

Kolbászszerítés folyamatának kísérleti vizsgálata újonnan kifejlesztett DC inverter vezérlésű hűtő aggregátokkal

Dr. Kassai Miklós PhD¹ – Orbán Péter²

Abstract

The budget of the national agriculturist not let the investment into sausage drying technology based on traditional technics. The technological development has enabled the meat drying technology also for low budget enterprises nowadays. The object of this research study was to investigate the sausage drying process in a small scaled test chamber with a novel developed DC inverter PID controlled condensing units. To achieve this test facility was installed in the introduction room of Kassai-Klíma Ltd. in which the drying process of 200 kg fresh sausages was investigated by experimental tests. During the tests the electricity consumption of the condensing units were also measured.

1. Bevezetés

Magyarország legismertebb hagyományai közé tartozik a disznótor és az állat feldolgozásából keletkező élelmiszerek elkészítése. Utóbbiak közé tartozik a kolbász is, amelynek készítése és fogyasztása tradicionálisan jellemző hazánkban. Ugyan ahány ember, annyiféle kedvenc kolbász létezik, mégis vannak alapvető követelmények a készáruval szemben. Ilyen például a megfelelő füstölés, illetve a megfelelő szárítás. Füstölésre elsősorban a tartósítás, másodsorban az ízvilág miatt van szükség. A szárítás pedig a kolbász, mint élelmiszer minőségét javítja.

A jó kolbász elkészítésének egyik elengedhetetlen lépése a friss nyersáru megfelelő minőségű szárítása, érlelése [1]. A hagyományos úton ez igen hosszadalmas folyamat, akár több hónapig is eltarthat, amelyhez megfelelő léghőmérséklet és páratartalom szükséges. Sem a túl gyors (órák), sem a túl lassú (fél év) kolbász nedvességtartalom csökkentés nem megfelelő élelmiszerminőséget produkál. Előbbi esetben a kolbász kérégesedik, azaz a külseje kiszárad, de a belseje túl nedves marad; míg utóbbi esetben fennáll a penészesedés veszélye. A mai tömegtermelő gazdasági viszonyok mellett a féléves szárítási folyamat túl hosszadalmas, szükséges a szárítási idő rövidítése.

A legtöbb nagy húsipari cég (egy tonna feletti kolbász egyidejű feldolgozása esetén) kolbászszerítő kamrákat alkalmaz, ahol a megfelelő légállapotot légkezelő központ segítségével biztosítják. A hagyományos rendszereknél általános esetben a kamrába a kamra közelébe telepített légkezelő központból

légcsatornában szállított meleg, száraz levegő befúvása történik, mely levegő felveszi a kolbászok felületén a parciális vízgőznyomás hatására kicsapódó nedvességet (kolbászok által okozott nedvességterhelést), majd elszívó anemosztátokon keresztül szintén légcsatornákat használva történik a levegő visszavezetése a légkezelő berendezésbe.

A légkezelő központban elhelyezett hűtőkaloriferen átáramoltatott levegő hőmérséklete csökken, nedvességének egy része kicsapódik, így a közeg abszolút nedvességtartalma csökken, majd egy fűtőkaloriferen átáramoltatva ismét előáll a meleg, száraz levegő, amely az említett folyamatnak megfelelően recirkuláltatva van a rendszeren [2]. A legtöbb esetben a fűtőkalorifer vizes hőcserélő, amelyhez egy gázkazán, mint hőtermelő berendezés biztosítja a fűtési energiát, a hűtőkalorifer energia igényét, pedig vizes hőcserélő esetben folyadékűtő vagy egy közvetlen elpárologtatós hűtőberendezés biztosítja.

Az ilyen kialakítású rendszereknek azonban nagyon magas a beruházási költségük, és energia igényük. Bár utóbbi tényező is közismert a húsiparban dolgozó szakemberek számára, de pontos fogyasztási adatokat nem sikerült szerezni irodalomkutatásunk során. A feladat összetett, mert egy üzemben gyakori, hogy más egyéb energiafogyasztó berendezések is üzemelnek (világítás, komort fűtés, hűtés, egyéb technológiai berendezések...stb.), így a szárításból adódó üzemeltetési költségek közvetlenül nem mérhetők.

