XXXII. Nemzetközi Vegyészkonferencia
2026. október 29-31
Szatmárnémeti

SAPIENTIA
ERDÉLYI MAGYAR
TUDOMÁNYEGYETEM

A nitrit útja a húskészítményekben – a tárolástól a nitrozamin-képződésig

IGYÁRTÓ István[1], ALBERT Csilla[2], TAMÁS Melinda[2]

[1]Harviz SA Sediu (birou central): Str. Salcâm nr. 1 530153 Miercurea Ciuc, județul Harghita, România, Email: igyartooistvan@gmail.com

[2]Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Kar, Élelmiszertudományi Tanszék, RO-4100 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

Email: tamasmelinda@uni.sapientia.ro, albertcsilla@uni.sapientia.ro

ÖSSZEFOGLALÁS

A nitrit fontos technológiai összetevő a húsiparban, de tárolás és hőkezelés során potenciálisan rákkeltő N-nitrozaminok képződéséhez vezethet. Kutatásunkban a maradék nitrit- és nitráttartalom változását, valamint a nitrozamin-képződést vizsgáltuk különböző kezdeti nitritszintű (48, 64 és 80 mg/kg) sertés- és csirkehúsmintákban. A mintákat 4 °C-on tároltuk, majd sous-vide eljárással (65–75 °C), sütőben (100–105 °C), illetve serpenyőben (72–75 °C maghőmérsékletig) hőkezeltük.

A maradék nitrittartalom a tárolás során általában csökkent, amit a nitráttartalom alakulása nem magyarázott teljes mértékben. A friss és 4 napig tárolt mintákban a nitrozaminok nem voltak kimutathatók, a hosszabb (7–10 napos) tárolás során azonban a nyers húsban is megjelent az NPYR, NDPA, NPIP és NDBA. A hőkezelés jelentősen fokozta a nitrozaminok képződését, a legmagasabb értékeket a serpenyőben sülteknél mértük: az NPYR átlagos koncentrációja a nyers minták 20,91 µg/kg-os értékéről 52,09 µg/kg-ra, míg az NDBA 24,27 µg/kg-ról 121,11 µg/kg-ra emelkedett. Eredményeink igazolják, hogy a tárolási idő és a hőkezelés intenzitása döntően befolyásolja a nitrit átalakulását és az élelmiszer-biztonsági kockázatot jelentő nitrozaminok képződését.

BEVEZETÉS ÉS KUTATÁS CÉLJA

A nitrit a húsipar egyik fontos adalékanyaga, amely szerepet játszik a húskészítmények mikrobiológiai biztonságának, jellegzetes színének és eltarthatóságának biztosításában. Alkalmazása ugyanakkor élelmiszer-biztonsági kérdéseket is felvet, mivel bizonyos körülmények között potenciálisan rákkeltő N-nitrozaminok képződhetnek..

A nitrit átalakulását több tényező befolyásolja:

- **Nitritkoncentráció**: a kiindulási nitritmennyiség befolyásolja a pácolási reakciókat, a mikrobiológiai stabilitást és a maradék nitrittartalmat (Honikel, 2008; Sindelar és Milkowski, 2012).
- **Tárolási idő:** a maradék nitrittartalom a tárolás során általában csökken, mivel a nitrit különböző kémiai és biokémiai reakciókban vesz részt (Honikel, 2008; Sindelar és Milkowski, 2012).
- **Hőkezelés:** a hőmérséklet és a hőkezelési eljárás befolyásolja a nitrit átalakulását, valamint az N-nitrozaminok képződését (Xie és mtsai., 2023).
- **Húsfajta:** a hús kémiai összetétele és az aminprekurzorok jelenléte befolyásolhatja a nitrozamin-képződési folyamatokat (Deveci és Tek, 2023).

