

Infravörös sugárzás alkalmazási
lehetőségeinek vizsgálata élelmiszeripari
termékek szárításánál

Sárosi Herbert
doktori értekezése

1968.



B 487



Bevezetés

Az élelmiszeripari termékek tartósításánál jelentős részt a szárítás képvisel. Az iparban a meleg levegővel történő /konvekciós/ szárítást alkalmazzák, amelynél a meleg levegő által leadott hőmennyiség az anyagban lévő nedvességet elpárologtatja és ez az áramló levegővel együtt gőz formájában elhagyja a szárítóberendezést.

Más iparágakban az infravörös sugarakkal történő szárítás több éves múltra tekint vissza /bőr- ipar, kerámiaipar/, míg az élelmiszeriparban csak lakkok, címkék szárítására alkalmazzák. Például a Nagykőrösi Konzervgyár az üvegekre ragasztott címkék szárítását, a Budapesti Konzervgyár pedig a zárolapokra öntött gumioldat oldószerének elpárologtatását végzi infravörös hőkezeléssel.

A dolgozatban ezért elsősorban az infraszárításnak néhány- a leggyakoribb- termékre történő alkalmazási lehetőségét vizsgálom.

Figyelembe véve, hogy hazánkban a villamos energia használata költséges, ezért kísérleteket végez a likóvi megszakításos módszer alkalmazási lehetőségeire, mely az agyag és porcelán áruk, valamint a tésztafélék szárításánál igen jónak bizonyult.

Mivel élelmiszeripari termék szárításáról van szó, szükséges a szárítandó termék hőmérsékleti gör-

görbéjének /mag-hőmérsékletének/ vizsgálata a szárítás folyamán-, valamint a száritmány érzékszervi minőségének meghatározása és a száritmány eltarthatóságának vizsgálatához a hiszterézis görbe felvétele.

Elméleti rész

A fény természete már a XVII. században foglalkoztatta a fizikusokat. Isaac Newton angol fizikus már 1666-ban kimutatta, hogy az üvegprizma segítségével felbontott napfény spektrumot képez - az ibolyától a vörösig. A múlt század elejéig azonban senki sem tételezte fel, hogy a napfény a látható sugarakon kívül láthatatlanokat is tartalmaz. Ezt a tényt 1800-ban William Herschel angol tudós állapította meg. Herschel által felfedezett láthatatlan sugarak az infravörös sugarak, vagy infravörös sugárzás elnevezést kapták.

A XIX. században sok kutatót foglalkoztatott az infravörös sugárzás. A. M. Ampère francia fizikus 1853-ban mondta ki feltételezéseit, mely szerint a fénysugarak természete megegyezik az infravörös sugarak természetével. Számos kutató munkája nyomán sikerült minden kétséget kizáróan bizonyítani a hőenergia terjedésének hullám természetét.

Infravörös sugárzás elméleti kérdései

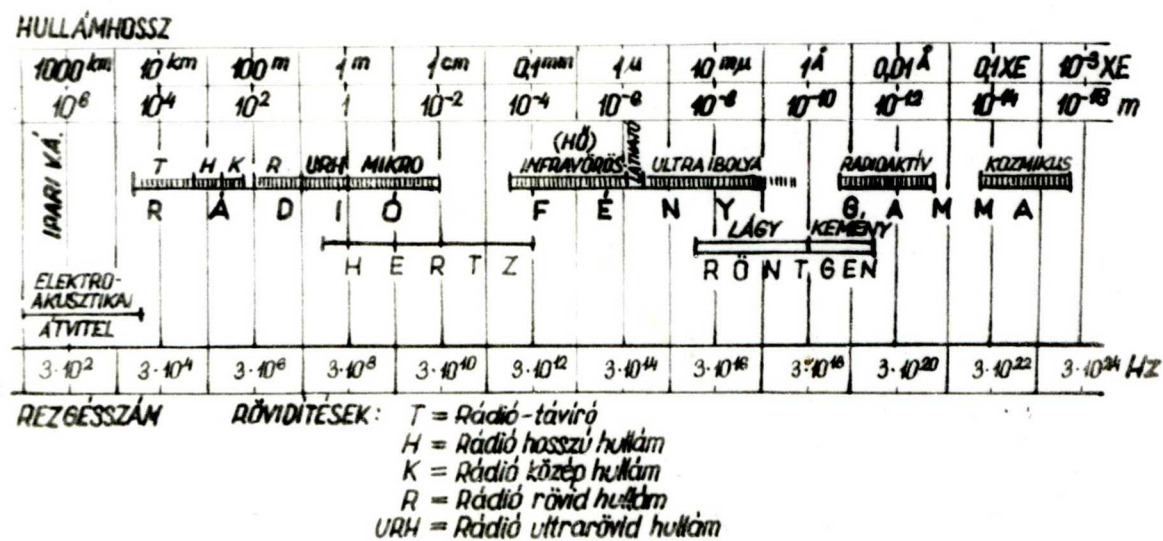
Az elektromágneses hullámok skálája a növekvő hullámhosszt véve alapul /1. ábra/ a kozmikus sugarakkal kezdődik, majd a rádióaktív anyagok bomlása-kor keletkező γ sugárzás, röntgensugarak, ultraibolya, látható fény, infravörös sugarak, majd a Hertz hullámok, s végül a rádióhullámok következnek.

