

ZÖLDSÉGFÉLÉK SZÁRÍTÁSA INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁSSAL

DR. SÁROSI HERBERT*

Bevezetés

Az élelmiszeripari termékek tartósításánál jelentős részt a szárítás képvisel. Az iparban a meleg levegővel végrehajtott (konvekciós) szárítást alkalmazzák elsősorban, amelynél a meleg levegő által leadott hőmennyiség az anyagban levő nedveséget elpárologtatja és ez az áramló levegővel együtt gőz formájában elhagyja a szárítóberendezést.

Más iparágakban (bőripar, kerámiaipar stb.) az infravörös sugarakkal való szárítás több évtizedes múltra tekint vissza, míg az élelmiszeriparban csak lakkok, címkék szárítására alkalmazzák. Ezen cikkben elsősorban az infraszárítás néhány — gyakoribb — termékre való alkalmazásának lehetőségét ismertetem.

1. Rövid elmélet

Az elektromágneses hullámok skálája a növekvő hullámhosszt véve alapul (1. ábra) a kozmikus sugarakkal kezdődik, majd a rádióaktív anyagok bomlásakor keletkező γ sugárzás, röntgen-, ultraibolya-, látható fény-, infravörös sugarak, majd a Hertz-hullámok s végül a rádió hullámok következnek.

Az infravörös sugárzás a 0,8 $m\mu$ -tól a 400 $m\mu$ -ig terjedő hullámhossz. Az infravörös sugárzást gyakran hatása alapján hőszugárzásnak is nevezik, mely helytelen, mert a hő nem sugárzás útján jut az anyagi testbe, hanem az elektromágneses hullámok elnyelődése után, magában az anyagban keletkezik [1].

A sugárzással átadott hőmennyiséget Stefan—Boltzmann törvény alapján a következő képlettel számolhatjuk:

$$Q = c_k \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \tau A \text{ Kcal,}$$

ahol Q = a τ idő alatt A felületről kisugárzott hőmennyiség Kcal,

c_k = a kölcsönös sugárzási tényező, Kcal/m² ó °K⁴

T_1 = a sugárzó hőmérsékleti K^o-ban.

T_2 = a sugárzott anyag hőmérséklete K^o-ban.

Az infravörös sugarak legfontosabb tulajdonságai meghatározzák a felhasználási lehetőségeket, melyeket az alábbiakban foglalhatjuk össze.

a) Az infravörös sugárzás különböző érzékelőkkel felfogható.

* Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék.

HULLÁMHOSSZ

	1000 km	10 km	100 m	1 m	1 cm	0,1 mm	1 μ	10 m μ	1 Å	0,01 Å	0,1 XE	10 ⁻³ XE	
	10 ⁶	10 ⁴	10 ²	1	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹⁶ m	
IPARI VÁ. ELEKTRO- AKUSZTIKAI ÁTVITEL	T H K R			URH MIKRO			(HŐ) INFRAVÖRÖS		ULTRAIBOLYA		RADIOAKTÍV		KOZMIKUS
	R Á D I O			H E R T Z			F É N Y		L Á G Y K E M É N Y		G A M M A		
	3 · 10 ²	3 · 10 ⁴	3 · 10 ⁶	3 · 10 ⁸	3 · 10 ¹⁰	3 · 10 ¹²	3 · 10 ¹⁴	3 · 10 ¹⁶	3 · 10 ¹⁸	3 · 10 ²⁰	3 · 10 ²²	3 · 10 ²⁴ HZ	

REZGÉSSZÁM

RÖVIDÍTÉSEK:

- T = Rádió-távíró
 H = Rádió, hosszú hullám
 K = Rádió, közép hullám
 R = Rádió, rövid hullám
 URH = Rádió, ultrarövid hullám

1. ábra

b) A különböző anyagok áteresztőképessége más az infravörös sugarakra és más a fénysugarakra nézve.

c) Könnyen előállítható. Legegyszerűbben például a sugárzó melegítésével.

d) Az infravörös sugárzás abszorpcióját követő felmelegedés könnyen szabályozható.

