

# A GABONASZÁRÍTÁS VIZSGÁLATA FLUID RÉTEGBEN

DR. HORVÁTH LAJOSNÉ\*

Minden alkalmazott tudományág kutatói keresik azokat a módszereket, amelyek segítségével növelhető egy-egy folyamat gazdaságossága, a termék minőségének javítása vagy megőrzése mellett. Fokozottan érvényes ez a gabonaszárítás terén, amely igen energiaigényes folyamat. Az utóbbi időben nagy lépést jelentett a nyugvó rétegben történő szárításról való áttérés a pneumatikus szárításra, a vibrációs és fluid rétegben történő szárításra vagy ezek kombinációinak alkalmazására.

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 azonban 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 nedvességeltávolítását a gabonából. A fluid réteget alkalmazó szárítóknál a gabona túlmelegítésének elkerülése céljából az úgynevezett oszcilláló rezsimet valósítják meg; amikor minden szárítási zónát, egy-egy hűtési zóna követ [1]. A ciklusok számának növelése jelentősen növeli az energiaráfordítást.

A jelen kísérleti munkában 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 fűtő felületet; 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.

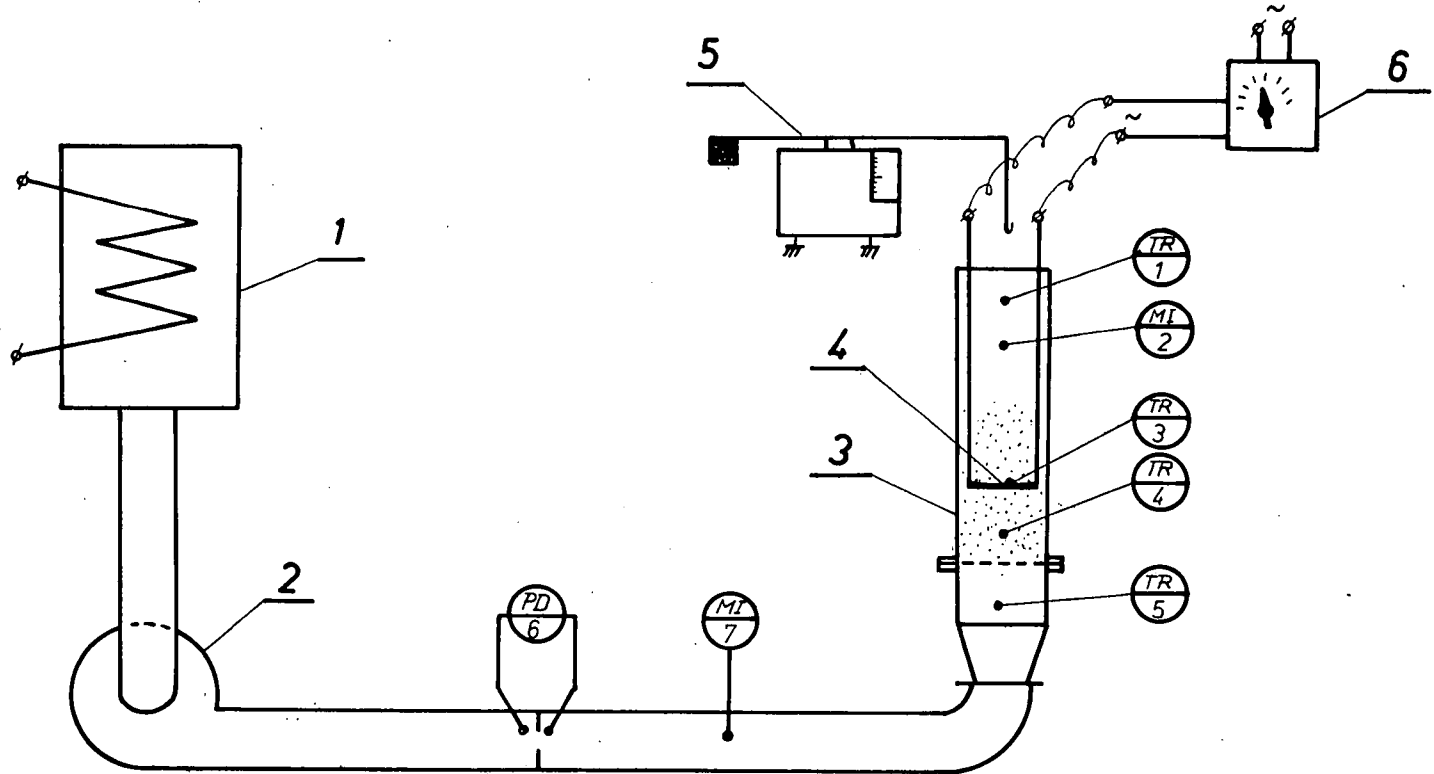
A kidolgozott módszer magába foglalja a konduktív és konvektív hőátadás előnyeinek egyidejű megvalósítását.

