

FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet
2100. Gödöllő, Tessedik S. u. 4.

ZÁRÓJELENTÉS

a

„Gabonafélék és olajosmagvak szárításának műszaki technológiai és minőségi összefüggései” c. OTKA témáról

OTKA nyilvántartási szám: K 60319

FVM MGI témaszám: 4.1.31.064.6

Témavezető: Dr. Csermely Jenő

Közreműködők: Dr. Herdovics Mihály

Dr. Bellus Zoltán

Deákvári József

2010. márciustól:

Témavezető: Dr. Fenyvesi László

Gödöllő, 2010.

Előzmények

A magyar mezőgazdaság legfontosabb ágazata a növénytermelés. Ezen belül mintegy 3 millió hektár terület művelése folyik. Kedvező évben a magyar mezőgazdaság mintegy 8 millió tonna kalászos gabona ezen belül 6 millió tonna búza termelésére képes. A gabonán belül a kukorica termésmennyisége elérheti a 9 millió tonnát, amelyhez mintegy 1,5 millió tonna napraforgó és közel 600.000 tonna repce társul. A gabonafélék betakarítás utáni feldolgozás technológiáinak legfontosabb eleme a szárítás. Amely elsősorban a kukoricánál és az olajos növényeknél jelentkezik. A szárítás energiaszükséglete mintegy 150 millió m³ földgáz nagyságrendű, amely 120-130 ezer tonna olajegyenértékben lévő felhasználást jelent.

A fentiek alapján látható hogy a szárítás energiafelhasználás szempontjából is kiemelt fontosságú, ezen túlmenően a mintegy 10 millió tonna szárítandó termény minőségének biztosítása is alapvető népgazdasági érdek.

A kutatás célkitűzése

A kutatás célkitűzése a különböző főbb mezőgazdasági termények szárítástechnikai vizsgálata, a szárítási folyamatok hő- és anyagtranszport jellemzőinek meghatározása, ill. ezen folyamatok rendszer szemléletű elemzése.

Anyag és módszer

A vizsgálatba vont termények

- Repce
- Szőlőmag
- Mustármag
- Szója
- Napraforgó
- Szemes kukorica

A laboratóriumi szárítási vizsgálatokat az FVM MGI szárítástechnikai laboratóriumában kialakított modellszárító berendezésen végeztük. A laboratóriumi szárítóberendezés ismertetése mellékletben található.

A laboratóriumi szárító berendezésnél különböző hőmérsékletű, rétegvastagságú és szárítóközeg sebességű méréseket állítottunk be. A szárító kamrában az anyag rétegvastagságát úgy állítottuk be amely elemi szárító modellként megfelel az üzemi szárító berendezések modul elemeinek. A szárítóközeg hőmérsékletet ill. légsebességi értékeket, az üzemi gyakorlatnak megfelelően állítottuk be, ezen kívül a szárítási folyamatok hatásának jobb megismerése érdekében a beállítási paraméterek alsó és felső tartományait kiszélesítettük a folyamatok jobb megismerése érdekében.

A vizsgálatok eredményeit a laboratóriumi szárító berendezés számítógépes adatrögzítő rendszerének segítségével dolgoztuk fel, és a különböző szárítási folyamatjellemzőket diagramokon ábrázoltuk. A laboratóriumi szárítási folyamatok vizsgálata mellett üzemi vizsgálatokat is lefolytattunk, amelyet a CIMBRIA BEG-8R típusú folyamatos üzemű keresztáramlásos aknás szárítónál végeztünk el. A szárító berendezésnél az üzemvizsgálatoknál energetikai jellemzőket is meghatároztuk.

Vizsgálatok eredményei

2006-ban az olajos magvak közül a repce és napraforgó, 2007-ben a szőlőmag és mustármag szárítástechnikai vizsgálatát végeztük el.