Az elektromágneses hullámok nagy tartományából az emberi szem csak viszonylag kis részt észlel; a $0,4 \text{ m}\mu$ és a $0,8 \text{ m}\mu$ hullámhosszak között. Az infravörös sugárzás a $0,8 \text{ m}\mu$ -tól a $400 \text{ m}\mu$ -ig terjedő hullámhossz.

A technika jelenleg a $0,76 \text{ m}\mu$ és a $12 \text{ m}\mu$, az ipar pedig ezen belül a $0,76 \text{ m}\mu$ - $0,8 \text{ m}\mu$ közé eső részt használja ki. Az infravörös sugárzást gyakran nevezik hatása alapján hőszugárzásnak is. Ez az elnevezés helytelen, mert a hő nem sugárzás útján jut az anyagi testbe, hanem az elektromágneses hullámok elnyelődése után, magában az anyagban keletkezik.

A természetben hőkiegyenlítődési folyamat figyelhető meg, azaz magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb hőmérsékletű helyre hőenergia adódik át. Ezen energia átadás háromféle módon történhet:

1. hővezetés /kondukción/,
2. hőáramlás /konvekción/,
3. hőszugárzás /radiáción/,



1. ábra

melynél a hő elektromágneses hullám alakjában terjed és a hőhasznosítás a befektetett energiához képest a legelőnyösebb, mert közvetítés nélkül a legkisebb veszteséggel jut el a felhasználási helyre.

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

$$Q_s = k \cdot (T_1^4 - T_2^4) / \text{kcal/m}^2 \cdot \text{ó}$$

ahol Q_s = a sugárzással átadott hőmennyiség kcal/m²ó,

k = arányossági tényező,

T_1 = a sugárzó hőmérséklete K^o-ban,

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

A magasabb hőmérsékletű test nagyobb energiával sugároz az alacsonyabb hőmérsékletű test felé, miközben hőenergiája a lehűlés alatt sugárzó energiává alakul át. A meleg testek e sugárzó - képességét emissziós-képességnek nevezzük. Emisszió játszódik le az infravörös sugárzás keletkezésekor is.

Az infravörös sugarak legfontosabb tulajdonságai meghatározzák a felhasználási lehetőségeit. Ezeket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- 1./ Az infravörös sugárzás különböző érzékelőkkel felfogható.
- 2./ A különböző anyagok áteresztőképessége más az infravörös sugarakra és más a fénysuga-

rakra nézve.

- 3./ Az infravörös sugárzás könnyen előállítható. Legegyszerűbben például a sugárzó melegítésével.
- 4./ Az infravörös sugárzás abszorpcióját követő felmelegedés könnyen szabályozható.

A gyakorlatban alkalmazott infravörös sugárforrások igen különfélék lehetnek. Így megkülönböztetünk:

- a./ hőmérsékleti sugárzókat /infralámpákat/,
- b./ gázkisülésű és
- c./ kevert jellegű sugárforrásokat.

Az infravörös sugárzók alkalmazásának ipari szempontból igen sok előnye van, mely megfontolandó. Szárítási célra történő felhasználásánál előnyei a következők:

- 1./ Fűtési és szárítási idők jelentősen rövidőbbek, mint más, hasonló célú berendezéseknél.
- 2./ Az infravörös sugárzók kitűnően illeszthetők adott tárgyak, anyagok szárításához attól függően milyen a tárgy alakja, tulajdonsága, felülete, minősége stb.
- 3./ A sugárzás pontosan irányítható.
- 4./ A hőmérséklet a szükségletnek megfelelően könnyen szabályozható, a sugárzó és a tárgy egymás közti távolságának, a sugárzók szá-

mának és a besugárzási időnek változtathatósával.

- 5./ A besugárzási időtartam és a besugárzási erősség előzetes, kísérletileg történő megállapítása után a besugárzási folyamat pontosan irányítható.
- 6./ Rövid idő alatt üzembe helyezhető, könnyen kikapcsolható.
- 7./ Nem utolsósorban a gazdaságossági szempont: elmaradnak a bemelegítési veszteségek - például konvekciós szárítás esetében a szárító berendezésnek a szárítási hőmérsékletre történő felmelegítése-, elkerülhetők az üres járatok.
- 8./ A szárító hőszigetelése nem szükséges, elegendő alumínium lemezzel történő beborítása.
- 9./ A konvekciós direkt szárítókhoz viszonyítva csökken a tűz és robbanás veszély gyúlékony oldószerek elpárologtatásánál.
- 10./ A szárított termék kitűnő minőségű.
- 11./ A beruházási költség nem túl nagy, mivel az infravörös szárítók kis anyagigényűek és aránylag egyszerű felépítésűek.
- 12./ Súlyuk és helyigényük nem nagy.
- 13./ Nagy besugárzási erősség biztosítható, mivel több sugárzó tér egymással fedésbe hoz-

ható oly módon, hogy a sugárzókat egymáshoz közel helyezik el, így az anyagot több égő sugárzása éri.

- 14./ Könnyű a javítási lehetőség, mely csupán az infraégő kicserélésére korlátozódik.
- 15./ A sugárzók beszennyeződésének veszélye nem nagy.
- 16./ A szárítón történő áthaladás alatt jól megfigyelhető az anyag, mert az infralámpák megvilágítják.
- 17./ Szalagszáritásra könnyen és jól felhasználható [1].

Az infravörös sugárzás szárításra való felhasználásának elvi kérdései

Az infravörös sugár, mint elektromágneses hullám a szárítandó anyaghoz érve abszorbeálódik, és a sugárzó energia az alacsonyabb hőmérsékletű testben hőenergiává alakul át.

