

Szakmai publikáció

Budapest, 2005.05.03.

Transpack 2005/3, június, V. évf., 42-45. o.

A frissesség nem a véletlen műve Kriogén fagyasztási eljárások az élelmiszeriparban



1. ábra: A nagy fagyasztási sebesség döntő jelentőséggel bír az érzékeny és drága élelmiszerek minőségének megőrzésénél.

Az élelmiszertermékeket a lehető legkíméletesebben kell mélyhűteni, hogy kiengedés után ismét frissen és étvágygerjesztően kerülhessenek az asztalra. Ennek előfeltétele a „gyorsfagyasztás”, vagy „sokkoló fagyasztás”. A sejtekben tárolt víznek nagyon gyorsan kell megfagynia (kb. 3-5 cm/h sebességgel) annak érdekében, hogy olyan kisméretű jégkristályok képződjenek, melyek már nem károsítják a sejt szerkezetét.

Mélyhűtött cseppfolyós gázok, elsősorban kriogén nitrogén, vagy szén-dioxid felhasználásával ezt nem csak igen hatékonyan lehet elérni, hanem gazdaságosan is. A kriogén fagyasztási módszerrel a fagyasztandó áruk közvetlen érintkezésbe kerülnek a hűtőközeggel. Az extra gyors fagyasztással megakadályozható az áruk kiszáradása és a nemkívánatos súlyvesztés. A kriogén gázokkal való fagyasztás különösen célszerű olyan drága, feldolgozott, vagy előregyártott élelmiszereknél, mint a nyershús, húskészítmények, gyorsan elkészíthető ételek, sütőipari termékek, hal, kagyló, spárga, és eperfélék. A jégkrémek, torták és gyümölcsös sütemények hidegsokkolása külön előnyökkel is jár, mivel segítségével elkerülhető a kontúrok és dekorációk sérülése a csomagolás során.

Nitrogén és szén-dioxid a sokoldalú hűtőközegek

A hűtéshez és fagyasztáshoz a cseppfolyós nitrogénben és szén-dioxidban tárolt „hidegenergia” használható fel. A hűtőközeg megválasztása az alkalmazástól függ. Mindkét hűtőközeg semleges, nem lépnek reakcióba az élelmiszer anyagával, különösebb mellékhatás nélkül közvetlenül rápermetezhetők a hűtendő, fagyasztandó termékre. A nitrogén és a szén-dioxid élelmiszeripari adalékanyagok, használatuk törvényi szabályozás által is engedélyezett az élelmiszergyártásban. Ezek a gázok a környező levegőből, természetes forrásokból, vagy ipari folyamatokból származnak. Miután hidegenergiájukat leadták, ismét a környezetbe bocsáthatók vissza.

Cseppfolyós nitrogén

A nitrogén (N₂) semleges inert gáz, szokásos környezeti feltételek között nem lép reakcióba más anyagokkal. Az általunk belélegzett levegőnek mintegy 78%-át alkotja. Légköri nyomáson -196 °C-on cseppfolyósodik. Előállítás a levegőből történik levegőszétválasztással.

Cseppfolyós szén-dioxid

A szén-dioxid (CO₂) természetes forrásokból, vagy ipari folyamatokból származik. Normál feltételek mellett (0°C és 1 bar nyomás) ez is semleges, szagtalan, íztelen, színtelen, nem éghető gáz. Légköri nyomáson a CO₂ csak szilárd (szárzajég), vagy gázhalmazállapotú lehet. A folyékony CO₂ csak 5,18 bar feletti nyomáson létezik. A folyékony CO₂ tárolása körülbelül 17 bar nyomáson történik -25 °C-on. Az élelmiszerekre vonatkozó antibakteriális hatás (a baktériumok szaporodásának gátlása) fontos tulajdonsága a CO₂-nek.

Gyors és kíméletes fagyasztás

Fagyasztás alatt a vizet is tartalmazó élelmiszerek környezeti hőmérsékletéről (pl. +20 °C) jóval a fagyáspont alá (minimum -15 °C alá) történő hűtését értjük. Ilyen hőmérsékleten az áruk jelentősebb minőségromlás nélkül hosszú ideig tárolhatóak. A fagyasztással együtt jár a megdermedés és a víztartalom kristályosodása.