Szárításnál előnyei a következők.

a) A fűtési és szárítási idők jelentősen rövidebbek, mint más hasonló célú berendezéseknél.

b) Az infrasugárzók könnyen illeszthetők a tárgyak alakjához, felületéhez.

c) A sugárzás pontosan irányítható.

d) A hőmérséklet a szükségletnek megfelelően könnyen szabályozható a sugárzó és a tárgy egymás közötti távolságának, a sugárzók számának és a besugárzási időnek változtatásával.

e) Rövid idő alatt üzembe helyezhető, s ezzel elmaradnak a bemelegítési veszteségek. Könnyen kikapcsolható.

f) A szárított termék kitűnő minőségű.

g) Súlyuk, helyigényük kicsiny, viszont nagy besugárzási erősség biztosítható, mivel több sugárzó helyezhető el térközelbe.

h) Könnyű a javítása, mely csupán az infraéő kicserélésére korlátozódik.

2. Az infrasugárzás szárításra való felhasználásának elvi kérdései

Az infravörös sugárzás hasznos részét a besugárzott anyag által abszorbeált sugarak képezik. A hőkezelés sikerét elsősorban az dönti el, hogy a sugarakból mennyit képes abszorbeálni a besugárzott anyag, azaz milyen az abszorpciós tényezője. Azonos hullámhosszú sugarakra nézve az anyagok abszorpciós tényezője más és más. Egy azon anyag abszorpciós tényezője különböző hullámhosszú sugarakra is különböző.

Az anyagok abszorbeáló képessége különböző hullámhosszú sugarak esetén olyképpen alakul, hogy a rövidebb hullámhosszú sugarakból többet bocsátunk át és kevesebbet abszorbeálnak, mint hosszabb hullámhosszú sugárzás esetén. Az infravörös sugárzás abszorpcióját a termék színe is befolyásolja. A fekete test legjobban, a fehér színű anyag legkevésbé abszorbeál.

Az infra sugárzással végrehajtott szárítással A. V. LIKOV szovjet professzor foglalkozott behatóan, és megállapította, hogy az infraszárítás mechanizmusa eltér a konvekciós szárítás mechanizmusától. A meleg levegővel eszközölt szárításnál kialakult hőáram sűrűségét ($\text{Kcal/m}^2\text{ó}$) összehasonlította a sugárzásos szárító hőáram sűrűségével. Azt tapasztalta, hogy a sugárzással átadott hőmennyiség a meleg levegővel való szárításkor átadott hőmennyiségnek többszöröse, az anyag száradási sebessége mégis néha kisebb. Ezen tény okát vizsgálva megállapította, hogy a szárítás szokásos feltételei mellett a hőmérséklet-gradiens a nedvesség-gradienshez viszonyítva ellentétes irányú. A nedvesség-gradiens hatására a nedvesség az anyag felülete, míg a hőmérséklet-gradiens hatására az anyag belseje felé diffundál [2].

Tehát a szárítás sebessége nemcsak a hőátadás sebességétől, hanem a nedvességvándorlás sebességétől és irányától is függ. Ezen felismerés eredményeként LIKOV a szárítás meggyorsítása és a szárítmány önköltségének csökkentése céljából kidolgozta a megszakításos szárítási módszert, mely segítségével a kispórusú anyagokból a nedvességet nem gőz, hanem víz formájában lépteti ki. Az infraszárítási műveletet úgy hajtja végre, hogy nem folyamatosan végzi a besugárzást, hanem a szárítandó

anyagtól függően, rövid ideig tartó besugárzás után hosszabb ideig hagyja a terméket hűlni. A hűtési periódus alatt a víz az anyag belsejéből kifelé diffundál, a felületen megjelenő vizet a rövid ideig tartó besugárzással elpárologtatja. Ily módon a több órás szárítási időt nagymértékben lecsökkenti [3].

3. Szárítási kísérletek

A szárítási kísérletekkel a likovi-elv alkalmazhatóságát kívántam megvizsgálni az élelmiszeriparban is szárításra kerülő termékfélésegeknél, úgy mint répa, zöldség és zeller esetében.