A **szőlőmag** szárítását az MGI laborszárító rendszerén végeztük, különböző módon előtisztított „A” 22,1 % és „B” 13,5 % szennyezettség (héjmaradvány) mellett. A minták mennyisége 30-30 kg, rétegvastagsága 20-20 cm, a szárítólevegő hőmérséklete 60 °C, ill. 65 °C volt. A szőlőmag szennyezettsége, a **héjmaradvány aránya**, vagyis az előtisztítás minősége jelentősen befolyásolja a szárítás időtartamát és a szárítási folyamat energiaigényét. A 13,5 % és 22,1 % szennyezettségű minták vonatkozásában a szárítási idő mintegy 75 %-kal, az energiafelhasználás pedig közel 40 %-kal megnő. A 46,2 % nedvességtartalmú és 22,1 % héjmaradványt tartalmazó „A” minta esetében, 60 °C-os szárítólevegő hőmérséklet mellett a szárítás időtartama megközelíti a 7 órát, 6,2 % nedvességtartalomra történő szárítás mellett. A 12,9 kg víz elpárologtatása 5,7 nedvesség %/h **száradási sebesség** és 1,84 kg_{víz}/h **fajlagos vízelvonás** mellett történt. A „B” minta kiindulási nedvességtartalma 46,8 %, szennyezettsége 13,5 % volt. A 65 °C-ra növelt szárítóközeg hőmérséklet mellett a 6,5 % nedvességtartalomra történő szárítás időtartama megközelítette a 4 órát. Első sorban a számottevően kisebb héjmaradvány miatt **lényegesen megnőtt a száradási sebesség** és a fajlagos vízelvonás. Ezek értéke 10,1 nedvesség %/h és 3,25 kg_{víz}/h értékre emelkedett. A szárítás hatására a szennyezettség tömegaránya 22,1 %-ról 18,1 %-ra ill. 13,5 %-ról 12,2 %-ra csökkent, ami a héjmaradvány nagyobb kezdeti nedvességtartalmából adódik. Az adott „A” és „B” mintáknál, a 13-22 % héjmaradvány tartományban minden 1 %-os szennyezettség növekedés mintegy **18-20 perccel növeli** a száradás időtartamát, rontva ezzel a szárító teljesítményét és energiafelhasználását. Célul kell kitűzni az előtisztításnál a 10 % körüli szennyezettség elérését és ebben az esetben – 65 °C-os közeghőmérséklet mellett – a száradási idő 3 órára csökkenthető.

A **mustármag** szárítását üzemi körülmények között folytattuk le, CIMBRIA BEG-8R szemesterményszárító berendezéssel, amely folyamatos üzemű keresztáramlásos aknás szárító, ahol a szívott hűtőlevegő visszakeverhető. A szárító levegő légmennyisége 40.000 m³/h, a visszakevert hűtőlevegőé 28.000 m³/h. A 14 % betakarítási nedvességtartalmú mustármag 6 % nedvességtartalomra történő szárításánál a berendezés vízpárologtató teljesítménye 380 kg_{víz}/h, szárított anyagteljesítménye 4,1 t/h volt. Mustármag szárításánál 60 °C-os szárítóközeg hőmérsékletet alkalmaztunk, amikor is a fajlagos hőenergia felhasználás értéke 3,8 MJ/kg_{víz}, ami igen jónak mondható. A szárítás alatt a mustármag hőmérséklete nem érte el az 50 °C-ot, a szárítás egyenletessége – követte a hő- és anyagáram egyenletességét – 6,0 ± 0,2 % volt, ami kedvezőnek ítélnélhető.

Jelenleg is laboratóriumi szárítási kísérleteket folytatunk t = 55; 70 és 75 °C-os közeghőmérséklet és azonos v = 0,22 m/sec légsebesség mellett, a **szemes kukorica** száradási sebességének megállapítására. 2008-ban növekvő (80-110 °C) hőmérsékletek mellett tervezzük a mérések folytatását.