Nagyüzemknél alkalmaznak kémiai alapú szárítási eljárást is szilikagél felhasználásával. Ekkor szilícium-dioxid segítségével kötik meg a felszabaduló nedvességet. Ennek előnye a légkezeléssel szemben kisebb energiaigénye. A szilikagél pozitív tulajdonsága, hogy ugyan a látszólagos felülete kicsi (golyók formájában tárolják), lyukacsos szerkezete miatt a fajlagos felülete óriási, pláne méretéhez viszonyítva. A gél tornyokba szokták rakni, egyszerre kettő torony épül, amíg az egyiket víztelenítik (regenerálják forró levegővel), addig a másik ellátja az adszorpciós (vízelnyelési) feladatot. Hazánkban ilyen megoldást a szegedi PICK Szeged Szalámigyár és Húsüzem ZRt. gyárában alkalmaznak.

Akarmelyik szárító-érlelő eljárást is alkalmazják, fontos, hogy az tervezetten, megfelelő paraméterekkel menjen végbe [3]. A kisebb cégek, őstermelők azonban, ahol pár száz kilogramm kolbász egyidejű feldolgozása a cél, a felsorolt eljárással járó magas beruházási és energiaköltségeket nem engedhetik meg maguknak. A technológia fejlődésével lehetővé vált olyan élelmiszerszerítő berendezések készítése, amelyek időben gyorsan és alacsony energiafogyasztás mellett lehetővé teszik a készáru igényeknek megfelelő költségghatékony előállítását.

Kutatási munkánk célja a kolbászszerítés folyamatának kísérleti vizsgálata kisméretű hűtőkamrában, egy újonnan kifejlesztett DC inverter vezérlésű, PID szabá-

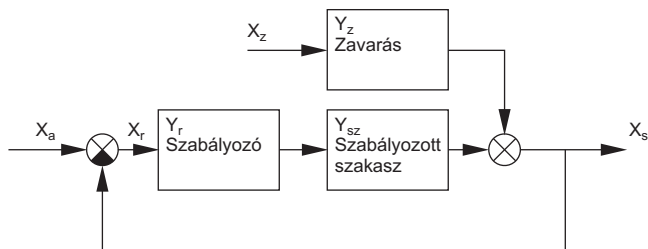
¹ adjunktus, ² MSc hallgató
BME Épületgépészeti és Gépészeti
Eljárástechnika Tanszék
A cikket lektorálta: dr. Maiyaleh Tarek
egyetemi docens (BME).



lyozóval működtetett aggregátok segítségével. A feladathoz egy kísérleti mérőállás épült a Kassai-Klíma Kft. bemutatótermében, amelyben a feladat 200 kg friss kolbász szárítása volt.

2. A szabályozás elmélete

A szabályozás egy módja adott jellemző kívánt értéken tartásának. A szabályozás során a kívánt értéket vagy egy ahhoz kapcsolódó másik mennyiséget mérnek. Amikor a rendszer mért paraméterei eltérnek a kívánttól, a szabályozás beavatkozik (1. ábra).



1. ábra. A szabályozás sematikus ábrája [4-6]

Szabályozás során a beérkező alapjelet (X_a) egy negatív visszacsatolás jelével összeadják. Ez a visszacsatolás az X_s szabályozott jellemző. A kettő eltérése adja meg a hibát (X_r). Amennyiben nem lenne hiba, úgy a szabályozó sem avatkozna be, mivel eleve a kívánt érték jönne ki. Szabályozás során figyelembe kell venni a zavaró jellemzőket (X_z) is, azokat összegezni kell a szabályozott jellemzővel. A szabályozás pontossága a rendszer felépítésének a függvénye [4-6]. Hűtőkamrák esetén rendszerint a kompresszor paramétereit (fordulatszám) változtatják a szabályozás függvényében [7-9].