A 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 abszorpció tényezője. Azonos hullámhosszu sugarakra nézve az anyagok abszorpció tényezője más és más. Különböző hullámhosszu sugarakra egy azon a-

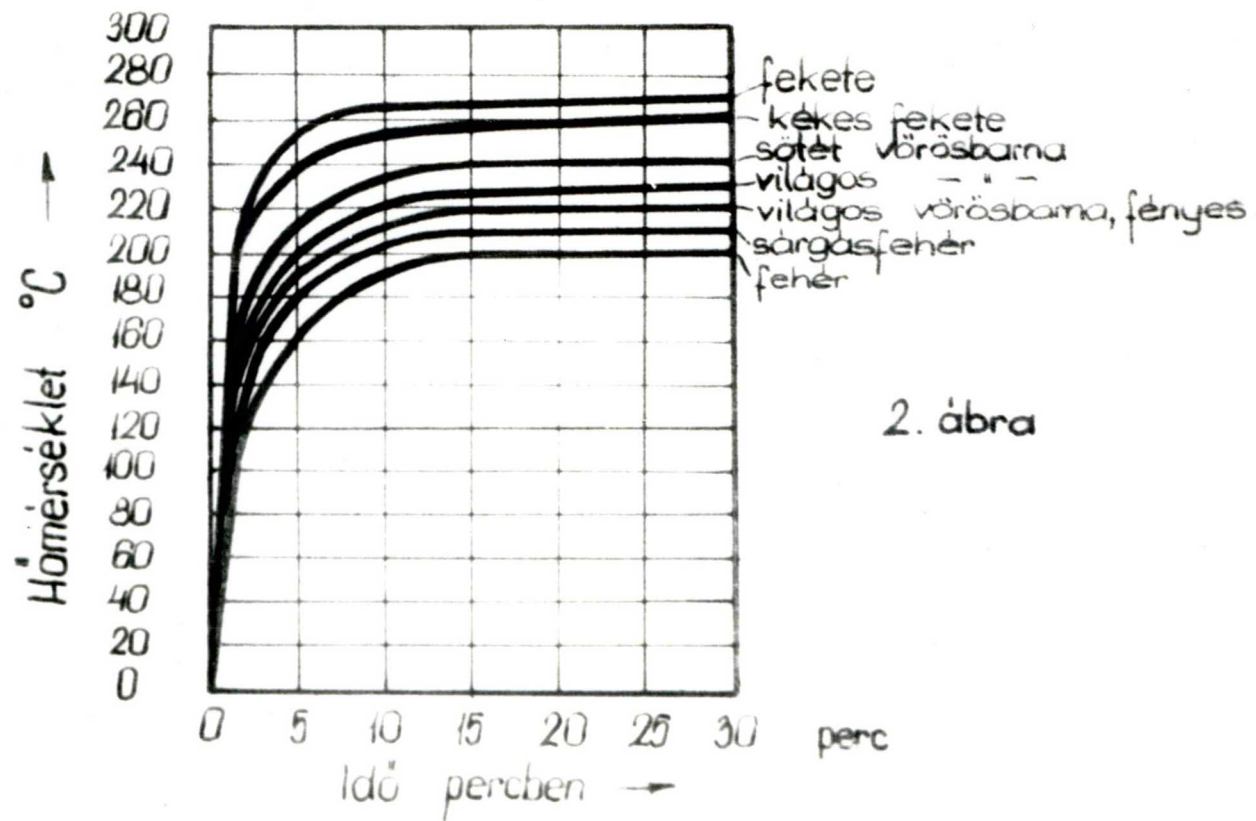
anyag abszorpciós tényezője is különböző.

Az anyagok abszorbeáló képessége különböző hullámhosszu sugarak esetén oly képpen alakul, hogy rövidebb hullámhosszu sugarakból többet bocsátanak át és kevesebbet abszorbeálnak. Ebből következik az, hogy minél hosszabb hullámhosszu sugárzás éri az anyagot, annál többet abszorbeál az anyag és kevesebbet bocsát át.

Óvatosan kell eljárni, ugyanis túl hosszú hullámhossz alkalmazása esetén a sugárzás a besugárzott anyag felső határrétegében teljes mértékben abszorbeálódik, s így az alsó réteghez hő csak hővezetéssel jut.

Az abszorpciós tényező a sugar hullámhosszán kívül az anyag fizikai- kémiai tulajdonságaitól is függ. A színek abszorbeáló képessége különböző. A fekete test legjobban, a fehér legkevésbé abszorbeál. A 2. sz. ábra a színek abszorbeáló képességét ábrázolja.

Az infrasugárzással történő szárítás mechanizmusának vizsgálatával A. V. Likov szovjet tudós foglalkozott. Likov szerint: az infrasugárzással történő szárítás kinetikájának tanulmányozása azt bizonyította, hogy az infraszárítás mechanizmusa eltér a meleg levegővel történő szárításnál tapasztaltaktól. Ennek fő oka az, hogy az anyagban nagy a hőmérsékleti gradiens, azaz a hőmérsékletnek adott egyenesvonallu utszakasz egységnyi részére eső változása.