2009-ben a korábbi évek mérési eredményeit dolgoztuk fel öt olajos mag (repce, napraforgó, szója, szőlő- és mustármag) vonatkozásában és 12 diagramban foglaltuk, amelyek szárítási gyakorlatban is jól hasznosíthatók. Ezek közül most három terményre vonatkozó főbb megállapításokat foglaljuk össze.

A **repce** szárításánál három különböző, 70-80 és 90 °C-os közeghőmérsékletet alkalmaztunk p = 120 Pa ventilátornyomás és V = 280 m³/h légszállítás, valamint azonos G₁ = 30 kg nedves

anyag tömeg és 20 cm-es terményréteg vastagság mellett. A vizsgált repce átlagos ezer mag tömege 5,72 g átmérője 1,9-2,2 mm között változott.

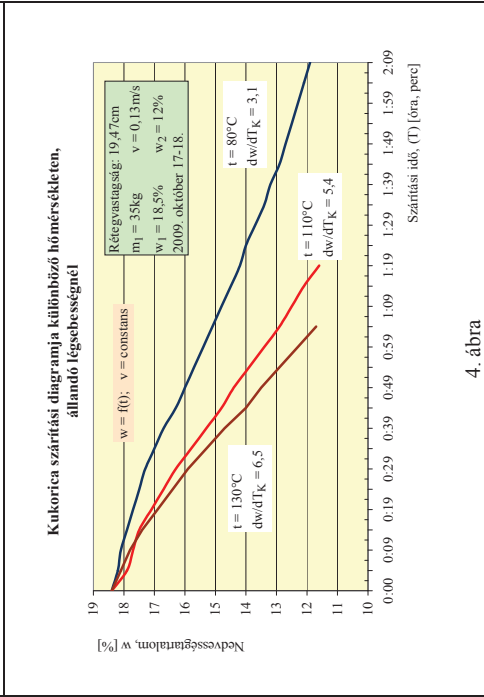
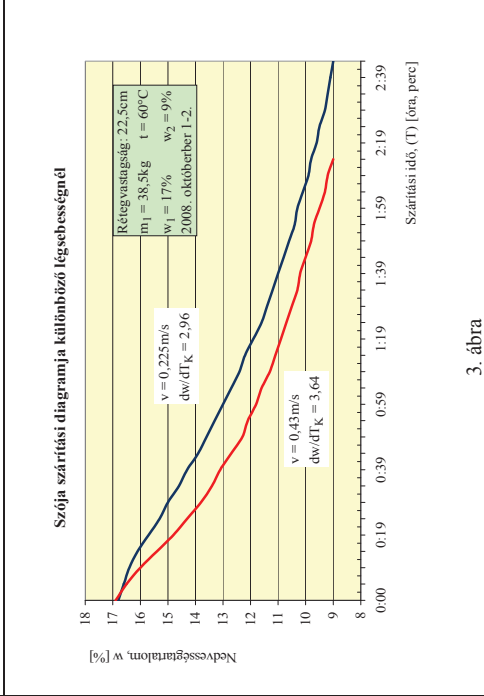
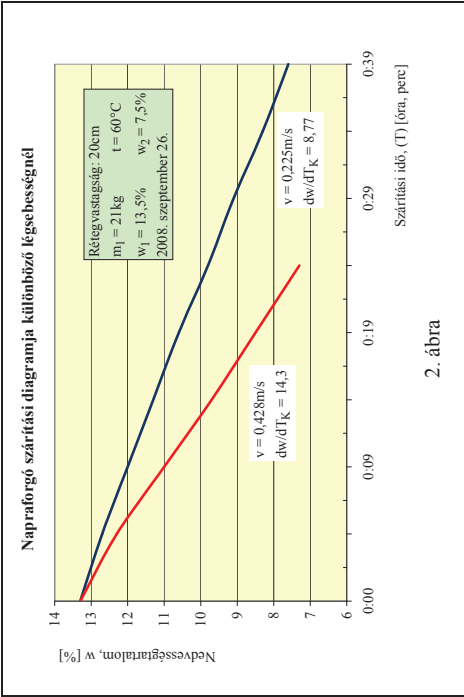
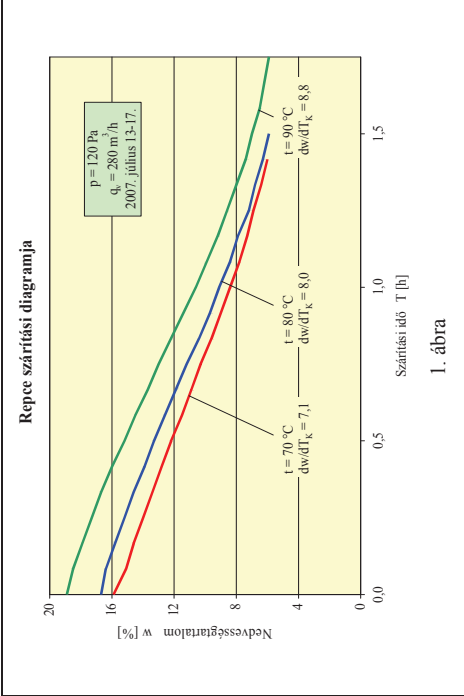