A szakirodalomból ismeretes, hogy 28% nedvességtartalmú búza esetében a nedvességi diffúziós állandó és a hőmérsékletvezetési állandó aránya  $\frac{D}{a}$  kb.  $3,2 \cdot 10^{-3}$  értéket tesz ki [2].

Ez azt jelenti, hogy a nedvességmező tehetetlensége háromszázszor nagyobb mint a hőmérsékletmezőé.

A kísérleti munkánk során fő cél volt egy olyan szárítási módszer kidolgozása, amellyel megvalósítható az egy ciklusban történő maximális nedvességcsökkentés minimális energiaráfordítással és a gabona minőségének feltétlen megtartása mellett. E célból megterveztük és megépítettük az ábrán látható kísérleti berendezést.

\* Élelmiszeripari Főiskola, Szeged

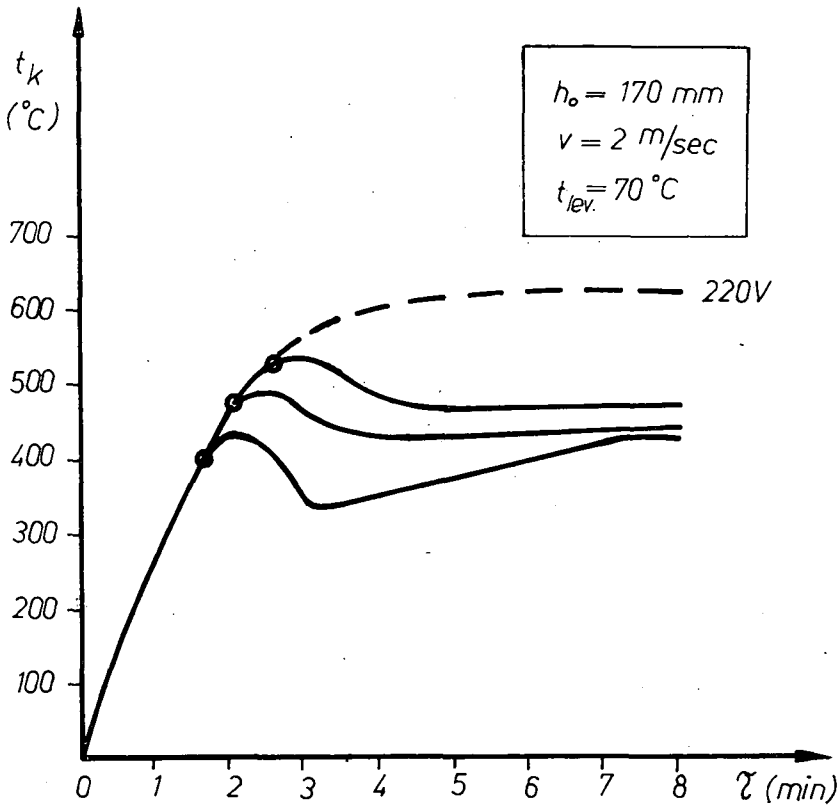


1. ábra. A kísérleti berendezés vázlatja.

A kalorifer (1) által felmelegített levegőt a ventilátor (2) nyomja be a szárítóterbe (3), a perforált lemezen keresztül ( $\varnothing 2,2$  mm). Ugyancsak ide van beszerelve egy 700 wattos fűtőcső (4); amely a konduktív hőátadó felület szerepét tölti be. Az egyenletes hőszugárzás mértékét stabilizált feszültség (6) biztosítja. A be- és ki-menő levegő, a fűtőcső és a gabona hőmérsékletét megfelelően beépített hőelemekkel mérjük, és 0,5 osztálypontosságú műszerekkel regisztráljuk. A nedvességsökkenést elektromos mérleg (5) regisztrálja. Mérjük továbbá a bevezetett és az elmenő levegő nedvességtartalmát, valamint mennyiségét.

