

Termisztoros hőmérő alkalmazása hűtőipari termékek maghőmérsékletének a mérésénél

KOVÁCS BERNADETTE

Megyei Élelmiszerellenőrző és Vegyvizsgáló Intézet, Szombathely

Az élelmiszerek fizikai tartósító eljárásai közül napjainkban egyre jobban hódít a gyorsfagyasztás.

A Nemzetközi Hűtési Intézet (IIF) és a FAO/WHO Codex Alimentarius Bizottságának definíciója szerint a gyorsfagyasztott kifejezés akkor használható, ha

- „ – a fagyasztást oly módon végzik, hogy gyorsan áthaladnak a maximális jégkristályképződési zónán (általában $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ között) és a fagyasztást akkor tekintik befejezettnek, ha a kiegyenlítődési hőmérséklet eléri a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot;
- a termék hőmérsékletét a tárolás és szállítás során $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, vagy ennél kisebb értéken tartják minimális hőmérsékletingadozás mellett.”

Ez utóbbi kritérium különösen fontos, hiszen néhány fokos felmelegedésük esetén is jelentős fizikai, kémiai, mikrobiológiai változások következnek be a termékeknél, melyek következtében a minőségmegőrzési idő lényegesen csökken.

Fentiekből egyértelműen következik, hogy a gyorsfagyasztott termékek termikus középpontjában uralkodó hőmérsékletnek (maghőmérséklet), valamint a tárolótér hőmérsékletének rendszeres ellenőrzése a szállítás, tárolás során fontos minőségellenőrzési feladat.

A kereskedelemben alkalmazott mélyhűtőpultok zöme hőmérővel ellátott, így a rendszeres tárolótéri hőfok ellenőrzésének elvi akadályja nincs. (Gyakorlatban a törésveszély elkerülése miatt a hőmérőt az egységek kiiktatják.) A maghőmérséklet mérését azonban a kereskedelemben az áru átvételénél seholsem alkalmazzák. Szükséges lenne, mivel a hűtőiparban szállításra alkalmazott hűtőaggregátor nélküli, hőszigetelt (ún. termosz) gépkocsikban – nyári időszakban – 2,5 legfeljebb 6 óra hosszat lehet csak szállítani a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten berakott gyorsfagyasztott árut anélkül, hogy hőmérséklete ne emelkedne $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölé (Almási, 1961). Elvileg ezeket a hűtőkocsikat csak helyi ill. közeli áruszállításra lehetne használni, gyakorlatban azonban a hűtőipar a hosszabb túrájaraikat is ezekkel oldja meg. A hűtőlánc megszakadása, ill. a maghőmérséklet emelkedése tehát sok esetben már a szállítás során bekövetkezik.

A kereskedelemben tárolt áruknál viszont a hűtés folyamatosságának megszakadása abból adódik, hogy az elektromos hálózatban bekövetkező zavarok miatt hosszabb-rövidebb áramkimaradás lép fel. Objektív mérés hiányában ilyen esetekben a maghőmérséklet emelkedésének a megállapítása a kereskedelmi dolgozó szubjektív értékítéletére van bízva, így gyakori, hogy olyan árut tárolnak és forgalmazzanak tovább, amelynek maghőmérséklete egyszor már a kritikus hőfok fölé emelke-

dett. Indokolt tehát a kereskedelmi egységekben kötelezően bevezetni és alkalmazni a maghőmérséklet rendszeres vagy időszakos ellenőrzését.

A maghőmérséklet mérése azonban bonyolult feladatnak látszik, mert egyszerű szilárd test középpontjának hőfokát kell viszonylag gyorsan és pontosan meghatározni, másrészt a rendelkezésre álló hőmérők (higanyos, borszeszes, bimetall) – hibájuk és hátrányuk miatt – e feladat elvégzésére nem, vagy alig alkalmazhatók. Ezért a maghőmérséklet mérése széles körben nem terjedt el.

Sokkal érzékenyebben indikálják a hőmérsékletváltozást az *ellenállásmérők*. Előnyük az előbbiekkal szemben az is, hogy a hőmérő hőérzékelő és leolvasó része tetszés szerinti távolságban lehet egymástól.