A $t = 90$ °C-os szárítólevegő esetén a 17,2-4,0 % nedvességtartományban a száradási sebesség 8,8 nedvesség %/h, $t = 80$ °C-nál $V_{sz} = 8,0$ nedvesség %/h, míg 70 °C-os hőmérséklet mellett az átlagos száradási sebesség 7,1 nedvesség %/h értéket eredményezett. Ennek a hőmérséklet lépcsőnek a csökkenő sorrendjében a vízpárolgató kapacitás 2,38-2,26 és 1,92 kg víz/h értékeket mutatott. Ezek alapján elmondható, hogy az adott hőmérséklet tartományban 10 °C-os közeghőmérséklet különbség mintegy 10 %-os változást eredményez a száradási sebesség és a vízpárolgató kapacitás tekintetében is. A 3,6-18,8 % nedvességtartományban a szárítás hatására a repce halmaztérfogata egy másodfokú polinom mentén változik, amelynek maximuma az egyensúlyi nedvességtartalom körül 7-8 %-nál mutatható ki és értéke 645 kg/m³. A szárítás hatására a repcemagnál 4,7 %-os zsugorodás volt, ami kb. 1/3-a a szemes kukoricánál tapasztalható értéknek. A zsugorodás az egyensúlyi nedvességtartalom környékén gyakorlatilag befejeződik.