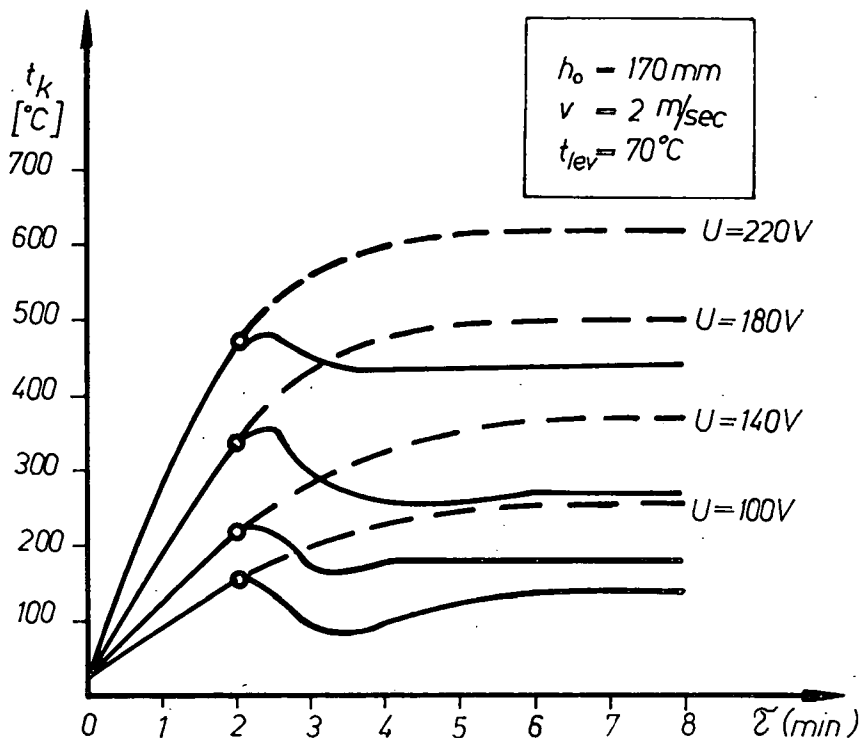
A búzát mesterségesen nedvesítettük a következőképpen: 100–120 órával az adott kísérlet sorozat előtt meghatározott mennyiségű vízzel kezeltük, figyelmesen összekevertük, és a zárt edényben 5–8 fokon tároltuk. A keverést naponta 2 alkalommal megismételtük. Korábbi kutatások bebizonyították, hogy az eképpen előkészített gabonában a nedvesség kötődési formái identikusak a frissen betakarított gabonáéval. A fluid rétegbe helyezett konduktív hőátadó felület méretezésekor, a formájának kiválasztásakor figyelembe kellett venni, hogy

- egyenletes és stabil hőátadást biztosítson a szárítótér keresztmetszetében,
- ne zavarja jelentősen a gabonaszemek mozgását a rétegben,
- változtatható legyen a helyzete a fluid rétegben [3]. Az elmondottaknak meg-



2. ábra. A levegőbevezetés kezdeti pillanatának kiválasztása  
(— szárítási folyamat kezdete)

felelt a magnéziumoxid töltésű, zárt acélcsőben elhelyezett nikrom spirál. A fűtőcső-be kapcsolt feszültség változtatásával beállítható a cső felületének hőmérséklete.