Az inverteres berendezések esetén – szemben a hagyományos készülékekkel – folyamatos szabályozás, beavatkozás történik. A berendezés nem áll le, csupán a motor üzemi paramétereit (pl. fordulatszám) változnak a terhelés függvényében. Előnye ennek, hogy gyors és pontos szabályozhatóságot tesz lehetővé, ezzel csökkentve az üzemeltetési költségeket és növelve az élettartamot. Egy PID szabályozás esetén (1. táblázat) a szabályozást minden esetben az adott berendezéshez kell igazítani, melyet a legtöbbször kísérleti úton valósítanak meg. Szabályozók közül megkülönböztethető arányos (proporcionális), integráló, differenciáló szabályzó, illetve ezek különböző kombinációjának együttes alkalmazása. Proporcionális szabályozás esetén a szabályozó a hibajellel arányos jelet küld. Ezzel szemben az integráló szabályozás figyelembe veszi a múltbéli hibákat is, azaz a válaszfüggvény számításakor a nem állandó hiba integrálját is beleszámítja. Differenciáló szabályozás esetén a rendszer a jövőbeli állapotot próbálja figyelembe venni, azaz a szabályozó a függvény meredekségére reagál.

A táblázatban a jelölések a következők:

- K_p = arányos szabályozó erősítése
- K_i = az integráló tag átviteli tényezője
- K_d = a differenciáló tag átviteli tényezője
- τ = időállandó
- $e(\tau)$ = a hibajel függvénye az idő függvényében.

1. táblázat. A különféle szabályozótípusok beavatkozó jeleinek egyenlete [4]

Szabályozó típusa	Beavatkozó jel $[u(t)]$ egyenlete
Arányos (P)	$K_p \cdot e(t)$
Integráló (I)	$K_i \cdot \int e(\tau) d\tau$
Differenciáló (D)	$K_d \cdot (d/dt) \cdot e(t)$
PI	$K_p \cdot [e(t) + (1/T_i) \cdot \int e(\tau) d\tau]$
PD	$K_p \cdot [e(t) + T_d \cdot (d/dt) \cdot e(\tau)]$
PID	$K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(\tau) d\tau + K_d \cdot (d/dt) \cdot e(t)$

Az integrálást 0-tól t időpontig kell elvégezni. PI szabályozás esetén a K_i tényező az erősítés és az integrálási időállandó hányadosa, PD szabályozás esetén pedig K_d tényező értéke az erősítés és a differenciálási időállandó szorzata. A fent felsorolt szabályozótípusok egymással kombinálhatóak, akár mindhárom típus is egyesíthető. Ezt nevezik PID szabályozásnak, melyet a kísérleti kutatásunk során alkalmaztunk [4].

3. A kísérlet során alkalmazott eszközök bemutatása

3.1. A tesztkamra és a mérőállás bemutatása

A tesztkamra a cég bemutatótermék közepén helyezkedik el (2. ábra). Külső környezetét mindenhol 23 °C egységes hőmérséklet jellemzi. A kamra a Gabler-Mirelta Hungária Kft. gyártmánya, felépítését jellemző tulajdonságai a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A tesztkamra felépítése a műszaki leírás alapján

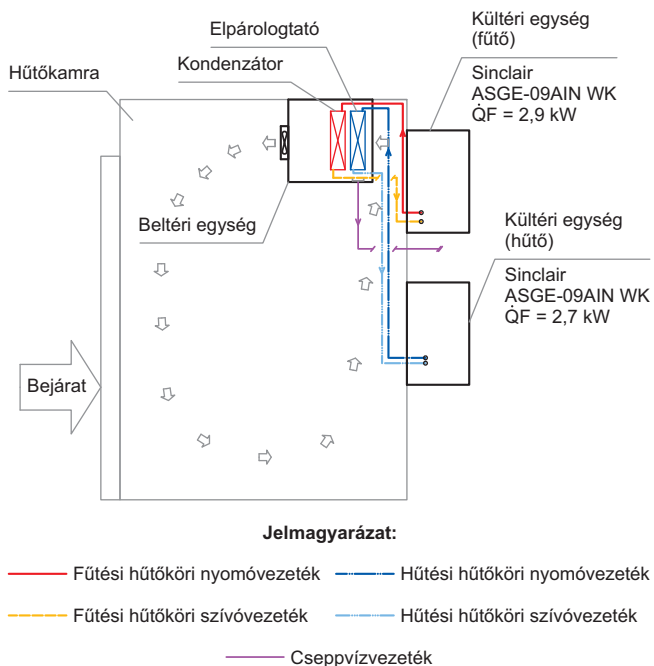
Méret [mm]	1 660 x 1 660 x 2 330
Faltípus	NZ70 70 mm-es
Szigetelés	FCKW-mentes poliuretán hab
Hőátbocsátási tényező $[W/(m^2K)]$	0,27