Egy fagyasztási eljárás teljesítményének meghatározására a $\overline{w}$ átlagos fagyasztási sebességet (cm/h-ban kifejezve) használjuk, amelyet a következőképpen definiálunk:

$$\overline{w} = d_0 / z_0$$

ahol d_0 a termék közepe és a termék felszíne közötti legkisebb távolság, z_0 pedig a termék közepének 0 °C-ról -10 °C-ra való lehűtésének ideje. A fenti definíció alapján a fagyasztó berendezéseket a következőképpen lehet osztályozni:

- **Lassú fagyasztás**

pl. háztartási fiókos fagyasztó szekrényekben
 $\frac{w}{w} \leq 0,1 \text{ cm/h}$

- **Lassú fagyasztás**

pl. hagyományos ipari fagyasztó egységben
 $\frac{w}{w} \leq 0,1 - 0,5 \text{ cm/h}$

- **Sokkoló fagyasztás**

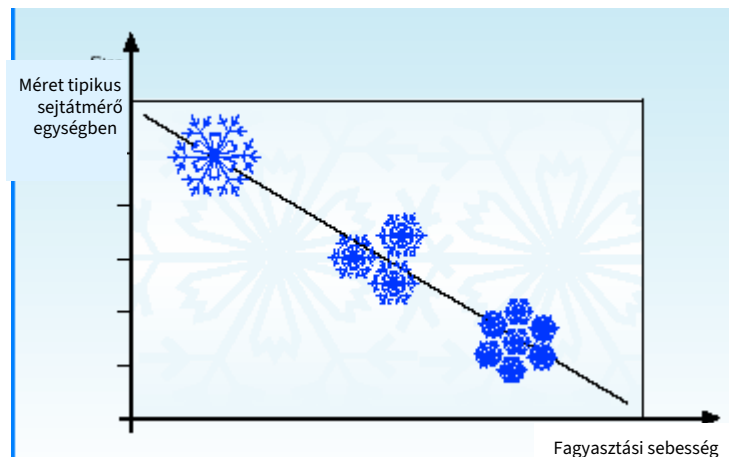
kriogén folyadékok (cseppfolyós nitrogén és szén-dioxid) használatával
 $\frac{w}{w} \geq 3-5 \text{ cm/h}$

A gyors hőmérsékletesítés nem egyedüli előfeltétele a 3-5 cm/h fagyasztási sebesség elérésének. Szükséges ezenkívül még az is, hogy a cseppfolyós nitrogén közvetlenül elpárologjon, vagy a szén-dioxidhó közvetlenül szublimálódjon a fagyasztandó termék felületén. Itt a hőátadás a következő képlet szerint történik.

$$Q = \alpha \times A \times \Delta T$$

Az A termékfelületre (m^2) időegységenként átvitt hőmennyiség (Q) a hőmennyiség gradienstől (ΔT) és az hőátadási koefficiensből (W/m^2K) függ.

Csak nagyon magas fagyasztási sebességnél (több mint 3 cm/h) kristályosodik a sejt víztartalma elég gyorsan ahhoz, hogy olyan apró méretű jégkristályok keletkezzenek, melyek nem károsítják a sejtstruktúrát (2. ábra). A hagyományos berendezéseknél 5%-os értéket is elérő nedvességvesztés kriogén fagyasztásnál kevesebb, mint 1%, ezáltal az így fagyasztott termékek ismét ízletesek és étvágygerjesztők felengedés után.



2. ábra A kriogén fagyasztással olyan kisméretű jégkristályok keletkeznek, melyek nem károsítják a sejtfalet.