A nitrit mennyiségének csökkenése nem magyarázható kizárólag a nitráttá történő oxidációval. A nitrit reakcióba léphet a mioglobinnal és más húsösszetevőkkel, illetve nitrozovegyületek képződésében is részt vehet. E folyamatok közül élelmiszer-biztonsági szempontból kiemelt jelentőségű az N-nitrozaminok képződése (Honikel, 2008; Sindelar és Milkowski, 2012).

A KUTATÁS CÉLJA

Kutatásunk célja a különböző kezdeti nitritkoncentrációk (48, 64 és 80 mg/kg), a 4 °C-on történő tárolás, valamint a sous-vide, sütőben és serpenyőben végzett hőkezelés hatásának vizsgálata volt. Elsősorban a maradék nitrit- és nitráttartalom változását, illetve ezek kapcsolatát az N-nitrozaminok képződésével elemeztük sertés- és csirkehúsmintákban.

A bevezetést rövidebb, vázlatosabb, poszterre alkalmas

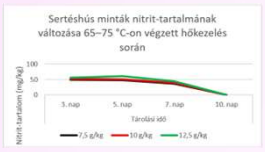
ANYAG ÉS MÓDSZER

- Vizsgált húsfajták: sertés- és csirkehús.
- A mintákhoz nátrium-nitritet tartalmazó adtunk, (nátrium-kloridot és 6,4 mg/g nátrium-nitritet tartalmazott.). A pácsó adagolása 7,5 g/kg, 10,0 g/kg és 12,5 g/kg mennyiségben történt, amely rendre 48, 64 és 80 mg/kg nitrit-koncentrációnak felelt meg.
- Tárolás: 4 °C; a kivonatban kiemelt időpontok: friss, 4, 7 és 10 nap.
- Hőkezelés: sous-vide 65–75 °C; sütő 100–105 °C; serpenyős sütés 72–75 °C maghőmérsékletig.
- Vizsgált fő változók: maradék nitrit, nitrát, N-nitrozaminok.

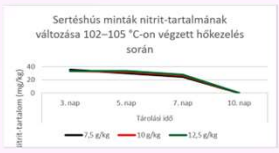
EREDMÉNYEK

1. A maradék nitrittartalom változása

A maradék nitrittartalom a tárolás előrehaladtával a legtöbb mintában csökkent; a tendencia mértékét a húsfajta, a kezdeti nitritadag és a hőkezelés együttesen alakította. A 48 mg/kg kezdeti nitritszinttel készített, alacsonyabb hőmérsékleten kezelt sertéshúsminta esetében a 3. napon mért 1,18 mg/kg a 10. napra 0,13 mg/kg-ra csökkent (≈89%). Az intenzívebb hőkezelés általában kisebb maradék nitritértékeket eredményezett.



1. ábra. Sertéshús nitrittartalmának változása 65–75 °C-os kezelés mellett



2. ábra. Sertéshús nitrittartalmának változása sütőben történő kezelés mellett.

2. A nitráttartalom alakulása és kapcsolata a nitrittel

A nitrát mennyisége a tárolási idő és a hőkezelés függvényében ingadozott; a nitrit csökkenését nem követte minden esetben arányos nitrátkoncentráció-növekedés. Ez arra utal, hogy a nitrit egy része a nitráttá oxidálódás mellett más reakcióutakban is részt vehetett. A két vegyület változása ezért nem értelmezhető egyszerű, egyirányú átalakulásként.



3. ábra. Nyers sertéshús nitriáttartalmának változása tárolás során



4. ábra. Nyers csirkehús nitriáttartalmának változása tárolás során

3. Az N-nitrozaminok megjelenése a tárolás során

A friss és a 4 napig tárolt mintákban a vizsgált N-nitrozaminok nem voltak kimutathatók. A 7. és 10. napi nyers mintákban viszont NPYR (N-nitrozopirrolidin), NDPA (N-nitrozodipropilamin), NPIP (N-nitrozopiperidin) és NDBA (N-nitrozodibutilamin) jelent meg; az NDMA (N-nitrozodimetilamin), NMEA (N-nitrozometiletilamin) és NDEA (N-nitrozodietilamin) ebben a mintacsoportban továbbra sem volt kimutatható.

