

A KORSZERŰ GABONASZÁRÍTÁS KÉRDÉSEI

DR. HORVÁTH LAJOS*—DR. HORVÁTH NYINA*

Korunkat, mint a tudomány és technika forradalmi változásának korát a természet törvényszerűségeinek feltárása és ezek a technikába történő átültetése jellemzi. Ez a törekvés határozza meg tulajdonképpen több tudomány fejlődésének menetét, melyet a szárítással foglalkozó tudomány példáján keresztül is kiválóan lehet követni.

A szárítás természetben és technikában egyik leggyakrabban előforduló hő- és anyagátadási folyamat. A szárítási folyamatok gazdasági és az utóbbi időben ökonomiai jelentősége is hozzájárult a szárítás önálló tudományos diszciplinává való formálódásához, amely szervesen kapcsolódik a tudomány olyan fejezeteihez, mint a hő- és anyagátadás elmélete, a nedvesség kötődési formáinak tanai, a nem megfordítható folyamatok termodinamikája, fizikokémiai mechanika, reofizika stb.

A szárítással foglalkozó tudomány fejlődésében négy egymásra épülő fejezetet lehet megjelölni: *első* — a nedves gáz hidrodinamikájának és termodinamikájának megteremtése; *második* — a szárítás kinetikájának és dinamikájának vizsgálata, valamint a folyamat elméleti alapjainak kidolgozása; *harmadik* — a szárítási technológia tudományos alapjainak kidolgozása; és *negyedik* — melynek műszaki feltételei csupán a közelmúltban teremtődtek meg — a szárítás, mint *komplex* energia- és anyagátadási folyamat vizsgálata.

Napjainkban a kutatók és fejlesztők előtt az a feladat áll, hogy új — hatásosabb módszereket dolgozzanak ki a vízelvonásra, nagy teljesítményű, gazdaságosan működő berendezéseket hozzanak létre, melyekben adottak a szárítási folyamat önműködő ellenőrzésének és szabályozásának feltételei.

Ezen feladatok megoldásában nagy jelentősége van a szárítási folyamat kísérleti és analitikai vizsgálatának, számítási módszerek tökéletesítésének. Igen fontos, hogy az elméleti megoldások a mérnöki gyakorlatban használható számításokig, méretezési eljárásokig lebontva jelenjenek meg a tervezők, üzemelők asztalán. A kutatókat hatékonyan segítheti ebben a kísérlet tervezési módszerek *tudatos* alkalmazása és a szárítástechnika bevonása a kiértékelésnél.

A szárítási folyamat kinetikájának jelenlegi matematikai megfogalmazását pontosítani kell. Ehhez jelentősen fejleszteni kell, esetleg meg kell változtatni eddigi elképzeléseinket a belső- és külső energia- és anyagátadási mechanizmusról a különböző szárítási módszerek esetében. Így pl. a szakirodalomban nem rég látott napvilágot egy hipotézis nedvességvándorlásra és -elpárolgásra kapilláros-pórusos anyagokban — mint amilyen a gabona is, miszerint szárításkor a nedvességvándorlás az

* Élelmiszeripari Főiskola, Szeged

anyagban belül a gőz diffúzió és a folyadék fázis *filmrétegben történő* mozgásának egyidejű fennállásával valósul meg. A szerzők azt feltételezik, hogy a nedvesség elpárolgása nem csak a meniszkusz felületéről történik, hanem a kapillárisok falán kialakult filmréteg felületéről is a meniszkusz felett. A folyadék fázis mozgása a kapilláris-pórusos test felülete felé meggyorsul a kapilláris méreteinek csökkenésével és a környező levegő nedvességtartalmának növekedésével. A fenti elméletet alátámasztják a rádióaktív indikátorokkal végzett szárítási kísérletek.

A különböző anyagok szárítási mechanizmusáról rendelkezásunkra álló adatok elemzése bizonyítja szárításelméletének és technológiájának szerves kapcsolatát. A szárítási technológia a gyakorlatban testesíti meg a tudomány eredményeit. A szárítási technológia alapvető feladata a racionális szárítási módszer és ehhez szükséges konstrukció tudományosan megalapozott kiválasztása, valamint a folyamat optimális paramétereinek meghatározása. Csak ilyen módon állítható elő jó minőségű szárított termék a berendezés gazdaságos működtetésével.