A **napraforgó** szárításánál 60 °C és 100 °C-os szárítóközeg hőmérsékletet alkalmaztunk $p = 280$ Pa ventilátornyomás és 430 m³/h légszállítás mellett, amikor is a légsebesség $v = 0,4$ m/s értéket mutatott. A szárítandó nedves tömeg $G_1 = 20$ kg, a terményréteg vastagság 20 cm és az átlagos ezermagtömeg 65 g volt. A $w_1 = 21$ % nedvességtartalmú napraforgó szárítását két szakaszra osztottuk. Az első szakaszban 100 °C-os hőmérsékletet alkalmaztunk és a szárítást $w_2 = 12$ %-nál átmenetileg befejeztük. Itt a szárítási sebesség 6,77 nedvesség %/h értékre adódott. A második szakaszban, ahol a szárítás 12 % nedvességtartalomról folytatódott 60 °C-os szárítólevegővel szárítottunk $w_2 = 4,5$ % nedvességtartalomra, amikor is a száradási sebesség elérte a 10,0 nedvesség %/h-t. Ez igen figyelemre méltó következtetést engedhet meg az alkalmazott napraforgó szárítási technológia vonatkozásában, ezért a vizsgálatokat tovább folytatjuk.

A második mérésorozatban a $w_1 = 9,0$ % nedvességtartalmú terményt $t = 60$ °C-os közeggel szárítottuk 4,9 % nedvességtartalomra, amikor a száradási sebesség 7,1 nedvesség %/h volt, ami jellemző értéknek mondható. A vizsgált nedvességtartományban a napraforgó térfogattömege 379-399 kg/m³ között változott.

A **szójánál** 17 % kezdeti nedvességtartalomról 9 %-ra történt a szárítás $t = 60$ °C közeghőmérséklet és $v = 0,23$ ill. $v = 0,43$ m/s légsebességek mellett. Az alacsonyabb légsebességnél 2,96 nedv. %/h, a magasabbnál 3,64 nedv. %/h szárítási sebesség adódott. Vagyis a magasabb légsebességnél a szárítás időtartama 25 %-kal, azaz 40 perccel rövidíthető. Ami azt is jelenti, hogy a szárítás hőenergia-igénye kétharmadára csökkenthető, anélkül hogy a terményt minőségi (hő) károsodás érné, mivel a maghőmérséklet nem érte el az 50 °C-ot.

2009 őszén a szemes kukorica esetében további három $t = 80; 110; 130$ °C-os hőmérséklet és $v = 0,13; 0,23$ és 0,41 m/s légsebesség értékek mellett folytattuk le a méréseket $w = 18,5 \rightarrow 12$ % nedvességtartományban. 80 °C-os hőmérséklet esetében a száradás sebessége 3,1; 4,6; és 5,9 nedvesség %/h-ra adódott, ami ennek megfelelően 124', 89 és 64' száradási időt jelent. 110 °C-os közeghőmérsékletnél azonos légsebességek esetén a vízleadás sebessége 5,4; 7,2 és 10,8 nedvesség %/h volt. Ha a szárítási hőmérséklet $t = 130$ °C-ra növeltük a szárítási sebesség az 5,9 - 10,8 nedvesség %/h tartományba esett. A vizsgálati eredményekre támaszkodva elmondható, hogy szemes kukoricánál általában a $t = 90 - 110$ °C hőmérséklet tartomány és $v = 0,3-0,4$ m/s légsebesség határok ajánlhatók, amelyekkel 5,5-8,5 nedvesség %/h szárítási sebességtartomány érhető el. Ebben a tartományban minden 5 °C-os hőmérséklet növelés 6-7 perccel csökkenti a szárítás időtartamát és arányosan az energiafelhasználást.



A kutatási eredmények hasznosítása

A szemes terményszárító berendezések hazai viszonyok közötti alkalmazását a kutatás nagymértékben elősegítette. Bizonyíthatóvá vált hogy pl. a viszonylag alacsony nedvességtartalommal betakarított (20-22 %) kukorica esetében a hagyományos keresztáramú szárító rendszerek nagyon alacsony energetikai hatékonysággal (5-6 MJ/kg_{víz}) üzemelnek. Ugyanakkor kellően jól méretezett a szárítási folyamatokat lekövető ún. recirkulációs hővisszanyeréses rendszerek lényegesen kedvezőbb energetikai jellemzőjűek.

Magyarországi szárítógép-park korszerűsítésére kerül sor az UMVP Program kapcsán mintegy 600 szárítótelep építésére nyílik lehetőség. A szárítási folyamatok elemzése a szárítási követelmények megalapozását a konkrét konstrukciók technikai-technológiai korszerűsítését segítették elő.

A szemes terményszárítási folyamatok elemzése különböző szemes termények szárítási folyamatainak elemzésén keresztül nagyban elősegítette a szárító berendezések műszaki paramétereinek kialakítását, a magyarországi szárítási körülmények kapcsán történő optimalizálását.

A fentiek alapján a hazai szárító berendezések gazdaságosabban üzemeltethetőek. A kutatási eredményeket elsősorban hazai szárítótelepi technológiákat gyártó vállalat a Hevesgép Kft. alkalmazta, az USA gyártmányú berendezések hazai adaptálásánál. Ugyanakkor ezen eredmények a többi gyártó számára is a szárítási folyamatok analízisén keresztül megismerhetőek.