2. ábra. A tesztkamra elhelyezkedése az épületben

A kamra belső terébe került elhelyezésre két, egymástól függetlenül működő aggregátorra csatlakoztatott közvetlen elpárolgató hőcserélő (lásd a következő oldalon lévő 3. ábrát).

A hőcserélők közül az egyik a levegő hűtését (elpárolgató), a másik a fűtését (kondenzátor) biztosítja (4. és 5. ábra).



3. ábra. A mérőállás kapcsolási rajza



4. ábra. A beltéri hűtő-fűtő egység szembe nézetből



5. ábra. A beltéri egységbe beépített közvetlen elpárolgató hőcserélők csővezetékei (a légáramlásnak megfelelően a bal oldali hűtési, a jobb oldali fűtési energiát biztosít)

A hőcserélők együttesen működnek, ezzel elérhető, hogy a kamrában a megfelelő hőmérséklet mellett a páratartalom relatív és abszolút értéke is adott szükséges tartományon belül tartható legyen. Az említett hőcserélőket és egy ventilátort tartalmazó beltéri egység fejlesztése az Inter-Thermo Kft. együttműködésével történt (3. táblázat).

3. táblázat. A beltéri egység főbb adatai a katalógus alapján

Típus	IT-SZ Érl. 31-1-054 B4
Hűtőteljesítmény [W]	5410
Hűtőközeg	R410A
Bruttó tömeg [kg]	51
Befoglaló méret [mm]	700 x 480 x 490
Légáram [m ³ /h]	1 300
Felvett/leadott motorteljesítmény [W]	85/38

A külső egységek, amelyek hűtőberendezésként (a hűtőteljesítmény biztosításához) és hőszivattyús berendezésként (a fűtőteljesítmény biztosításához) is használhatók, illetve a PID szabályozó gyártója is a Sinclair volt. A külső egységek pontos típusa: Sinclair ASGE-09AIN WK, mind a fűtésért, mind a hűtésért felelős egység esetén (6. és 7. ábra).



6. ábra. A külső egységek (a felső a fűtési, az alsó a hűtési funkciót biztosítja)



7. ábra. A kamrán elhelyezett PID szabályozó és a mérőműszerek kijelzői

A berendezések főbb műszaki adatait 4. táblázat foglalja össze.

A rendszer egy közös áramforrásról működik, így fogyasztásuk könnyen meghatározható a kamra külső falán lévő hőmérséklet- és páratartalom-mérő és egy dobozban elhelyezett fogyasztásmérő segítségével. A közös áramforrás nem befolyásolja az aggregátorok külön szabályozott működését. A mérőkamra szabályozása egy előre beállított léghőmérséklet és relatív nedvességtartalom érték alapján történik adott hibahatáron belül. Az érzékelők a kamra belsejében vannak, a mért értékeket pedig a szabályozó összeveti a tartani kívánt értékekkel, és amennyiben szükséges, beavatkozik. A jelenlegi mérés során a beruházó javaslata alapján beállított értékek az 5. táblázatban láthatók.