2. ábra

A hőáram sűrűségét $/\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{ó}/$ összehasonlítva a meleg levegővel történő szárításnál kialakult hőáram sűrűségével $/q_{\text{sugárzás}} = 22.500 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{ó},$ $q_{\text{konvekció}} = 750 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{ó}/$ megállapította, hogy a sugárzással történő szárításnál átadott hőmennyiség a konvekciós szárításkor átadott hőmennyiségnek több tizszerese, az anyag száradási sebessége $dW\%/d\tau$ - - elpárologtatott nedvesség $\%/ \text{ldő}$ - mégis néha kisebb. Ezen tény okát vizsgálva megállapította, hogy a szárítás szokásos feltételei mellett a hőmérsékleti gradiens a nedvesség gradienshez viszonyítva ellentétes irányú. A nedvességi gradiens - mely a nedvességtartalomnak adott egyenesvonalú utszakasz egységnyi részére eső változása - hatására a nedvesség az anyag felülete, míg a hőmérsékleti gradiens hatására az anyag belseje felé igyekszik vándorolni [2].

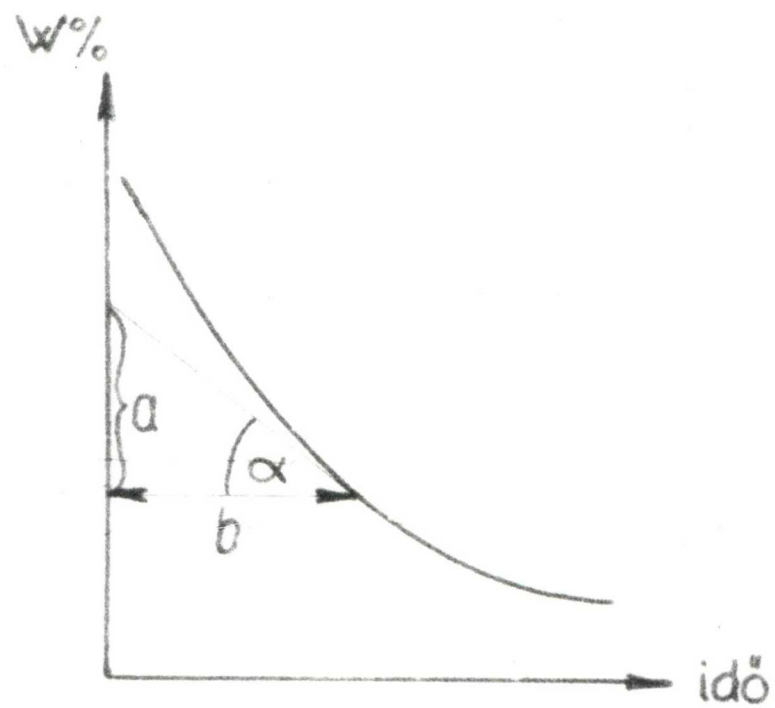
Tehát a száradás sebessége nemcsak a hőátadás sebességétől, hanem a nedvesség vándorlás sebességétől és irányától is függ. Ezen felismerés eredményeként Likov a szárítás meggyorsítása és a szárítvány önköltségének csökkentése céljából kidolgozta a megszakításos szárítási módszert. Eljárása segítségével a kispórusu anyagokból a nedvességet nem gőz, hanem víz formájában lépteti ki. Az infra-száritási műveletet úgy hajtja végre, hogy nem folyamatosan végzi a besugárzást, hanem a szárítandó

anyagtól függően, rövid ideig tartó besugárzás után hosszabb ideig hűlni hagyja a terméket. A hűtés folyamata alatt a víz az anyag belsejéből kifelé diffundál, a felületen megjelenő vizet a rövid ideig tartó besugárzással elpárologtatja. Ily módszerrel végzett szárítási kísérletei alatt a besugárzást mindössze tíz- tizenkét percen keresztül eszközölte, de hatásában megfelelt öt-hat órás folyamatos infraszárításnak [3].

A szárítással kapcsolatos kísérletek között az ipari gyakorlatban elsők közé tartozik a száradási görbe felvétele, melynél az anyag nedvességtartalmát $W\%$ - a szárítás folyamán - az idő függvényében τ vizsgáljuk. A száradási görbe csökkenő tendenciájú /3. ábra/, mely segítségével bármely időtartamhoz leolvasható a szárítandó anyag nedvességtartalma, ha a szárítást a száradási görbe felvételkor alkalmazott körülményekhez hasonlóan végezzük.

Az infravörös sugárzással történő szárítási kísérleteknél is száradási görbék felvétele a legcélszerűbb, mert a folyamatos és szakaszos besugárzásnál nyert görbék összehasonlítási alapul szolgálnak, ha csak a tényleges besugárzási időt tüntetjük fel, valamint az energia felhasználásra történő számolásra is igen alkalmas.