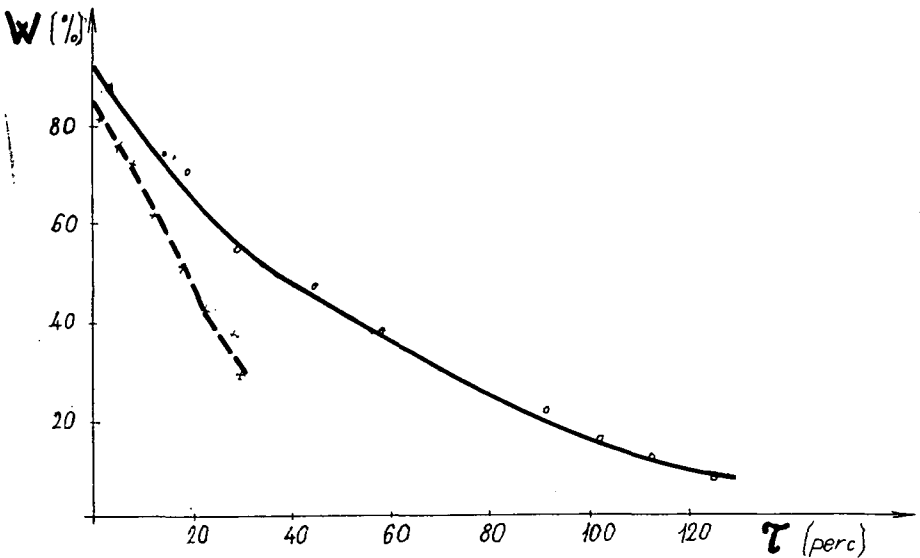
A szárítást folyamatosan és megszakításos módszerrel hajtottam végre.

a) A termékekből 0,5 cm vastag korongokat vágtam ki, melyeket 250 W-os infralámpával (gyártó cég: Egyesült Izzó Bp.) 10 cm távolságból szárítottam.

Mérési eredményeim alapján a megszakításos szárításnál az optimális arány $2''/80''$ -(azaz két másodperc megvilágítás, 80 másodperc hűtés)-nak adódott.

A szárítási kísérlet eredményeit az 1., 3., 5., (folyamatos) 2, 4, 6. (megszakításos) táblázatokban foglaltam össze.

A táblázati adatokból megszerkesztettem a száradási görbéket. Azonos anyagra vonatkozó folyamatos és megszakításos szárításra vonatkozó száradási görbéket



2. ábra

ugyanazon ábrán tüntettem fel (2., 3., 4. ábra), mert ily módon szemléletesebb, az azonos nedvességtartalom eléréséhez szükséges idő alakulása. (A 2. ábra a sárgarépa, a 3. ábra a zöldség és a 4. ábra a zeller száradási görbéjét mutatja. A folyamatos szárítást a folytonos vonal jelzi.)

A száradási görbékből megszerkesztettem a sebesség görbéket. A jelen munkában csupán a sárgarépa vonatkozó száradási sebességgörbét közlöm, (5. ábra), a cikk terjedelmének csökkentése céljából [4].

1. TÁBLÁZAT

Sárgarépa (folyamatos) megvilágítás Tömeg g	Szárítási idő perc	Nedvesség- tartalom %
10,50	0	87
8,54	20	70,6
6,65	34	55,0
5,67	44	47,0
4,48	58	37,1
3,32	75	27,5
2,66	86	22,0
1,99	102	16,5
1,43	112	11,9
1,05	126	8,7

2. TÁBLÁZAT

Sárgarépa (megszakításos) megvilágítás Tömeg g	Minta- vétel ideje perc	Nedvesség- tartalom %
10,40	0	86,5
10,18	1	84,8
9,87	2	82,2
9,56	4	79,6
9,12	6	76,0
8,76	8	73,0
7,50	13	62,5
6,16	18	51,2
5,17	23	43,0
4,49	28	37,4
3,46	30	28,8

3. TÁBLÁZAT

Zöldség (folyamatos) megvilágítás Tömeg g	Szárítási idő perc	Nedvesség- tartalom %
11,50	0	88,0
10,28	17	78,5
8,42	32	64,3
7,40	42	56,5
6,08	56	46,33
4,60	73	35,2
3,87	84	29,6
3,17	101	24,2
2,32	110	17,6
1,69	124	12,9