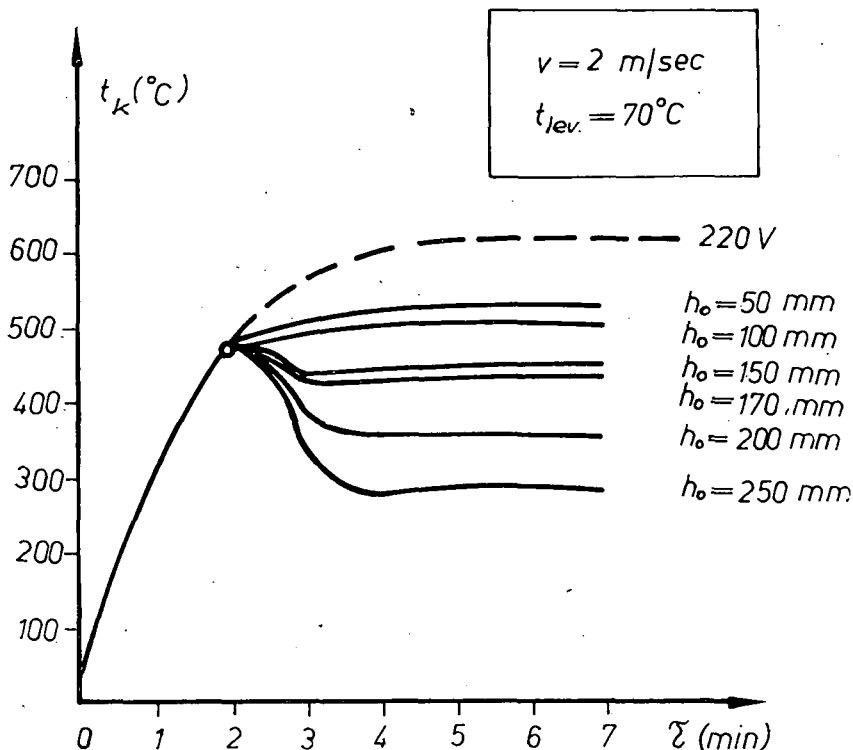
3. ábra. A feszültség hatása a konduktív fűtőfelület hőmérsékletére

Az elektromos fűtőcső statikai és dinamikai tulajdonságának vizsgálata lehetővé tette a kísérletek optimális feltételeinek megválasztását, így a szárítóközeg paramétereit, a nyugvó gabonaréteg fluid állapotba való átmenetének szükséges időpontját, és stb.

A fűtőcső állandósult- és átmeneti állapotát jellemző görbék felvétele (2–5 ábrák) lehetővé teszi a konduktív felület hőmérséklet-változásának elemzését a zavaró jellemzők (feszültség, levegősebesség, rétegvastagság stb.) függvényében. A szárítóközeget a fűtőcső bekapcsolásától számított második percben kezdjük el bevezetni a rétegbe.

A fűtőcső felületének hőmérséklete a kísérlet folyamán gyakorlatilag állandó volt (400–440 °C). A levegő optimális sebessége 2m/sec, a búza nyugvóréteg magassága 170 mm volt.

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



4. ábra. A bevezetett levegő sebességének hatása a konduktív fűtőfelület hőmérsékletére.

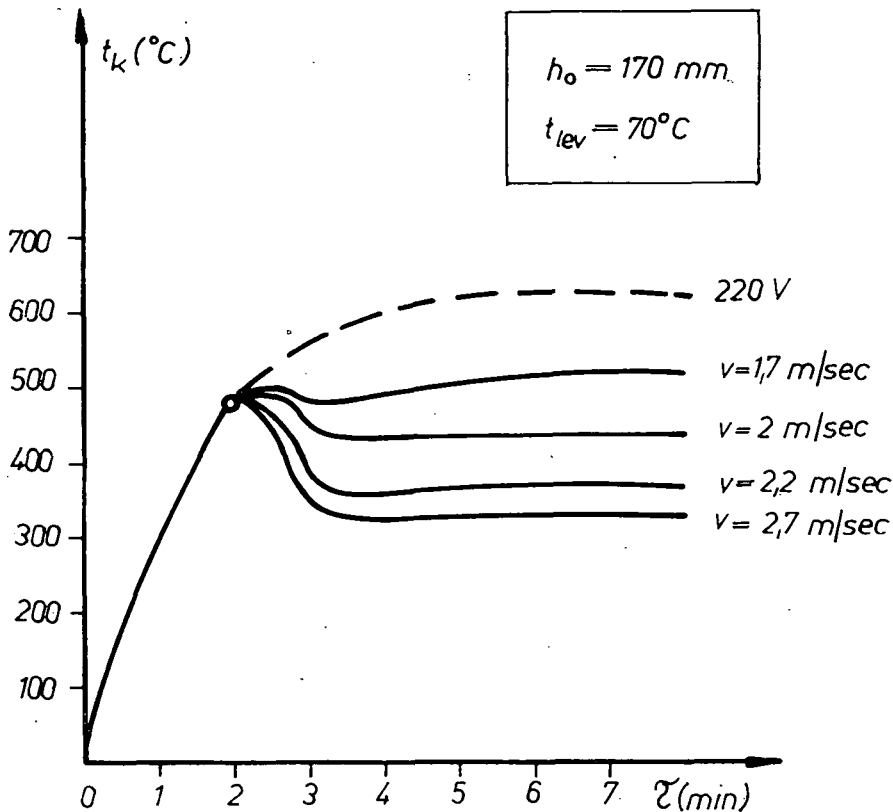
$\left(578 \frac{\text{kcal}}{\text{kg víz}}\right)$  használódott fel a nedvesség elpárologtatására és kisebb része  $\left(376 \frac{\text{kcal}}{\text{kg víz}}\right)$  a szemek felmelegítésére.