As előbbi görbe segítségével megszerkeszthető a száradási sebességgörbe, melyen az anyag nedvesség-



3. ábra

tartalmát $W\%$ a száradási sebesség $dW\%/d\tau$ függvényében ábrázoljuk. A száradás sebességgörbéje alatt a száradási sebesség és az anyag nedvessége közötti grafikus összefüggést értjük. A sebességgörbét a száradási görbéből grafikus differenciálással legegyszerűbb megszerkeszteni, mert a száradási görbéhez húzott érintő iránytangense adja azon nedvességtartalmu pont száradási sebességét /3. ábra/. Matematikai összefüggéssel kifejezve:

$$\frac{dW\%}{d\tau} = \operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{b} ,$$

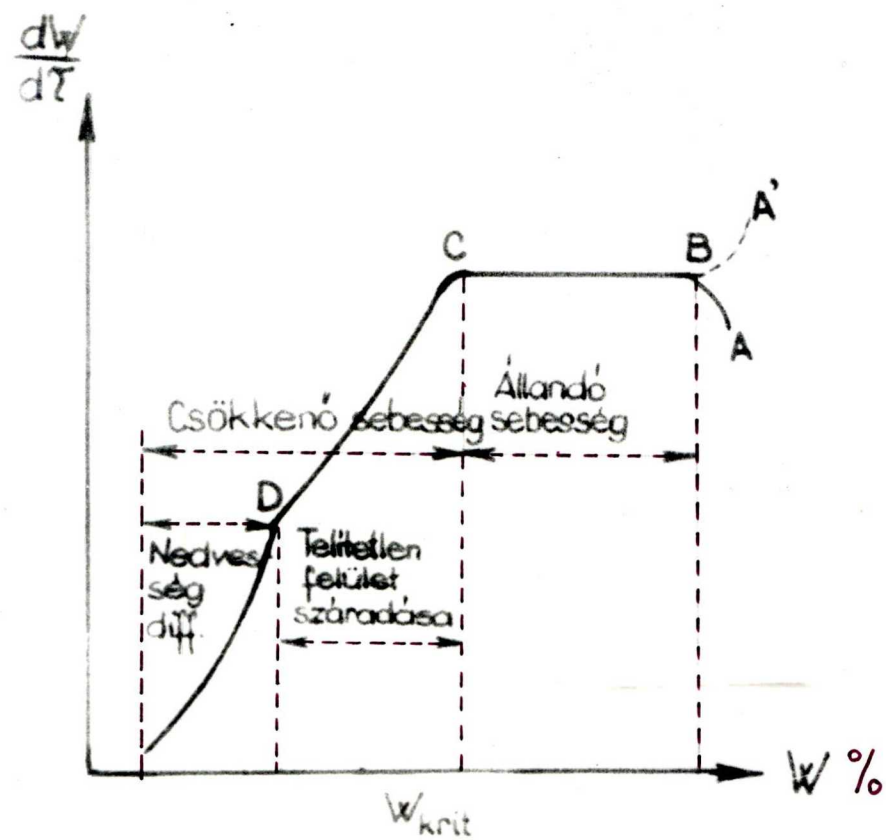
ahol $\frac{dW\%}{d\tau}$, a száradás sebessége $\frac{\%}{\text{idő}}$,

a a háromszög befogója a lépték szerinti százaléokban,

b a háromszög befogója, az abszcisszán feltüntetett időegységben.

Ha a grafikus differenciálást a száradási görbe több pontjára kiterjesztjük és az így nyert eredményeket koordináta rendszerben ábrázoljuk az abszcissza tengelyen a nedvességtartalmat $W\%$, az ordináta tengelyen a száradási sebességet $\frac{dW\%}{d\tau}$ - nyerjük a száradási sebességgörbét /4. sz. ábra/ [4].

Az anyagok száradási sebességgörbéjét vizsgálva két fő szakaszt, egy állandó és egy csökkenő sebességű szakaszt különböztethetünk meg. Szárítás kez-



4. ábra

detén az anyag felülete nedves /ez főleg szabad nedvesség, mely az egyensúlyi nedvességtartalomnál nagyobb/ és a nedvesség csak a felületről párolog. A párolgás sebessége egyenlő lesz a felületre diffundáló nedvesség sebességével, s ekkor a száradás az állandó sebesség szakaszában megy végbe.

Ha az anyag átlagos nedvességtartalma annyira lecsökken, hogy eléri a $W_{krit.}$ értéket - a kritikus nedvességtartalmat-, akkor a száradás sebessége csökkenni kezd. Oka az, hogy míg a száradás állandó sebességű szakaszában a felület egyenletesen nedves, addig itt már száraz foltok jelennek meg az anyag felületén, ezek területe a szárítás idejével arányosan nő. Ez a telítetlen felület száradásának szakasza, melynél a nedvesség egy részének az anyag belsőjéből a felszínre kell diffundálnia. Végül a felület teljesen kiszárad /D pont/ és ekkor a száradás sebességét a diffúzió sebessége határozza meg, mely a felszín és az anyag belseje közt kialakult nedvességgradiens függvénye. Az AB, illetve az A'B görbeszakasz a kezdeti sebesség kiegyenlítődés szakasza, mely oly rövid, hogy figyelmen kívül hagyható [5], [6].

Természetesen a száradás sebessége a szárítandó termék anyagi tulajdonságaitól, a szárítási művelet kivitelezési módjától nagymértékben függ, s így a görbe lefutása, szakaszainak aránya változhat. A

megváltozott görbe alakja, viszont már konkrét következtetések levonására vezet, s ezért igen célszerű a száradási sebességgörbe elkészítése a szárítási kísérletek végrehajtásánál.