4. TÁBLÁZAT

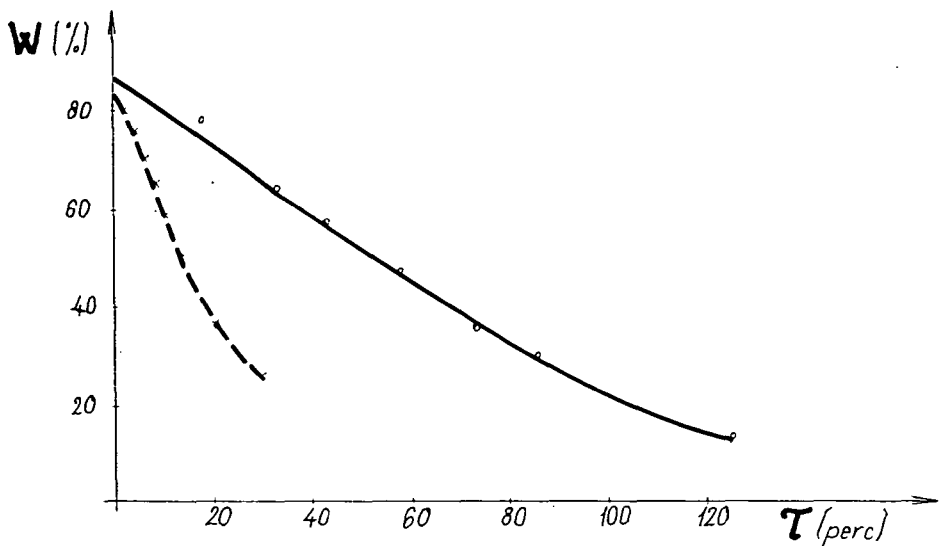
Zöldség (megszakításos) Tömeg g	Minta- vétel ideje perc	Nedvesség- tartalom %
11,60	0	87,0
11,20	1	84,0
10,62	2	79,5
10,05	4	75,2
9,34	6	70,0
8,59	8	64,5
7,78	10	58,4
6,77	13	50,0
4,76	20	35,7
4,02	24	30,3
3,57	28	26,8
3,33	30	25,0

5. TÁBLÁZAT

Zeller (folyamatos) megvilágítás Tömeg g	Szárítási idő perc	Nedvesség- tartalom %
10,5	0	87,0
9,0	14	74,5
6,38	29	52,7
5,02	40	41,5
3,68	54	30,5
2,44	71	20,2
2,38	82	19,7
1,99	100	16,45
1,64	108	13,6

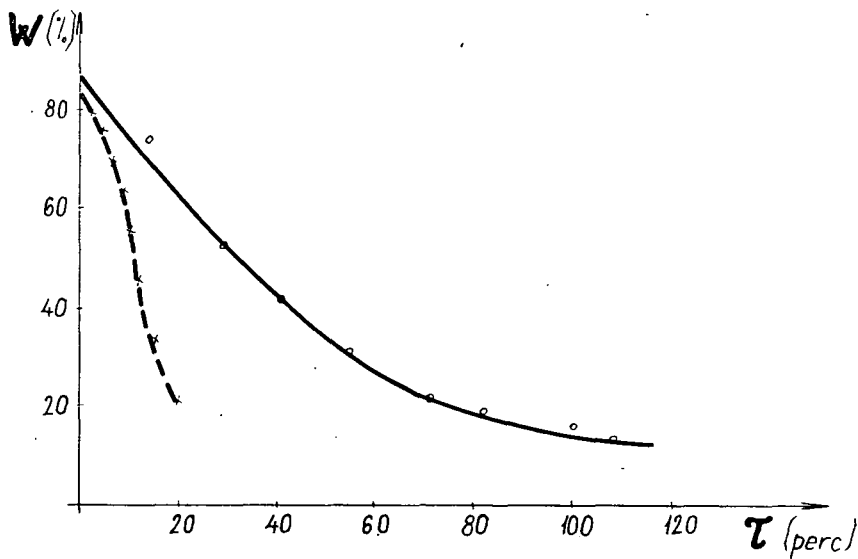
6. TÁBLÁZAT

Zeller (megszakításos) megvilágítás Tömeg g	Mintavétel ideje perc	Nedvesség- tartalom %
10,20	0	89,0
9,73	1	85,0
9,08	2	79,2
8,60	4	75,2
7,94	6	69,4
7,24	8	63,2
6,33	10	55,2
5,25	12	45,9
3,80	15	33,2
2,41	19	21,0