Kriogén fagyasztó berendezések

Míg a hagyományos fagyasztókat általában csak egy adott hűtési teljesítményre tervezik, addig a cseppfolyós nitrogénnel, vagy cseppfolyós szén-dioxiddal működő - pl. CryogenRapid - fagyasztó berendezések nagyon széles kapacitástartománnyal működnek. Ezen kívül rugalmas felhasználási lehetőségeket nyújtanak, könnyen bővíthetők, és kisebb méretűek, mint a hagyományos mechanikus rendszerek. A berendezések nincsenek helyhez rögzítve, könnyen mozgathatóak. A szükséges hűtőközeg tároló tartályokat kint a szabadban állítják fel. A Messer a kriogén gázok előnyeinek optimális kihasználása érdekében a legkülönbözőbb követelményhez illeszkedő egész fagyasztó berendezés családot fejlesztett ki. A következőkben röviden bemutatjuk a leggyakrabban alkalmazott típusokat.

Fagyasztóalagút

A rendszer magas hatásfoka a termék beadagolásának irányával szemben történő optimális hideggáz-ellenáramlásan alapul. A hűtőközeget egy hőmérséklet által szabályozott szelepen és egy fúvókacsoporton keresztül permetezik a többnyire csomagolatlan termékekre.

A cseppfolyós nitrogén közvetlen elpárolgásával keletkező hideg gázt a keringető ventilátorok áramoltatják a szállítószalag, ill. a termékek fölött, és hidegenergiájának átadása után egy kiszívó ventilátor segítségével távolítják el az alagútból. A nedvességgel telített atmoszféra és a rövid fagyasztási idő megakadályozza a termék kiszáradását, és az ebből eredő nemkívánatos súlyvesztést. A jégkrém- és édességgyártók is használják ezeket a fagyasztóalagutakat fagylaltok és fagylalttorták kéregfagyasztására, vagy teljes átfagyasztására.



3. ábra Cryogen® Rapid fagyasztóalagút.

Spirálfagyasztó

Amikor hely szűkében nincs lehetőség hosszú szállítószalagok alkalmazására, akkor a spirálfagyasztó tesz lehetővé magas fagyasztási teljesítményt kis alapterületen. A spirálfagyasztóban a szállítószalagot csigalépcsőszerűen spirálalakban vezetik felfelé függőleges irányban. A spirálfagyasztókat dupla rendszerként is kialakíthatják a hűtőközeg minél jobb kihasználása érdekében. Az első egység az előhűtést végzi, míg a második egység a közepéig átfagyasztja a terméket.



4. ábra A spirálfagyasztók magas fagyasztási teljesítményt nyújtanak kis alapterületen.

Fagyasztószelekrény

A fagyasztószelekrény alkalmazása különösen kis fagyasztási mennyiségek és tételes (batch) gyártás esetén előnyös. Egyaránt alkalmas hűtésre, kéregfagyasztásra és mélyhűtésre. A termékeket egy keretes kocsi tálcáira helyezik, amelyet ezután betolnak a fagyasztószelekrénybe. A ventilátorok egyenletesen keringetik a hideg gázt a különböző szintek között az optimális hőátadás és a homogén hűtési, vagy fagyasztási eredmény elérése érdekében. A fagyasztószelekrényt úgy tervezték, hogy a tálcás kocsi rámpa vagy emelő eszköz nélkül könnyen betolható legyen.

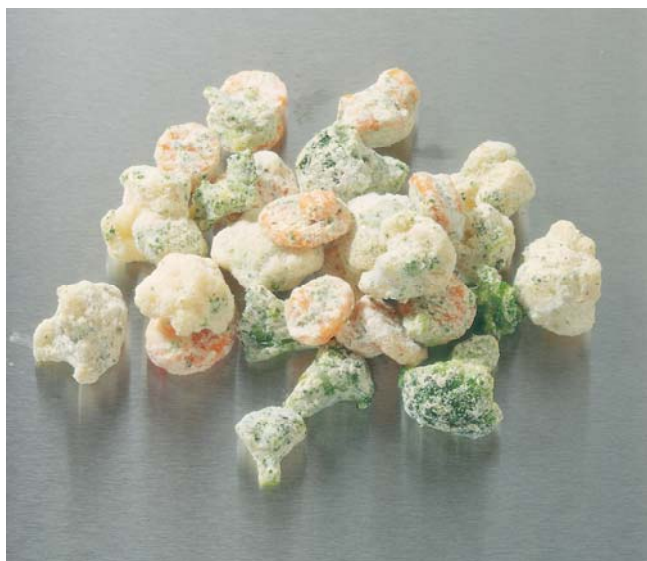
Moduláris konstrukciójának köszönhetően a fagyasztószelekrények ideálisak arra, hogy a növekvő mennyiségi termelési igényekhez való alkalmazkodás céljából fokozatos fejlesztéseket valósítsanak meg. A duplaszelekrények magas energiahatásfokot biztosítanak azáltal, hogy a hideg gázt váltakozva használják fel. Itt az egyik szelekrényből - amelyben az élelmiszerek már megfagytak - kifűjt gázt a másik szelekrénybe vezetik át, a normál hőmérsékletű termékek előhűtésére. Ez az eljárás egyaránt használható kolbászféléknél, húsoknál és pékáruknál, továbbá különösen érdekes megoldást nyújthatnak catering vállalkozások, élelmiszerszállítók és központi konyhák számára, amelyek ételeiket az elkészítés után kiszállítják.