Hőmérsékleti görbe vizsgálata

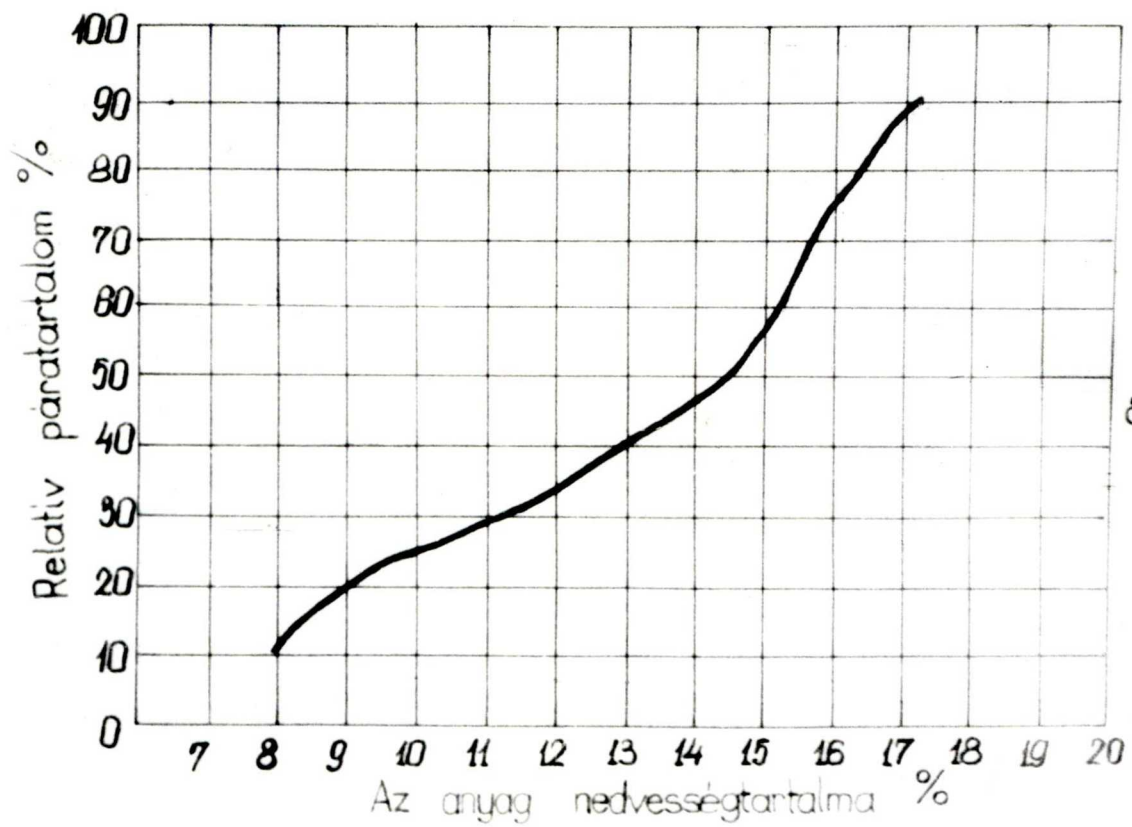
A konvekciós szárításnál minden test hőmérséklete a szárító meleg levegő hőmérsékletére emelkedik /kb. 75-80 °C/ és a több órás szárítási folyamat alatt a termékben lévő vitaminok, főleg a C vitamin, és a karotinszármazékok termikus bomlást szenvednek. Az alkalmazott szárítási mód annál kiméletesebb minél kevésbé melegszik fel az anyag. Kísérleti adatok alapján megállapították, hogy a szárítandó anyag hőmérsékletéhez, azaz a termék geometriai középpontjában mért hőmérsékletéhez egy adott nedvességtartalom tartozik. A szárítás előrehaladtával az emelkedő maghőmérsékleti értékekhez csökkenő nedvességtartalmak tartoznak, mely értékek koordináta rendszerben ábrázolva az S-alaku hőmérsékleti görbét adják [2].

A szárítás deszorpciós, adszorpciós egyensúlyai

Száritáskor a szárítandó szilárd anyag nedvességtartalmának párolgása gőznyomást hoz létre, mely

többek között az anyag tulajdonságaitól és a hőmérséklettől függ. Ha oly levegővel szárítunk, melyben a vízgőz parciális nyomása kisebb, mint a szárítandó anyagunk nedvességtartalmának gőznyomása, akkor anyagunk veszít nedvességtartalmából, szárad. -Parciális nyomás az a nyomás, amelyet a gázelegy egy komponense akkor fejtene ki, ha egyedül lenne az eleggyel azonos térfogaton és hőmérsékleten-. Megfelelő érintkezési idő után, anyagunk annyira beszárad, hogy nedvességtartalmának gőznyomása egyenlő lesz a szárító levegőben levő vízgőz parciális nyomásával. Ekkor egyensúly alakul ki, a száradás abbamarad. Ezen egyensúlyt dinamikus egyensulynak is nevezik, mely azt jelenti, hogy időegység alatt a szárítandó anyagunkból annyi vízgőz molekula jut a levegőbe, mint amennyi a levegőből anyagunkba diffundál [6].

Anyagunknak ilyen dinamikus egyensúlyban mért nedvességtartalmát, egyensúlyi nedvességtartalomnak nevezzük. Az egyensúlyi nedvességtartalom függ az anyag tulajdonságaitól, szerkezetétől stb. A környező levegőben a vízgőz parciális nyomását változtatva, a relatív páratartalom φ és az anyag nedvességtartalma $W\%$ közötti összefüggést koordináta rendszerben ábrázolva, az egyensúlyi nedvességtartalom görbéjét kapjuk /5. ábra/. $W\%$, a nedves anyagra vonatkoztatott nedvességtartalmat jelenti százalékban kifejezve.



5.
ábr.

A relatív páratartalom φ viszonzyszám, mely megadja, hogy a levegőt azonos hőmérsékleten telítő vízmennyiségnek hányadrésze található ténylegesen a levegőben.