A szárítási technológia további fejlesztését a molekuláris fizika, a felületi jelenségek fiziko-kémiája, a biokémia és más határ-tudományágak legfrissebb eredményeire alapozva kell végezni. Ezzel kapcsolatban *meghatározó* jelentősége van a termékek, így a gabona, mint a szárítás objektuma, különböző tulajdonságainak sokrétű és beható vizsgálatára, továbbá a szárítás folyamán az anyagban lejátszódó bonyolult, komplex jelenségek molekuláris mechanizmusának eddigieknél *mélyebb* feltárására.

Az elmondottak ismerete lehetővé teszi a szárítás intenzifikálását a kinetikai együtthatók növelése és a folyamat eddig ismeretlen, új hajtóerőinek alkalmazása útján. Ha a folyamat hajtóerejének technológia határai vannak (pl. túl nagy nedvességgradiens esetében megrepedezik az anyag felülete), úgy a kinematikai együtthatók növelésében még kihasználatlan lehetőségek rejlenek.

Ismeretes, hogy az anyag nedvességdifúziós együtthatója (A_m) jelentősen megnő az anyag hőmérsékletének növelésével.

Ginzburg prof. a *búzára* a következő empirikus összefüggést kapta:

$$A_{m_T} = A_{m_0} \left(\frac{T}{293} \right)^n$$

A_{m_0} — a diffúziós együttható 20 °C-on
 $n = 8 + 18$

Ez adott a búza szárítás előtti felmelegítésének javaslására; amit jelenleg is alkalmaznak a Szovjetunióban működő recirkulációs-izotermikus szárítóknál. A búzát felmelegítve a maximálisan megengedett hőmérsékletig, a további szárítás; közel állandó hőmérsékleten történik. Az előmelegítés következtében a visszavezetési ciklusok száma csökkent, amely csökkenti a fajlagos energiaráfordítást és javítja a termék minőségét.

A nem is olyan régi időkhöz a szárítást mint *makro* folyamatot vizsgáltuk. A szárítás objektumait folytonos modellként kezeltük, melyben a különböző fázisokat, a test térfogatában egyenletesen eloszló egynemű közegként kezeltük, így az energia- és anyagátadási folyamatok elemzése is a fenomenológiai elképzeléseken alapultak.

Jelenleg a molekuláris fizika jelentős előrehaladása, valamint új fizikai és mechanikai külső hatások (infravörös sugárzás, mágneses tér, vibráció stb.) széles körű ipari alkalmazásának lehetősége célszerűvé teszi a *mikrofolyamatok* lényegének feltárását. A szárítás objektumait olyképpen kell vizsgálni, mint a korpuszkuláris többfázisú modellt, melynek fizikai tulajdonságait a testek molekuláris struktúrája, a ned-

ves anyagot felépítő molekulák, atomok, ionok kölcsönhatása határozza meg. A szárítási folyamat ilyen jellegű tanulmányozása különösen fontos, ha az anyag belsejében kialakuló jelenségeket vizsgáljuk mint pl. az anyag száraz vázának és a nedvesség kölcsönhatását a fázisok határfelületén, vagy pl. a különböző nedvesség-kötődési formákat stb.

A legfrissebb szovjet és német szárítással foglalkozó kutatási eredmények aláhúzzák a szárítandó anyag *kezdeti állapotának* és a külső ráhatás *kezdeti impulzusának* jelentőségét. Ettől függ ugyanis a nedves anyag reakciója, a megfelelő belső mezők kialakulása, melyek meghatározzák a folyamat intenzitását.

A fentiekből következik, hogy a nedves gabona jelentős termolabilitása és nedvességátadási tehetetlensége miatt fontos a nedves anyagot megfelelően előkészíteni a kezdeti impulzus ráhatásának fogadásáa. Itt van jelentősége az anyag szárítás előtti előkészítésének, megmunkálásának.

Az utóbbi években jelentős vizsgálatok folynak a vízmolekulák és az adszorbens — esetünkben a gabona szilárd váza — kölcsönhatásának felderítésére. Itt figyelembe kell venni, hogy szárítás esetén megnő a funkcionális csoportok ún. az *aktív* adszorpció központok száma. Ezt a kölcsönkapcsolatot elemezve a fázisok határfelületén kialakuló mikrofolyamatok tanulmányozását végezhetjük.