A tárolt nyers mintákban az NPYR koncentrációja 19,8–29,5 µg/kg között változott, az NDBA pedig egyes esetekben meghaladta a 60 µg/kg-ot. A tárolás tehát hőkezelés nélkül is együtt járt bizonyos N-nitrozaminok megjelenésével.

0. nap	4. nap	7. nap	10. nap
Friss minta (tárolás nélkül)	Tárolás 4 °C-on	Tárolás 4 °C-on	Tárolás 4 °C-on
Nem kimutatható	Nem kimutatható	NPYR · NDPA NPIP · NDBA	NPYR · NDPA NPIP · NDBA

1. táblázat. A nitrozaminok kimutathatóságának időbeli alakulása a nyers mintákban

4. A hőkezelés hatása az N-nitrozaminok képződésére

A hőkezelés a nitrozaminprofil jelentős változásával járt. A 100–105 °C-os kezelés után további vegyületek, köztük az NDMA, NMEA és NDEA is kimutathatóvá váltak; a legmagasabb koncentrációkat a serpenyőben sült mintákban mértük. A dolgozat összesített átlagai alapján az NPYR a nyers minták 20,91 µg/kg-os értékéről 52,09 µg/kg-ra, az NDBA pedig 24,27 µg/kg-ról 121,11 µg/kg-ra emelkedett. Az egyedi maximumok: NPYR 70,54 µg/kg, NDBA 180,29 µg/kg. Az átlagok és a maximumok különböző mutatók, nem felcserélhetők.

Vegyület	Nyers (átlag, µg/kg)	Sült (átlag, µg/kg)
NPYR	20,91	52,09
NPIP	8,70	30,99
NDBA	24,27	121,11

2. táblázat. A hőkezelés hatása az N-nitrozaminok átlagos koncentrációjára (µg/kg)



5. ábra Hőkezelés hatása a csirkehúsminták nitrozamin profiljára



6. ábra. Hőkezelés hatása a sertéshúsminták nitrozamin profiljára

KÖVETKEZTETÉSEK

- A maradék nitrittartalom a tárolás és a hőkezelés során általában csökkent, de a csökkenés mértéke mintánként eltért.
- A nitrátkoncentráció változása nem magyarázta teljes egészében a nitrit eltűnését; több párhuzamos átalakulási út valószínűsíthető.
- A hosszabb tárolás során a nyers mintákban is megjelentek egyes N-nitrozaminok, így a tárolási idő önállóan is fontos tényező.
- A legnagyobb nitrozaminkoncentrációk az intenzív, serpenyős sütés után jelentkeztek; a vizsgált vegyületek közül az NPYR és az NDBA különösen hangsúlyos volt.
- A maradék nitrit alacsonyabb szintje önmagában nem bizonyítja a kisebb nitrozaminképződési kockázatot.
- A biztonságosabb termék-előállítás szempontjából a nitritadagolás, a tárolási körülmények és a hőkezelési eljárás együttes optimalizálása indokolt.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Deveci, G., & Tek, N. A. (2023). N-Nitrosamines: A potential hazard in processed meat products. Journal of the Science of Food and Agriculture, 104(5), 2551–2560. https://doi.org/10.1002/jsfa.13102
2. Honikel, K.-O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. Meat Science, 78, 68–76. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.05.030
3. Sindelar, J. J., & Milkowski, A. L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. Nitric Oxide, 26, 259–266. DOI: 10.1016/j.niox.2012.03.011
4. Xie, Y., Geng, Y., Yao, J., et al. (2023). N-nitrosamines in processed meats: Exposure, formation and mitigation strategies. Journal of Agriculture and Food Research, 13, 100645. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100645