A működési ciklus a következő: a beállított felső érték elérésekor bekapcsol az elpárologtatót működtető kültéri egység, amely elkezd hűteni a kamrabelső levegőjét. Ez addig tart,

4. táblázat. A kültéri egységek főbb adatai a katalógus alapján

	Hűtés	Fűtés
Teljesítmény [kW]	2,7 (0,8 – 3,5)	2,9 (0,8 – 3,8)
Teljesítményfelvétel [W]	840	800
Üzemi áramfelvétel [A]	3,9	3,7
Szezonális teljesítmény tényező	6,1 (SEER)	3,8 (SCOP)
Energiaosztály	A++	A
Hűtőközeg	R410A	
A kompresszor típusa	Scroll	
Elektromos teljesítményigény	230 V / 50 Hz	
Az adagoló típusa	Elektronikus adagolószelep	
Légszállítás [m ³ /h]	1 800	
Gépméret [mm]	850 x 540 x 320	
Géptömeg [kg]	34	
Üzemi hőmérséklettartomány [°C]	-15 – 48	-15 – 24

5. táblázat. A hűtőkamra beállított paramétere

Tartani kívánt léghőmérséklet [°C]	14
Tartani kívánt levegő relatív páratartalom [%]	70%
A hőmérséklet-ingadozás értéke [°C]	± 2
A páratartalom-ingadozás mértéke [%]	± 5

amíg a kamra el nem éri a minimum hőmérsékletet. Ekkor elindul a kondenzátor fűtési energiáját biztosító kültéri egység.

3.2. A kolbász anyagnedvesség mérése

A kolbászok nedvességtartalmának mérése tömeg és nedvességméréssel történt. Előbbihez a Taurus cég Easy Inox mérleget használtunk, mely maximális terhelhetősége 5 kg volt.

A kolbászok nedvességtartalmának mérésére a TK100 multifunkciós univerzális anyagnedvesség-mérő műszer állt rendelkezésre (8. ábra). Bár a gyártó értékesítője szerint elvileg ez alkalmas kellett volna, hogy legyen a mérésre, azonban a gyakorlatban a jelentős tömegváltozás ellenére állandó nedvességtartalmat mutatott, így az ezzel mért adatokat erre a célra nem lehetett felhasználni.



8. ábra. A mérés során használt nedvességmérő

4. A mérés menete

A feladat célja egy DC inverteres hűtőtechnikai berendezéssel felszerelt hűtőkamra alkalmasságának vizsgálata kolbász gyors és megfelelő minőségű érleléséhez. A vizsgálathoz 200 kg frissen készített kolbász állt rendelkezésre (9. ábra).

A feladat során naponta 7 és 16 óra között 30 percenként feljegyzésre került a tesztkamra belső hőmérséklete és relatív páratartalma, melyet az érzékelők által továbbított jel alapján a kamra külső felületén elhelyezett mérőről volt leolvasható.

Ezen felül naponta egyszer leolvastuk a kamra fogyasztását.

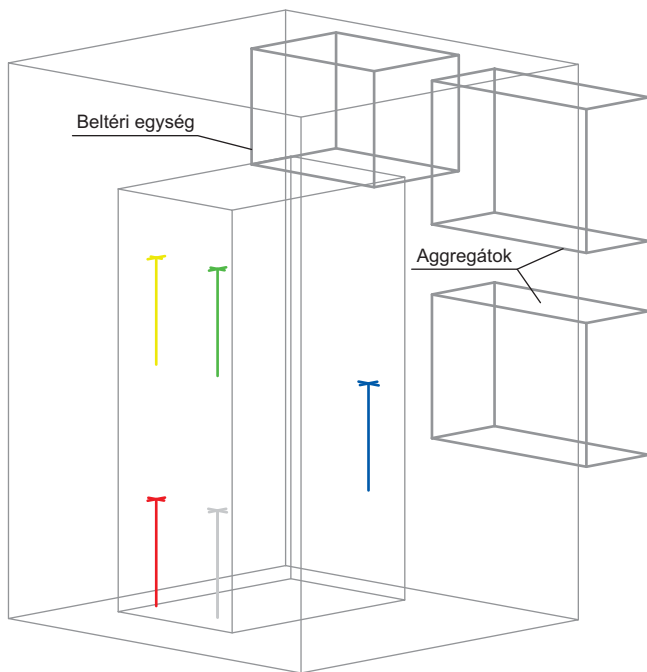


9. ábra. A kolbászok és elhelyezkedésük a kamrában

Szintén naponta egyszer, minden mérési nap reggelén mértük öt darab, megjelölt kolbász tömegét és anyagnedvesség-tartalmát.