Összegezve: a szárítással foglalkozó tudományág jelenlegi ötödik szakaszának kibontakozásáról elmondható, hogy az eddiginél jelentősen nagyobb gyakorlati hatást, gazdaságosabb szárítási módszereket, berendezéseket a folyamat mélyebb, komplexebb vizsgálata fogja eredményezni.

Az eddig elmondottakban többször hangsúlyozást nyert, hogy a kutatási eredményeket úgy kell megfogalmazni, hogy azok a tervezői-, kivitelezői-, és üzemelői gyakorlatban is érthetőek, alkalmazhatóak legyenek.

A szárítási tudományág fejlődését természetesen követte a szárítási technológia korszerűsödése, ami vonatkozik a gabonaszárításra is. Itt meg kell azonban jegyezni, hogy a napjainkig felgyülemlett kutatási tapasztalat csak igen kis hányada nyert megtestesülést a jelenleg üzemelő szárítóberendezésekben.

A hagyományos, tömör, vagy lassan mozgó rétegben történő gabonaszárításra jellemző a viszonylag hosszú száradási idő, a gabonaszemek egyenetlen felmelegedése, így a szárított termék változó minősége. A szárítási technológia fejlődésében nagy lépést jelentett a nyergő rétegben történő szárításról való áttérés a pneumatikus szárításra, a vibrációs és fluid rétegben történő szárításra, vagy ezek kombimációira.

Az ábrán látható szárítóberendezés már részben olyan feltételeket teremt a szárítási folyamatban, amelyek figyelembe veszik a nedvességvándorlás mechanizmusát a gabonaszem belsejében.

A pneumatikus csőben (5—6 sec alatt) történik a gabona előmelegítése (25 °C-ig), ezt követi a kontakt anyagátadás a pihentetőben, majd a közbenső lehűtési szakasz a belső nedvesség kiegyenlítődéására. Ezen folyamatok megismétlődnek a 4—5 szöri recirkuláció folyamán.

Az előbb látott szárítóberendezések egyetlen nagy hátránya a viszonylag nagy energiaráfordítás, ami napjainkban nem egy utolsó szempont a berendezések kiválasztásánál.

Jelentősen kisebb fajlagos energiamutatókkal bírnak a fluid szárítók, ahol alacsonyabb hőmérsékletű (100—120 °C) és kisebb mennyiségű szárító közeget kell alkalmazni. A bevezetett levegő mennyiségét az adott rétegvastagságú gabona stabil fluid állapotának fenntartása határozza meg. A gabona fluid rétegben történő szárításánál minden szem a teljes felületén keresztül érintkezik a szárító közeggel, így jelentősen megnő a felmelegedés és szárítás sebessége. A folyamat időtartamát azon-

ban behatárolja a gabona gyors felmelegedése a maximálisan megengedett hőmérsékletig. Ilyenkor a gabona minőségének megőrzése céljából meg kell szüntetni a további hőbevezetést, ami viszont csökkenti a nedvesség eltávolítását a gabonából. A fluid réteget alkalmazó szárítókban a gabona túlmelegítésének elkerülése céljából az úgynevezett oszcilláló rezsimet valósítják meg, mikoris minden szárítási zónát; egy-egy hűtési zóna követ. A ciklusok számának növelése jelentősen növeli az energia ráfordítást.

Több évi kísérleti munkánk egy kevésbé ismert és Magyarországon még nem alkalmazott, ún. kombinált szárítási módszer vizsgálatával foglalkoztunk.

A feltételezés az volt, hogy ha a meleg levegővel fluidizált gabonarétegbe elhelyezünk egy magas hőmérsékletű fűtőfelületet, akkor a gabonaszemek és a fűtőfelület rövid idejű ütközése folytán intenzívebb lesz a szárítási folyamat. Ezzel egyidejűleg jelentősen csökkenhet a szárítóközeg hőmérséklete, ami megakadályozza a gabona túlmelegedését és energiamegtakarításhoz vezet. A kidolgozott módszer magába foglalja a konduktív és konvektív hőátadás előnyeinek egyidejű megvalósítását.