Laboratóriumi modell szárítóberendezés

A szárítóberendezés elsősorban szemes termények ill. más szemcsés ill. szálás struktúrájú anyagalmazok szárítására szolgál.

A szárítás elemi szárítási modulban történik, ahol a szárítókamra töltésének (magasságának) változtatásával a kívánt – üzemi berendezéseknél alkalmazott – rétegvastagság beállítható.

A szárító működési elve

A szárítókamra 4 db mérőcellán van elhelyezve így a terménymégegének (w) változását szárítógépen keresztül regisztrálni lehet.

A hőellátást 30 kW-os elektromos fűtés és változtatható fordulatszámú ~1000 m³/h légszállítási ventilátor biztosítja. A tömeg mérés idején a szárító blokk leválasztásra kerül és a tömeg mérés ~5 sec stabilizált módon történik. A szárítóközeg ez alatt a bypass ágon kerül elvezetésre. A szárítómodult számítógépes szabályozó rendszer működteti, ahol az üzemi állapot f (t); f (w) figyelemmel kísérhető. A szárítórendszerhez AMR hő- és légtechnikai mérőrendszer tartozik.

A beállítható szárítási paraméterek

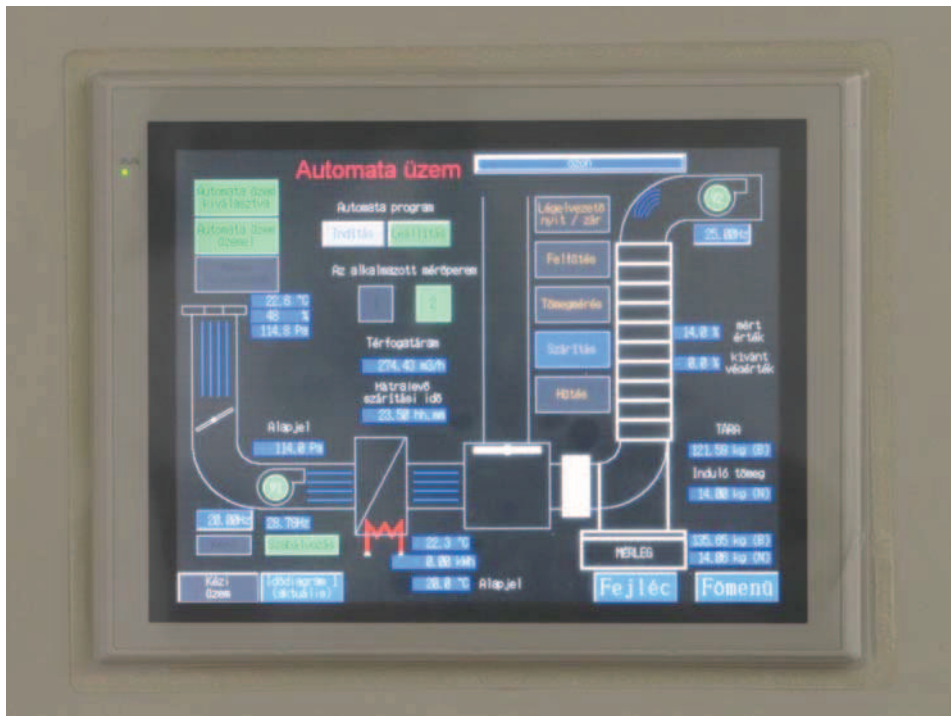
- Rétegvastagság max. 1.000 mm
- Hőmérséklet max. 150 °C
- Légsebesség 0,1-0,5 m/s



1. ábra
Laboratóriumi szárító berendezés



2. ábra
A vezérlő szekrény



3. ábra
Érintő képernyős kijelző