A mérés előkészítése során először beállításra került a kamra előzetes kívánt hőmérséklete és relatív páratartalma, majd leolvastuk a fogyasztásmérő kezdeti állását.

A tesztáru megérkezése után a kamrában helyezett kolbászok tartóállványán kiválasztottunk öt különböző helyen elhelyezkedő kolbászkeveget, amelyeket öt-féle színű befőttes gumival jelöltünk meg (10. ábra). E kolbászkevegek tömegét és nedvességtartalmát a kamrába behelyezés előtt rögzítettük.



10. ábra. A megjelölt kolbászkötegek elhelyezkedése a kamrában

A mérés 2017. február 27-én 9 órától 2017. március 3-án 9 óráig tartott. A mérés folyamán naponta 7 és 16 óra között 30 percenként feljegyeztük a kamra belső levegőjének hőmérsékletét és a levegő relatív nedvességtartalmát, továbbá minden reggel 7 órakor mérésre került a megjelölt öt darab kolbászköteg tömege és nedvességtartalma. A kötegeken 4-5 kolbász van felfűzve, amelyek tömege között van kisebb különbség. A mérés végén a cég szakértő képviselője ellenőrizte a kolbászok állapotát, értékelése szerint az áru tökéletesen piacképes állapotban volt: a megfelelő nedvességvesztés megtörtént, további szárítás már a kolbászok minőségének rovására ment volna.

5. A mérési eredmények

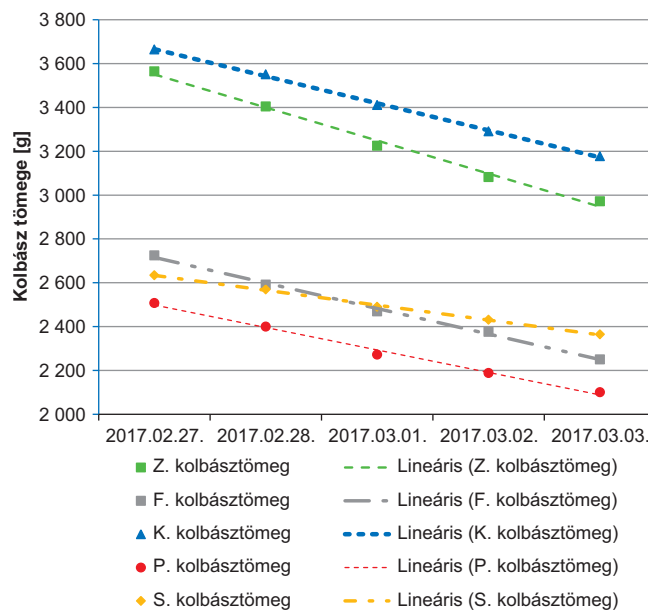
A naponta egyszer mért adatokat a 6. táblázat tartalmazza. Ahogyan a 11. ábrán is látható, a kolbászok tömegcsökkenése közel lineáris volt, amit az illesztett trendvonal és paraméterei is bizonyítanak.

A leírt adatokból kiszámítható az egyes kolbászok tömegcsökkenése, amelynek eredményét a 7. táblázat mutatja.

6. táblázat. A napi egyszer mért adatok összefoglalója

τ	$m_{k,z}$	$\varphi_{k,z}$	$m_{k,f}$	$\varphi_{k,f}$	$m_{k,k}$	$\varphi_{k,k}$	$m_{k,p}$	$\varphi_{k,p}$	$m_{k,s}$	$\varphi_{k,s}$	E
02.27.	3 564	84	2 725	84	3 664	84	2 507	84	2 634	84	19 095
02.28.	3 404	83	2 591	83	3 551	83	2 400	83	2 569	83	21 049
03.01.	3 225	82	2 469	82	3 411	82	2 272	82	2 490	82	22 508
03.02.	3 082	81	2 376	81	3 291	81	2 188	81	2 431	81	23 084
03.03.	2 971	80	2 250	80	3 177	80	2 100	80	2 364	80	24 255