A kísérleti munkánk során fő cél volt egy olyan szárítási módszer kidolgozása, amellyel megvalósítható az egy ciklusban történő maximális nedvességszökkentés minimális energiaráfordítással és a gabona minőségének feltétlen megtartása mellett. A fűtőcső felületének hőmérséklete a kísérlet folyamán gyakorlatilag állandó volt (400—440 °C).

Az elvégzett kísérletek azt bizonyítják, hogy a konduktív fűtőfelület fluid rétegbe való beépítésével célszerűbb lett a gabonaszemeknek átadott összes hőmennyiség eloszlása. A kombinált hőközlés eredményeként a hőmennyiség *nagyobb* része használdott fel a nedvesség elpárologtatására és kisebb része a szemek felmelegítésére. A kísérletek igazolták, hogy a fluid rétegben történő szárításnál a gabona melegedési, és túlmelegedési folyamatát jelentősen befolyásolja a szárítóközeg hőmérséklete és a folyamat időtartama. A konduktív fűtőfelület fluid rétegbe helyezésével és a levegő hőmérsékletének egyidejű csökkentésével 120 °C-ról 70 °C-ra sikerült megoldani a kitűzött feladatot, vagyis megvalósítani a maximális nedvességszökkentést egy szárítási ciklusban minimális energiaráfordítással a gabona minőségének megtartása mellett.

Elemelve a kapott eredményeket azt a következtetést lehet levonni, hogy a kombinált hőközlés alkalmazása a fluid rétegben történő gabonaszárításnál a javasolt paraméterek betartása mellett 25%-kal növeli a nedvességeltávolítást egy ciklus alatt. A gabona felmelegedése kevésbé intenzifikálódik és a ciklus végére 55 °C-os hőmérsékletet ér el — vagyis nem haladja meg a maximálisan megengedett értéket. Az elmondottak, a gabona minőségének megtartását és mintegy 20%-os energiamegtakarítást garantálnak.

Tovább csökkenthető a szárítás fajlagos energiaigénye a vibrofluid réteg bevezetésével. Ez esetben a gabonaréteg fluidizálását a szárító felület vibrációja útján érjük el. Így a rétegbe csupán annyi szárító közeget vezetünk be, amennyi a gabona felmelegítéséhez és a nedvesség elpárologtatásához szükséges.

Amennyiben a rétegben meg hagyjuk a konduktív hőátadó felületeket, úgy az adott módszer a kombinált szárítás minden előnyét magába foglalja.

Az elmondottak alapján megállapítható, hogy a szárítás elméletének és gyakorlatának szoros kapcsolata elősegíti a szárítási tudományág további fejlődését és jelentős haszonnal jár a fontos népgazdasági feladatok megoldásában a szárítási folyamat hatásosságának, gazdaságosságának növelésével és jó minőségű termékek előállításával.

QUESTIONS OF MODERN CEREAL DRYING

Dr. Lajos Horváth—Dr. Nina Horváth

The organic connection of the theory and technology of drying is presented. Considerable advances in molecular physics and the introduction of new methods of processing the product to be dried permit revelation of the microprocesses occurring during drying. A more complex study of the process allows the planning of more economic, high-performance equipment. The functioning of some new equipment suitable for drying is also reported.

DIE FRAGEN DES MODERNEN GETREIDETROCKNENS

Dr. Lajos Horváth—Dr. Nina Horváth

Verfasser führt den organischen Zusammenhang der Theorie und Technologie des Trocknens vor Augen. Der bedeutende Fortschritt der Molekularphysik und die Einführung der Bearbeitungsmethoden des zu trocknenden Produkts ermöglichen eine Aufdeckung der im Laufe des Trocknens vor sich gehenden Mikroprozesse. Das komplexere Studium des Vorganges macht die Planung wirtschaftlicherer, hoch leistungsfähiger Einrichtungen möglich. Es wird auch die Funktion einiger, neue Trockenmethoden anwendenden Einrichtungen geschildert.

ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ СУШКИ ЗЕРНОВЫХ

Л. Хорват—Н. Хорват

Автор показывает органическую связь теории и технологии сушки. Значительное развитие молекулярной физики, а также внедрение новых методов переработки высушиваемой продукции дают возможность вскрыть протекающие в ходе сушки микропроцессы. Более комплексное исследование процесса сушки даст возможность конструировать более эффективные, более мощные установки. Автор знакомит с работой установки, применяющей новые методы сушки.