Végeredményben megnövekedett az egy ciklus alatti nedvességcsökkenés mértéke és csökkent a szükséges ciklusok száma.

A kísérletek eredményeit az 1. táblázat mutatja.

Ezek szerint a tiszta *konvektív* hőközlésnél a felhasznált hőmennyiség 50,4%-a fordítódott a nedvesség eltávolítására; ugyanez az érték tiszta *konduktív* hőközlés esetén — 73%, — mintegy másfélszerese az előbbinek. Kombinált hőközlés esetén a 120 fokok levegő helyett 70—80 fokosot alkalmazva is, jelentősen nagyobb mennyiségű hő fordítódott a nedvesség eltávolítására, mint a gabona hőmérsékletének emelésére. A ciklusidő előnyösen megnőtt, 2 percről 5—7 percre és a nedvesség-eltávolítás is nőtt a ciklus alatt 6,6%-ról mintegy 8—9%-ra.

Összehasonlítva a fluid réteg hőátadási viszonyait tiszta konvektív és kombinált hőbevezetéskor, könnyen megállapítható ez utóbbi esetében a hőátadási tényező 4,5-szeres növekedése, a konduktív összetevő jelenléte miatt. Ez a tény azzal magyarázható, hogy *tiszta konvektív* hőközlés esetén a hőátadást a gabonaszem körül kialakult határ réteg vastagsága határozza meg.



5. ábra. A gabonaréteg (nyugvó) magasságának hatása a konduktív fűtőfelület hőmérsékletére

Kombinált hőközlés esetén azonban a fűtőcső és a vele ütköző szemek között a hőátadást gátló gázburok-vastagság kicsi, a hőmérséklet-különbség azonban igen nagy [2].

A hőmérelet alapján számított hőátadási tényező értéke

— konvektív hőközlés esetén  $\alpha_{konv.} = 43 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ } \delta^\circ \text{C}}$ ,

— kombinált hőközlés esetén  $\alpha_{komb.} = 195 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ } \delta^\circ \text{C}}$

A folyamat lejátszódását kombinált hőközlés esetén az összetevők függvényében igen szemléletesen lehet jellemezni a szárítási és a szárítássebességi görbékkel.

Az 1,1' és 1''-vel jelölt görbék esetében csupán konduktív hőközlést alkalmaztunk. Az alacsony szárítási sebesség ez esetben magyarázható, hogy a gabonaszem a fűtőcsővel való rövid érintkezés után erősen lehül a fluid réteget fenntartó 20 °C-os levegőáramban.

A 2, 2' és 2''-vel jelzett görbéket 70 °C-os szárítóközeg esetén és a fűtőfelület kikapcsolt állapotában vettük fel, tehát tiszta konvektív hőközlésnél.