A táblázatban az indexek a jelölő gumik színét jelentik: z = zöld, f = fehér, k = kék, p = piros, s = sárga



11. ábra. Az egyes kolbászok tömegváltozása diagramon ábrázolva

6. Következtetések

A kísérleti eredményekből látható, hogy a kolbászminták az elhelyezés függvényében változó. Három minta fajlagos tömegváltozása közel azonos, azonban a kék és főleg a sárga színnel jelölt kolbászok jelentősen eltérnek a többitől (lásd a következő oldalon bemutatott 12. ábrát).

Ennek oka, hogy nem alakult ki teljesen homogén légállapot az egész kamrában, így egyes kolbászokat jobban, másokat kevésbé ért az érleléshez szükséges megfelelő állapotú levegő. Ennek javítása érdekében javasolt nagyobb távolságokat hagyni a kolbászkötegek között, annak érdekében, hogy a levegő megfelelő mértékben átjárja a szárítandó kolbászokat.

A fogyasztásmérő által kijelzett fogyasztási adatok alapján a kamra villamos energiafogyasztása a mérés ideje alatt 5160 kWh volt (13. ábra).

7. táblázat. Az egyes kolbászok tömegváltozása

A kolbász jele	Zöld	Fehér	Kék	Piros	Sárga
Tömegváltozás [g]	593	475	487	407	270
Fajl. tömegváltozás [%]	16,63	17,43	13,29	16,23	10,25

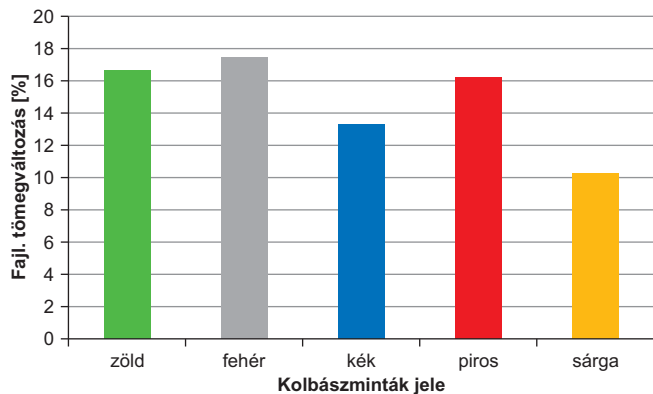
A táblázat jelölései a következők:

τ = a mérés időpontja

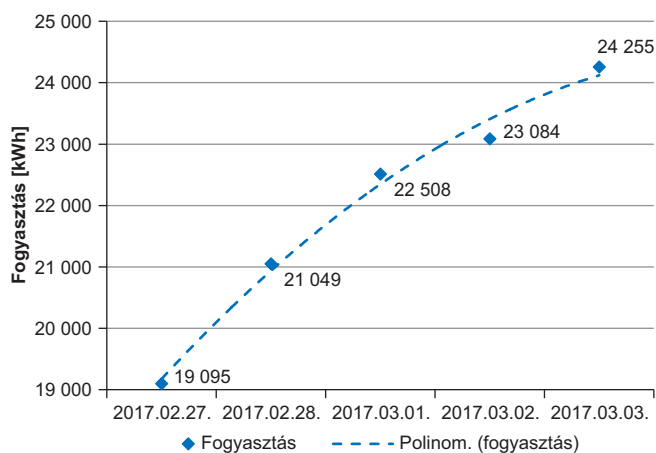
m = az egyes kolbászok tömege [g]

φ = az egyes kolbászok nedvességtartalma [%]

E = a kamra fogyasztásmérője által kijelzett adat [kWh]



12. ábra. Az egyes kolbászok fajlagos tömegváltozása diagramon ábrázolva



13. ábra. A fogyasztásmérő állása az egyes mérési napokon

A fogyasztás és az ipari fogyasztói energiaár (26 Ft/kWh) ismeretében kiszámítható, hogy ez idő alatt 134 160 Ft energiaköltség keletkezett. Fontos azonban megjegyezni, hogy az ipari áram árát sok tényező befolyásolja, amikor a vállalkozó szerződést köt az elektromos szolgáltatóval, de általában jóval kedvezőbb a lakossági áram díjánál!