Ujabb irodalmi utalásokban a relatív páratartalmat kifejező összefüggés:

$$\varphi = \frac{p_v}{p_{vt}},$$

ahol p_v a t hőmérsékleten a nedves levegőben lévő vízgőz sűrűsége,

p_{vt} a nedves levegőben lévő vízgőz sűrűsége, mely t hőmérsékleten a levegő telítettségét okozza.

A relatív páratartalom a vízgőz parciális nyomásaival is kifejezhető:

$$\varphi = \frac{p_A}{p_{At}},$$

ahol p_A a t hőmérsékleten a nedves levegőben lévő vízgőz parciális nyomása,

p_{At} a nedves levegő t hőmérsékletével azonos hőmérsékletű telített vízgőz parciális nyomása.

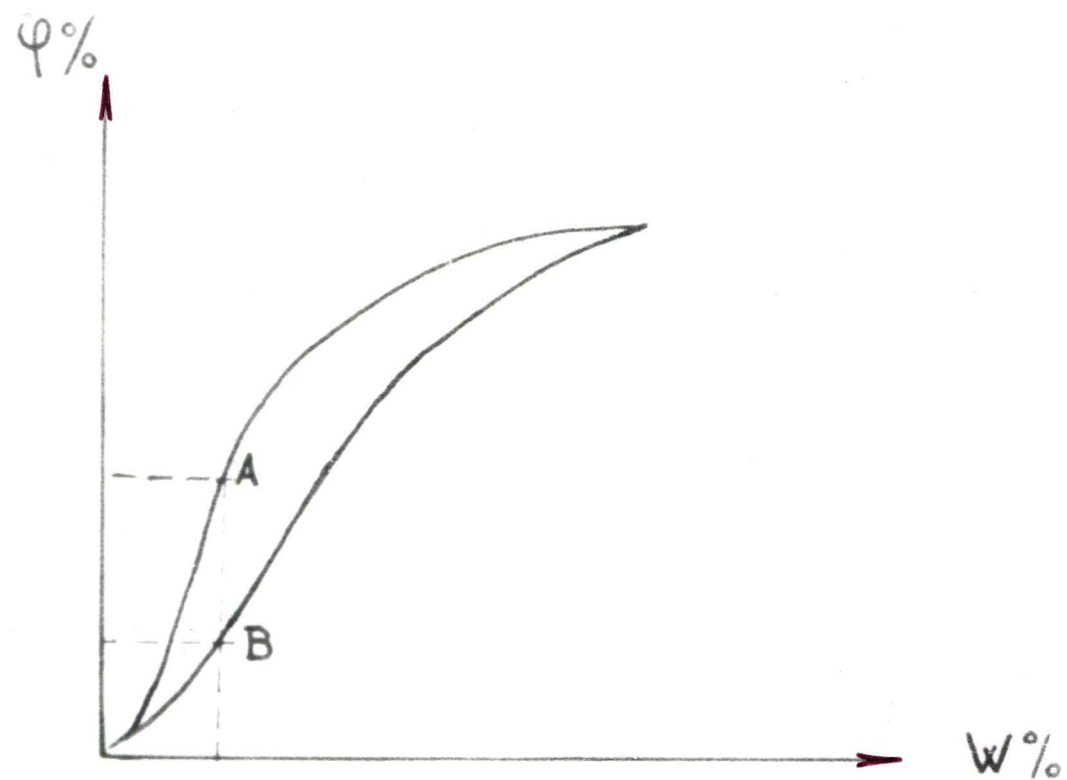
Ezen összefüggések alapján lehetséges a levegő-

ben lévő vizgőz parciális nyomását a relatív páratartalommal kifejezni. A relatív páratartalmat általában százalékos értékekben adják meg [7].

Számos anyag eltérő egyensúlyi nedvességtartalmat mutat, attól függően, hogy az egyensúlyt szárítás /deszorpció/ vagy nedvességfelvétel /adszorpció/ útján érte-e el. Amennyiben az adszorpció és deszorpció egyensúlyi értékeit az előbbiekben tárgyalt koordinátarendszerben ábrázoljuk, hiszterézis görbét nyerünk, melyet a szárítás hiszterézis görbéjének is neveznek. /6. ábra/ [8].

A szárítási műveleteknél a deszorpció egyensúlyi görbének, míg a szárítvány raktározása, tárolása során viszont az adszorpció egyensúlyi görbének van igen nagy szerepe. Ipari jelentősége abban rejlik, hogy a hiszterézis görbe segítségével, ismerve a raktáraink levegőjének átlagos relatív páratartalmát φ , előre meghatározhatjuk a termékünk szárításának mértékét. Semmi értelme sem volna egy anyagot a 6. sz. ábrán a "B" pontnak megfelelőnél alacsonyabb nedvességtartalomra $W\%$ leszárítani, ha várható, hogy a kiszárított anyag az "A" pontnak megfelelő relatív páratartalmu levegővel érintkezik a tárolás során.

Ebben az esetben a hiszterézis görbéről levonható következtetés; a szárítást /deszorpciót/ a "B" pontnak megfelelő nedvességtartalomig egyszerű elvé-



6. ábra

geznünk [9].