# 1. TÁBLÁZAT

*Kísérleti eredmények a búza fluid rétegben történő szárításkor különböző hőközlés alkalmazása esetén*

Megnevezés	Hőközlés módja	Konvektív	Konduktív	Konvekt. kondukt.	Konvekt. kondukt.
		$t_{lev} = 120\text{ °C}$	$t_{lev} = 20\text{ °C}$ $t_k = 400\text{ °C}$	$t_{lev} = 70\text{ °C}$ $t_k = 400\text{ °C}$	$t_{lev} = 80\text{ °C}$ $t_k = 400\text{ °C}$
Kísérlet időtartama, $\tau$ min		3	8	7	5
gabona nedvességtartalma,					
$w_1^{sz}$ , %		34,2	34,2	34,2	36,6
$w_2^{sz}$ , %		27,6	30,3	26,3	27,6
nedvességsökkenés, $w^{sz}$ , %		6,6	3,9	7,9	9,0
gabona hőmérséklete,					
$\theta_2$ °C		15	15	15	10
$\theta_2$ °C		66	26	55	60
felhasznált gabona hőmenny. $q$	gabona felmelegítése	575	218	376	408
$\frac{\text{kcal}}{\text{kg víz}}$	nedvesség elpárolgotatására	585	585	578	600
	$q$ elpárolgotatásra	50,4	73	61	56
$\frac{q}{\text{össz. gabona ált. felv.}}$	hőátadási tényező				
$\alpha' \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ ó } ^\circ\text{C}}$		43		195	

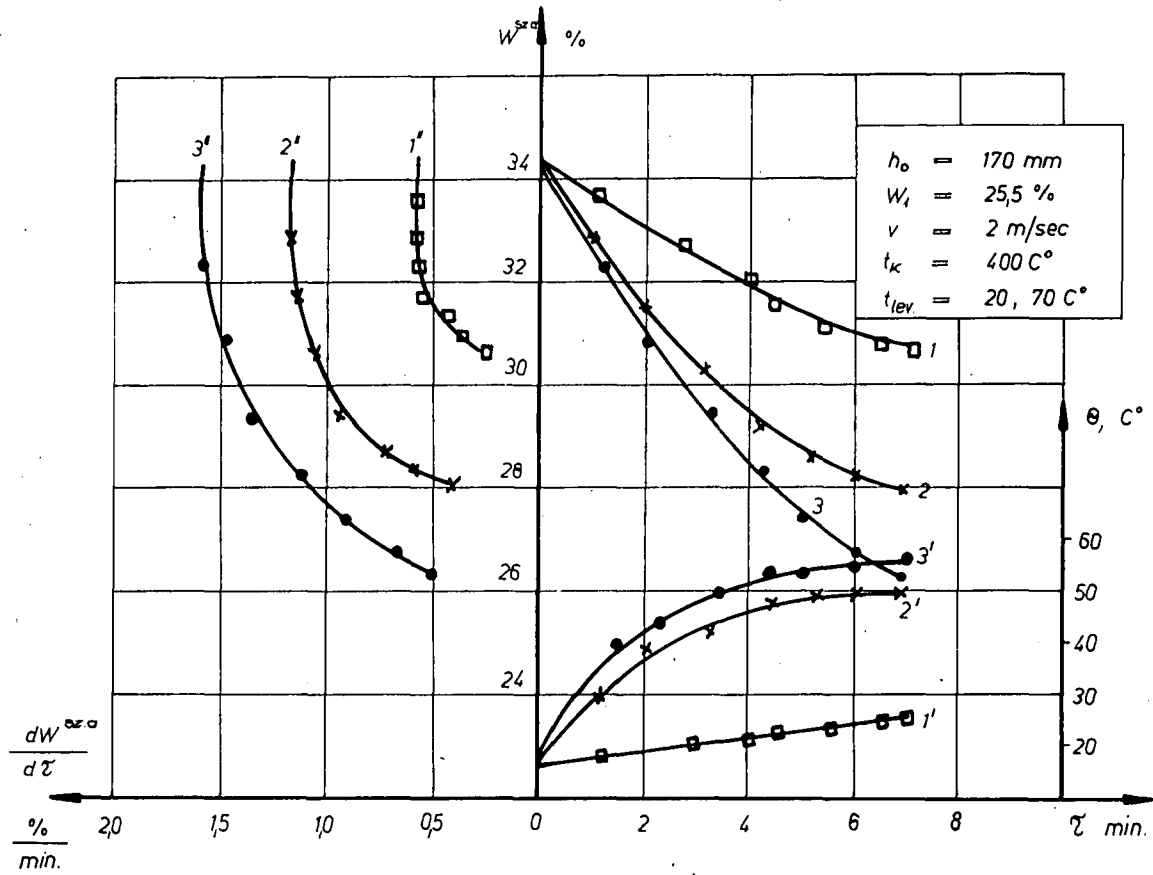
A 3, 3' és 3''-vel jelölt görbék jellemzik a kombinált hőközlést a fluid-rétegben. Ekkor a szárítóközeg hőmérséklete 70 °C volt, a fűtőcső felületének hőmérséklete 400 °C.