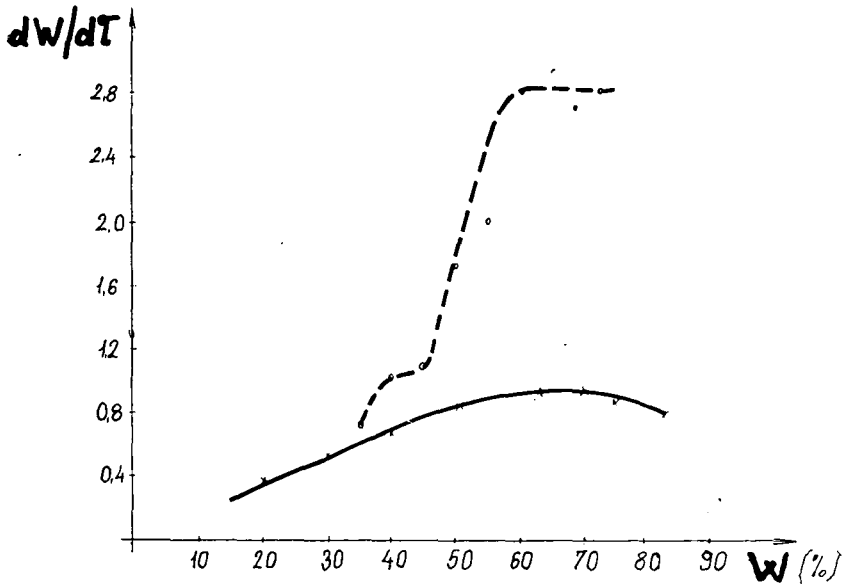


3. ábra

b) A konvekciós szárításnál minden anyag hőmérséklete eléri a szárító meleg levegő hőmérsékletét (kb. 75—80 C° vég hőmérsékletet), és a több órás szárítási folyamat alatt a hőhatás következtében az élelmiszeripari termék minőségi károsodást szenved. Az alkalmazott szárítási mód annál kíméletesebb minél kevésbé melegszik fel a termék. A szárítandó termék maghőmérsékletéhez, azaz a termék geometriai középpontjában mért hőmérsékletéhez egy adott nedvességtartalom tartozik. A szá-



4. ábra



5. ábra

rítás előre haladtával az emelkedő maghőmérsékleti értékekhez csökkenő nedvességtartalmak tartoznak. A mérési adatok és ábrák mellőzésével, sárgarépa maghőmérséklete folyamatos megvilágítás esetében 54°C -nak, míg a megszakításos besugárzás esetében 47°C -nak adódott.

4. Következtetés

A megszakításos megvilágítással lefolytatott kísérleteim közül a $2''/80''$ -arányúnak volt a legrövidebb száradási ideje. A száradási idő csökkenésének okára a száradási sebességgörbékből következtettem (5. ábra), melyből megállapítottam;

a) A folyamatos szárítás sebességgörbéjénél teljesen hiányzik vagy igen rövid a száradás állandó sebességű szakasza, melynél a felületről elpárolgott nedvesség mennyisége egyenlő az anyagból a felületre diffundáló nedvesség mennyiségével.

b) A szakaszos megvilágításnál a sebességgörbéknél a száradás állandó sebességű szakasza igen jól látható és hosszan futó, mely a száradás gyorsabb voltának következménye.