Az utóbbi időben mindinkább terjednek a félvezetős ellenállásmérők; a *termisztoros* hőmérők. Különböző oxidokból készülnek, széles mérési intervallumban használhatók. Az érzékelőfej csúcsában levő hőérzékelő részük és ezzel együtt a hőkapacitásuk is nagyon kicsi, tehát a mérési objektumtól csak igen kis mennyiségű hőt vonnak el. Ellenállásuk nagyon nagy (esetenként néhány ezer ohm), ami lehetővé teszi, hogy az érzékelő részt és a leolvasó részt összekötő vezetékek ellenállását, illetve a készülékben fellépő termoelektromos erőket elhanyagoljuk. A mérési objektumok hőmérsékletét igen gyorsan felveszik, ezért előnyösen alkalmazható a változások gyors követésére.

Intézetünk 1976 óta a *TH-01 típusú* (gyártó: Mérőműszer Ipari Szövetkezet Bp.) termisztoros hőmérőt használja a kereskedelmi ellenőrzések során a gyorsfagyasztott termékek maghőmérsékletének a mérésére.

A mérőkészülék 2 részből áll:

1. *Mérőműszer*. Hordozható kivitelű (9×7×4 cm), 1,5 V-os rúdelem – amely 3 V-os rúdelem papírburkolatának eltávolításával nyerhető, – szolgáltatja a telepet. A műszer hátlapjának lecsavarása után cserélhető.

2. *Érzékelő fej*: 15 cm hosszú védőcső csúcsában elhelyezett fémoxid hőérzékelő, csatlakozó résszel ellátva, változtatható hosszúságú, összekötő vezetékkel. Mechanikusan nem terhelhető, ezért célszerű külön szűrő-, ill. fűrészköz alkalmazása. Kérülni kell az érzékelő fej vezetékének mechanikus igénybevételét (húzás, csavarás, törés stb.).

A készülék rendszeres használatbavétele előtt az alábbi ellenőrző műveleteket végeztük el:

1. Hitelesítés a hőmérsékletskála fix pontjaira
2. Beállási idő meghatározása
3. A környezeti hőmérséklet zavaró hatásának vizsgálata.

1. A 0 °C-ra való hitelesítés kettősfalú termoszban levő desztillált víz és jég keverékében történt.

Összehasonlításra hitelesített 1/20 °C-os (0,05 °C) etalon hőmérőt használtunk. 0 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletek előállítására eutektikus sókeverékeket alkalmaztunk.

10–10 mérés átlageredményét, illetve az eltérés mértékét az 1. táblázat mutatja.

A hőmérő érzékenysége a negatív hőmérséklet tartományban nagyon jó, –20 °C-on is csak 0,16 °C átlagos eltérést tapasztaltunk, a pozitív hőmérséklet tartományban azonban már 10 °C-nál megközelítően 0,4 °C eltérés mutatkozott. A műszer tehát a magasabb hőmérséklettel szemben érzéketlenebb, ami annak a következménye, hogy az ellenállás a hőmérséklet emelkedésével csökken. Mivel a termisztoros hőmérőt a hűtőipari termékek mérésére kívántuk alkalmazni, a célra

Etalon hőmérő t °C	Termisztoros hőmérő t °C	Eltérés °C
10,0	10,38	+ 0,38
6,0	6,32	+ 0,32
3,55	3,80	+ 0,25
2,25	2,43	+ 0,18
0,0	0,08	+ 0,08
- 1,85	- 1,87	- 0,02
- 2,70	- 2,73	- 0,03
- 10,50	- 10,58	- 0,08
- 13,85	- 13,96	- 0,11
- 14,90	- 15,04	- 0,14
- 19,80	- 19,96	- 0,16

igen megbízhatónak bizonyult. Hibája viszont, hogy -20 °C -nál alacsonyabb hőmérséklet mérésére nem alkalmas.