A számszerű eredményeket a 2. táblázat mutatja.

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 nedvességsökkenést egy szárítási ciklusban minimális energiárfordítással a gabona minőségének megtartása mellett.

Elemezve 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 a szárítás folyamán.



6. ábra. A szárítási, szárítási sebesség és a gabona hőmérsékletváltozási görbék különböző hőközlés esetén



## 2. TÁBLÁZAT

*A kísérleti eredmények elemzése kombinált hőközlés esetén*

Hőközlés módja, paraméterek	Konduktív	Konvektív	Konvekt. kondukt.
ciklusidő, $\tau$ min	7	7	7
nedvesség csökkenése egy ciklusban			
$W^{sz}$ , %	3,6	6,3	7,9
gabona hőmérséklete,			
$\theta_1$ °C	15	15	15
$\theta_2$ °C	25	51	55
levegő hőmérséklete,			
$t_{lev}$ , °C	20	70	70
konduktív felület hőmérséklete, $t_k$ , °C	406	—	400
Szárítási sebesség I. periódusban,			
$\frac{dW^{sz}}{dt}$ , % min	0,6	1,2	1,6

Az adatok egy olyan szárítási ciklusra vonatkoznak, melynek időtartamát a gabona maximálisan megengedett hőmérsékletig való felmelegedése határozza meg.

### IRODALOM

1. *Sinha R. N.—Muir W. E.*: Grain storage: part of a system, The AVI Publishing Company, Inc Westport, Connecticut, 1973.
2. *Романков П. Г.—Рашковская Н. Б.—Гольцикер А. Д.*: Современное состояние техники сушки в кипящем слое за рубежом, 1964.
3. *Тищенко А. Т.—Хвастухин Ю. И.*: Печи и теплообменники с псевдоожиженным слоем, изд. «Наукова думка», Киев, 1973.

### STUDY OF CEREAL DRYING IN A FLUID LAYER

*Dr. N. Horváth*

Application of a combined heat-treatment in cereal drying in a fluid layer, with maintenance of the recommended parameters, increases the loss of moisture in one cycle by 25%.

The heating-up of the cereal is less intensified: at the end of the cycle the temperature reaches 55 °C, i. e. it does not exceed the maximum permitted value.

Accordingly, preservation of the quality of the cereal and an energy saving of about 20% are guaranteed in the course of the drying.

### UNTERSUCHUNG DES GETREIDETROCKNENS IN DER FLUIDSCHICHT

*Dr. N. Horváth*

Die Anwendung kombinierter Wärmezufuhr beim Getreide-Trocknen in der Fluidschicht erhöht bei Einhaltung der vorgeschriebenen Parameter die Feuchtigkeitsentfernung während eines Zyklus um 25%.

Die Erwärmung des Getreides ist weniger intensiv und erreicht bis zu Ende des Zyklus eine Temperatur von 55° C, d. h. geht nicht über den maximal erlaubten Wert hinaus.

Das obige Vorgehen garantiert die Erhaltung der Qualität des Getreides sowie eine etwa 20% ige Energieeinsparung.

## АНАЛИЗ ВЫСУШИВАНИЯ ЗЕРНА В ФЛЮИДНОМ СЛОЕ

*Н. Хорват*

Применение комбинированной термической обработки при высушивании зерна в флюидном слое при соблюдении рекомендуемых параметров повышает удаление влаги на 25 % в течение одного цикла.

Нагрев зерна менее интенсивен и к концу цикла находится на уровне 55 °С, то есть не превышает максимально допустимого показателя.

В процессе такой сушки гарантируется сохранение качества зерна и достигается 20%-ная экономия энергии.