt a pörkölés kalorikus és anyagátadási viszonyainak pontosabb leírására, azaz az optimális üzemeltetési paraméterértékek pontosabb megállapítására.

Összefoglalás

A pörkölőkben lejátszódó szemcsehőmérséklet-változás követésére a kalorikus szemcsehőmérséklet-mérés alkalmazható, ezáltal a biológiai és kémiai változások pontosabban ellenőrizhetők, amelynek eredményeként jobb és állandóbb minőségi jellemzőkkel rendelkező termék állítható elő. Az eljárás az anyagon belüli exoterm folyamatokból származó hőmérsékletváltozás követésére is alkalmazható.

A szemcse felületén kialakult határreteg hőátadási tényezőjének meghatározását is lehetővé teszi.

Üzemi megvalósítása egyszerűen megoldható.

IRODALOM

1. *Holdsworth, S. D.*: Food Manufacture, 1969. 11. sz.
2. *Kleinert, J.*: Revue Internationale de la Shocolatire, 1966.
3. *Rohan, T. A.—Stewart T.*: I. Food Sci, 31 (2) 1966. 6.
4. *Szántó S.*: Édesipari Technológia, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1968.
5. *Sivetz, M. S.—Footh, H. E.*: Coffea Processing Technology Publishing Company, 1963.
6. *Zsigó I.—Maróti J.*: Kukoricaszárítás hőátadása. Tudományos Közl. I., Élelmiszeripari Főiskola, Szeged, 1971.
7. *Zsigó I.—Maróti J.*: Hő- és anyagátadás analógiájának vizsgálata gabonafélék szárításánál. Tudományos Közl. II., Élelmiszeripari Főiskola, Szeged, 1973.
8. *Gömböcz L.—Maróti J.*: Matematika II. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1968.
9. *Raznje I.*: Hőtechnikai táblázatok, Műszaki Könyvkiadó Bp.
10. *Maczelka L.*: Édesipari anyagismeret. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1962.

UNTERSUCHUNG DER GRANULUM—TEMPÉRATUR IM RÖSTVORGANG

I. Zsigó und J. Maróti

Zur Verfolgung der im Röstapparatstatthabenden Veränderung der Granulumentperatur ist die Messung der kalorischen Körnchentemperatur anwendbar. Sie gestattet eine genauere Kontrolle der biologischen und chemischen Wandlungen, und dies wiederum ermöglicht die Herstellung von Produkten mit besseren und konstanteren qualitativen Eigenschaften.

Das Verfahren eignet sich auch zur Verfolgung der innerhalb des Materials stattfindenden, von exothermen Vorgängen herrührenden Temperaturänderungen.

STUDY OF THE GRAIN TEMPERATURE DURING ROASTING

I. Zsigó—J. Maróti

The thermal grain-temperature measurement can be applied to follow the change of the grain temperature which occurs in the roaster. By this means the biological and chemical changes can be controlled more accurately, and as a result it is possible to produce a better product of a more constant quality.

The procedure is also suitable for following the temperature changes resulting from exothermic processes within the material.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕРНА ПРИ ОБЖАРКЕ

Др. Иштван Жуго—Янош Мароти

Калориметрический метод измерения температуры зерна при обжарке является одним из применяемых методов определения температуры зёрен. При этом методе удобно следить за изменением био-химических свойств материалов, в результате чего готовый продукт получается с улучшенными и качественными показателями.

Данный метод пригоден для исследования экзотермических процессов внутри материала.