5. ábra A fagyasztószelekrényén magas fagyasztási kapacitásával hűtésre és fagyasztásra egyaránt alkalmas.

I.Q.F. fagyasztás

A különálló darabonként gyorsfagyasztott termékek (IQF - Individually Quick Frozen) iránti igény egyre nő, mivel így kisebb adagok is kivehetőek az ömlesztett csomagolásokból. A fagyasztó kiválóan alkalmas hal- és húsdarabok, darált húsok, apró szemű, vagy darabolt zöldségek és gyümölcsök IQF minőségben való lefagyasztására. A hűtőközeg folyékony nitrogén, vagy szárazjég-hó lehet. A terméket egy szalagrendszer segítségével hosszú, szigetelt forgócsőbe vezetik be. A kör alakú alagút állandó forgása megakadályozza, hogy a termékek egymáshoz vagy a csőfalra ragadjanak. Ilyen módon az IQF fagyasztó egységes és reprodukálható eredményt biztosít, és egyidejűleg a készételek egyes alkotórészeinek kíméletes fagyasztását is lehetővé teszi.



6. ábra I.Q.F – Individually Quick Frozen

Immerziós (bemerülős) fagyasztó

Ebben a rendszerben a terméket egy szállítószalagon folyékony nitrogénfürdőn vezetik keresztül. A fürdő szintjét egy szintszabályzó állandó értéken tarja. A folyékony nitrogén nagyon magas hőátadási együtthatójának ($=2.300 \text{ W/m}^2\text{K}$) köszönhetően az immerziós fagyasztó kevesebb mint egy perces fagyasztási időket tesz lehetővé. A cseppfolyós nitrogénbe való bemerítést használó mélyfagyasztók különösen jól használhatók alacsony hőátadási képességű és magas bemeneti hőmérsékletű, krémállagú termékek esetén. Például egy extrudálóból kijövő forró termék bármilyen káros mellékhatás nélkül megbízhatóan és gyorsan megfagy a cseppfolyós nitrogénben. Az átbocsátóképesség növelése érdekében előnyös lehet az immerziós fagyasztót egy másik fagyasztó (pl. alagutas, vagy spirális fagyasztó) elé beállítani.

Vibrofreezer

A Vibrofreezer a Messer Csoport új fejlesztése, amely kis, vagy darabos termékek egyedi, darabonkénti hűtését, vagy fagyasztását teszi lehetővé egy forgórész nélküli fagyasztógépben, minimális helyigény mellett. A termékek először cseppfolyós nitrogén fürdőbe kerülnek, majd azután két vibrátor rezgése által egy rozsdamentes fémspirálon felfelé haladva eljutnak a felső részben található kimeneti nyíláshoz. Ez az új, vertikális felépítésű Vibrofreezer az alacsony nitrogénfogyasztás mellett optimális kihasználtsággal is bír.

A fagyasztógépet először 2004. november végén mutatták be az IPA Paris élelmiszeripari vásáron.



7. ábra Vibrofreezer

Kontakt:

Kapás László
Élelmiszeripari mérnök

Messer Hungarogáz Kft.
Tel: 06 (1) 435 1144
laszlo.kapas@messer.hu
www.messer.hu