A mérési eredmények kiértékelése alapján látható, hogy a kolbászok a kamrában való elhelyezkedéstől függően változó tömegcsökkenést szenvedtek el, ami az idő függvényében lineáris tendenciát mutat. A tömegcsökkenés teljes egészében a kolbász víztartalmának csökkenéséből állt elő, mely a beltéri egységbe épített elpárolgató felületén kicsapódó nedvesség formájában is megjelent, amely vízmennyiséget a kamra közelében elhelyezett vödörbe vezettünk el (14. ábra). Az árut biztosító cég képviselőjének elmondása szerint 20%-nál nagyobb tömegcsökkenést már nem szerencsés elérni, mert a hús minőségének romlása következik be [10].

A mért fogyasztási eredményekből látható, hogy a mérés során a kolbászok tömegcsökkenésével már egyre kevesebb energia szükséges időben a szárítási folyamat vége fele, valamint a tömegcsökkenés és a fogyasztás között időben exponenciális jellegű tendencia tapasztalható. A kolbászok a nedvességcsökkenés után, öt nap elteltével megfelelő, fogyasztásra kész állapotba kerültek az ezzel foglalkozó szakember elmondása szerint, aki az ellenőrzés során az áru minőségé-



14. ábra. A szárítási művelet során a kolbászokból kinyert nedvesség mennyisége egy nap után

vel is elégedett volt. Az érlelés során elfogyasztott energia mennyisége elfogadható mértékű, ennek ára nem terheli meg a kisebb vállalkozások költségkeretét sem.

Támogatók

A kutatási munkát támogatta a Kassai-Klíma Kft., valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH PD 115614 – Budapest, Magyarország.

Felhasznált irodalom

- [1] Poós Tibor, Szabó Viktor, Varju Evelin, Sebesi Viktória, Determination of drying rate at herbs drying with ambient air In: Sándor Bodzás, Tamás Mankovits (szerk.) Proceedings of the 4th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2016). Konferencia helye, ideje: Debrecen, Magyarország, 2016.10.13-2016.10.15. University of Debrecen Faculty of Engineering, 2016. pp. 408-413. (ISBN:978-963-473-944-9)
- [2] Nyers József, Kajtar Laszlo, Slavica Tomic, Nyers Arpad, Investment-savings Method for Energy-economic Optimization of External Wall Thermal Insulation Thickness ENERGY AND BUILDINGS 86: pp. 268-274. (2014)
- [3] Beke, György et al. (2002): Hűtőipari kézikönyv 1. rész – Alapismertek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 2. kiadás, ISBN: 963 9358 70 3
- [4] Ekren, O., et al., (2010) Comparison of different controllers for variable speed compressor and electronic expansion valve, Int. J. Refrigeration, 33, pp. 1161-1168.
- [5] Füle Sándor: Szabályozástechnikai alapok 2014. június 30. <http://www.pid.hu/tudasbazis/szabalyozastechnika-alapok-1-resz/>
- [6] Koller László, Balázs Novák: VER villamos készülékei és berendezései Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszék
- [7] Maiyaleh, Tarek (2012): Hűtéstechika – Korszerű gyakorlati épületgépészet: aktuális kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, beruházáshoz. Budapest: Verlag Dashöfer Kiadó, 2012. pp. 1-18. (ISBN:978-963-9313-74-3)
- [8] Nyers J., et al., (2016) Modern and traditional regulation of the evaporation process in the heat pump, 24th International Conference "Vyukrovanie 2016", Stara Lubovnja, Slovakia. , pp. 265-270.
- [9] Simon, Richárd (2016): Hűtőkamra energiafogyasztásának vizsgálata újonnan kifejlesztett DC inverteres vezérlő segítségével. TDK dolgozat
- [10] A méréshez élelmiszer alapanyagot biztosító húsipari cég munkatársának szóbeli közlése, szaktanácsa