2. A jó hőmérővel szemben támasztott követelmény a pontosságon túl a hőmérő beállási idejének viszonylagos rövidegsége. Ezen azt az időt értjük, amely alatt a mérendő anyag és a hőmérő hőérzékelő része között pillanatnyi hőegyensúly áll be. Ezalatt az idő alatt hőátadás indul meg a közeg és a hőmérő között. Ha figyelmen kívül hagyjuk a környezet hőmérsékletét, a Newton-féle hővezetési egyenlet értelmében a közegből a hőmérő által felvett hő

$$dO = \alpha F (t_1 - t) dz, \text{ ahol}$$

O = a felvett hőmennyiség

α = hőátadási tényező

F = hőmérő hőérzékelő részének felülete

t_1 = a mérendő közeg hőmérséklete

t = a hőérzékelő rész pillanatnyi hőmérséklete

τ = idő

A közegből a hőmérőnek átadott mennyiség

$$dO = m c dt, \text{ ahol}$$

m = a hőmérő tömege

c = a hőmérő fajhője

A hőmérő beállási idejét (τ) tehát eleve meghatározza anyaga, tömege, szerkezete (hőtehetetlenségi tényező), továbbá a közeg és a hőmérő pillanatnyi hőmérséklete közötti különbség.

A beállási idő megállapítását 2 féle módon végeztük el. Első esetben (I) a $t_1 - t$ hőfokkülönbség minden esetben nagy volt, vagyis a külső környezet hőmérsékletére beállt ($\sim 23\text{ °C}$) érzékelőfejet helyeztük a mérendő közegbe, a második esetben (II) a mérőfejet a mérés előtt 0 °C körüli hőfokra hűtöttük le. A mérések alapján tapasztalt beállási időket ($5 - 5$ átlagérték) a 2. táblázat tartalmazza.

A hűtőipari termékek maghőmérsékletének a mérésénél számbajövő negatív hőmérséklet-tartományban annál rövidebb volt a beállási idő, minél kisebb volt az érzékelőfej pillanatnyi és a közeg mérendő hőmérséklete közötti különbség.

A gyakorlatban ezt úgy oldottuk meg, hogy a mérések megkezdése előtt az érzékelőfejet $10 - 20$ másodpercre a hűtőpultba helyeztük, így a továbbiakban egy-egy termék maghőmérsékletének a mérése ~ 30 másodpercet vett igénybe.

Hőmérséklet °C	Beállási idő (sec)	
	I.	II.
10,0	14,0	12,0
6,0	16,2	10,1
3,55	18,0	9,7
2,25	27,4	8,2
0	29,6	—
– 1,85	30,7	10,5
– 2,70	31,2	13,0
– 10,50	39,1	21,5
– 13,85	42,0	23,4
– 14,90	43,1	24,8
– 19,80	44,2	28,6

3. A környezetinél kisebb hőmérsékleten végrehajtott mérésnél számolnunk kell azzal is, hogy a védőcsövön hő jut a mérendő közegbe elhelyezett érzékelőhöz, ez rontja a mérés pontosságát.

A hiba megoldásának a lehetősége:

- csökkenteni kell a külső közeg és a mérendő közeg közti hőmérséklet-különbséget (előzőkben már foglalkoztunk ezzel),
- az érzékelő bemerülési hosszát növelni kell, mert a hőmérséklet a védőcső hossza mentén változik, a hosszúság függvénye: $t = f(l)$. Így növelhetjük a mérendő közeg hűtőhatását a hőmérő hőérzékelő részére.

A fentiek alapján a TH-01 típusú termisztoros hőmérő a gyorsfagyasztott termékek maghőmérsékletének a mérésére alkalmas.

Előnyei más hőmérőkkel szemben:

- Hordozható, így a mérés bárhol és bármikor elvégezhető.
- Az érzékelő kis időállandója biztosítja a gyors beállást, így a mérések minimális várakozási idővel végezhetők.
- Egyszerű és könnyen kezelhető.
- Az érzékelő alakja, hajlíthatósága biztosítja széles körű felhasználhatóságát.
- A hőérzékelő és leolvasó rész térben elválasztható.

A készülék – gyakorlati használata alapján bebizonyosodott –, hogy a hatósági ellenőrzést végzők számára előnyös, de ajánljuk a könnyű kezelhetőség miatt a kereskedelmi egységekben a gyorsfagyasztott áruk időszakos hőmérséklet ellenőrzésére. (Jelenleg a Finommechanikai Vállalat állít elő termisztoros hőmérőket hasonló kivitelben.)