A száradási sebességgörbe állandó sebességű szakasza az intenzív száradást jelzi, minél hosszabb ezen szakasz annál gyorsabban megy végbe a szárítás.

c) A folyamatos besugárzásnál a sebességgörbe csökkenő sebességű szakasza hosszan elnyúló s domináló.

d) A szakaszos besugárzásnál a csökkenő sebességű szakasz nagyobb sebességi értékek mellett követi a folyamatos szárításra jellemző görbét.

e) Az előző pontokban közöltek a hőmérsékleti-gradiens, illetve a nedvesség-gradiens hatásával magyarázhatók. A folyamatos megvilágításnál a nagy hőmérsékleti-gradiens gátolja a nedvességnek a felületre irányuló diffúzióját. Ezért a folyamatos megvilágítás mellett felvett sebességgörbe állandó sebességű szakasza teljesen hiányzik vagy igen rövid ideig tart.

Optimális megszákításos szárításnál kialakul egy viszonylag egyensúlyi állapot, amikor a nedvesség-gradiens hatására a felületre diffundáló vizet a rövid ideig tartó megvilágításkor közölt hő elpárologtatja, a kicsiny hőmérsékleti-gradiens viszont nem gátolja a nedvességnek a felületre irányuló diffúzióját. A száradási sebesség-görbén ezt, az állandó sebességű szakaszok jól definiált vonala jelzi.

Amikor a felületre diffundáló és onnan elpárolgó vízmennyiség aránya meg bomlik, azaz kevesebb víz jut a felületre, mint amennyi onnan elpárolog, a száradás csökkenő sebességű szakaszához értünk.

A folyamatos infraszárítás sebességére ez a szakasz a jellemzőbb. Összehasonlítva a szakaszos megvilágításnál felvett sebességgörbével, megállapítható, hogy a csökkenő szakaszban is a megszákításos szárításnál adódott a nagyobb száradási sebesség. Itt is a megvilágítási-hűtési idő helyes arányának kialakítása az észleltek magyarázata.

f) Mindkét megvilágításra jellemző sebességi görbéknél törés, illetve inflexiós pont található. Az inflexiós pont alatti szakaszon az adszorpciósan kötött víz, az inflexiós pont feletti szakasz és a csökkenő sebességű szakasz között a kapillárisos, míg a szárítás elején a szabad víz, illetve a felületi nedvesség távozik el, mely adhézió útján kötődik az élelmiszeripari termékhez.

g) A maghőmérsékleti értékek kíméletes szárítási módot igazolnak.

g) Hasonló megfigyeléseket mutatott az érzékszervi vizsgálataim eredményei is, melyre a szárítmányok szabványtervezet szerinti vizsgálataiból következtettem.

IRODALOM

1. *I. B., Levityin*: Infravörös sugárzástechika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962.
2. *A. V., Likov*: A szárítás elmélete. Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat, Budapest, 1952.
3. *Likov i. Auerman*: Teorija szuski kapillarnoporisztüh kolloidnüh materialov piscevoj promüshennosztyi, Moszkva, 1946.
4. *Sárosi H.*: Élelmiszeripari Műveletek III., Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1971.

DRYING OF VEGETABLES BY INFRARED RADIATION

H. Sárosi

The Likov principle meant a revolutionary change in infrared drying techniques. Measurements were made to study the applicability of the Likov principle in the case of various products of the food industry. It was found that intermittent infrared radiation can also be successfully applied in the drying of vegetables.

TROCKEN VON GEMÜSEN MIT INFRAROT-BESTRAHLUNG

H. Sárosi

Das LIKOV-sche Prinzip hat eine umwälzende Wandlung in der Infrarot-Trockentechnik gezeitigt. Verfasser hat an Hand seiner Messungen die Anwendbarkeit des LIKOV-schen Prinzips bei verschiedenen Lebensmittelindustrie-Produkten untersucht und feststellen können, dass die intermittierende Infrarot-Bestrahlung auch beim Trocknen von Grünzeug und Gemüse erfolgreich anwendbar ist.

ВЫСУШИВАНИЕ ОВОЩЕЙ ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Д-р Х. Шароши

Принцип Лыкова означал революционное изменение в технике инфракрасного высушивания. Автор проводил измерения с целью исследования применимости принципа Лыкова в случае различных продуктов пищевой промышленности. Было установлено, что прерывистое инфракрасное облучение может успешно применяться и при сушке различных овощей.