A hiszterézis görbe felvételénél a deszorpciós, illetve az adszorpciós egyensúlyokhoz tartozó nedvességtartalom értékeket $/W \%$ határozzuk meg a relatív páratartalom függvényében. Ezt oly módon végezzük, hogy zárt térben - termosztátban vagy egyszerűbb körülmények között exsiccátorban meghatározott relatív páratartalmu légtérrel állítunk elő és ide helyezzük a vizsgálandó anyagot. A légtér φ értékét a behelyezett pszichrométerrel ellenőrizzük. Minden esetben megvárjuk az egyensúly kialakulását, mely esetenként, a légtér méretétől függően, 6-12 nap között ingadozik. Sorrendben a deszorpciós, majd az adszorpciós egyensúlyi értékeket határozzuk meg.

A $\varphi = 100\%$ relatív páratartalmu tér víznek intenzív elpárologtatásával, míg az alacsonyabb relatív páratartalmu tér a levegőben levő nedvességtartalom részbeni vagy teljes kivonásával érhető el. Ez valamilyen erősen nedvszívó anyaggal lehetséges pl. kalciumkloriddal, foszforpentoxiddal vagy kénsavval.

A zárt térbe elegendő mennyiségű nedvszívó anyagot kell elhelyezni, hogy az a levegőből minden nedvességet lekössön. A légnedvesség eltávolítását meggyorsítja, ha a nedvszívó felület nagy, esetleg a levegő áramlását biztosítjuk a zárt térben. A két határeset, $\varphi = 100\%$ és $\varphi = 0\%$, közötti relatív páratartalom legkönnyebben különböző töménységű kénsavval

H_2SO_4 / állítható elő. A létesíthető légnedvességtartalom és a kénsav százalékos összetétele közötti összefüggést a kézikönyvekben [10] táblázatosan találjuk meg /1. sz. táblázat/.

A légnedvesség beállítása a deszorpciós egyensúlyoknál úgy történik, hogy a vizsgálandó teret a kívánt φ érték fölé nedvesítjük, majd a nagy felületű kénsavval telt edény behelyezésével a fölös nedvességtartalmat elnyeletjük. Ily esetekben a levegőben lévő vízgőz molekulák a kénsavba diffundálnak és ott abszorbeálódnak. Itt még egy harmadik anyagnak, a vizsgálandó terméknek jelenléte is döntő, mert a légtér nedvességtartalmának csökkenésekor az anyagból vízgőz diffundál a levegőbe, s az egyensúly kialakulásakor a levegő-, a kénsav- és az anyag vízgőzének parciális nyomása közötti egyensúlyról beszélhetünk. Ily esetre felírható összefüggés:

$$p_k = p_l = p_A$$

ahol a p_k a kénsav,

p_l a levegő és

p_A az anyag nedvességével egyensúlyban lévő vízgőz parciális nyomása Hg mm-ben.

A kénsavas oldatba diffundáló vízmolekulák az oldat százalékos összetételét megváltoztatják, hígítják, ezért a már egyszer használt kénsavol-

1. sz. táblázat

Relatív légnedves- ség %	Százalékos kénsav- /H ₂ SO ₄ / tartalom			
	0 °C	25 °C	50 °C	75 °C
10	63,1	64,8	66,6	68,3
25	54,3	55,9	57,5	59,0
35	49,4	50,9	52,5	54,0
50	42,1	43,4	44,8	46,2
65	34,8	36,0	37,1	38,3
75	29,4	30,4	31,4	32,4
90	17,8	18,5	19,2	20,0

datot ismételten felhasználni nem szabad, mert a táblázatban előírt relatív páratartalomtól igen nagy mértékű eltérést tapasztalunk. /Az ily esetben beálló egyensúlyi érték természetesen helyes./

Ha nagyobb légtérben kell előírt relatív páratartalom értéket előállítani, akkor ajánlatos $i-x$ diagram /fajlagos hőtartalom - abszolút nedvesség/ alapján előre kiszámítanunk a levegőből elvonandó vizgőz mennyiségét és ehhez arányítva kell a kénsvoldat mennyiségét meghatározni, hogy a vizgőz abszorpciója folytán a kénsvoldat higulása minimális legyen.

Ismeretes, hogy különböző sók a levegő nedvességtartalmát különbözőképpen kötik meg és a levegő nedvességtartalma velük részben, vagy teljesen kivonható. A 2. sz. táblázat néhány sóféleséget és a velük előállítható relatív páratartalmat tünteti fel [10].

2. táblázat

Néhány sóféleség és a velük előállítható relatív
légnedvesség

	A nedvességet- nyelő anyag	A relatív lég- nedvesség %
Foszforpentoxid	P_2O_5	0
Cinkklorid	$ZnCl_2 \cdot H_2O$	10
Kalciumklorid	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	32,3
Káliumkarbonát	$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	44
Káliumnitrát	KNO_3	45
Kalciumnitrát	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	55,9
Ammoniumnitrát	NH_4NO_3	65,7
Nátriumklorid	$NaCl$	76,5
Ammoniumklorid	NH_4Cl	80,0
Káliumkromát	K_2CrO_4	88,0
Cinkszulfát	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	90,0
Nátriumsulfát	Na_2SO_4	93,0
Káliumsulfát	K_2SO_4	98,3

Kísérleti rész

a./ Infravörös lámpa izotermájának felvétele.

Kísérleteim végrehajtásánál az Egyesült Izzó által gyártott infravörös izzólámpát használtam.

Az izzó adatai: teljes hossz 170 mm,
legnagyobb buraátmérő 125 mm,
súly 150 g,
teljesítmény 250 W.

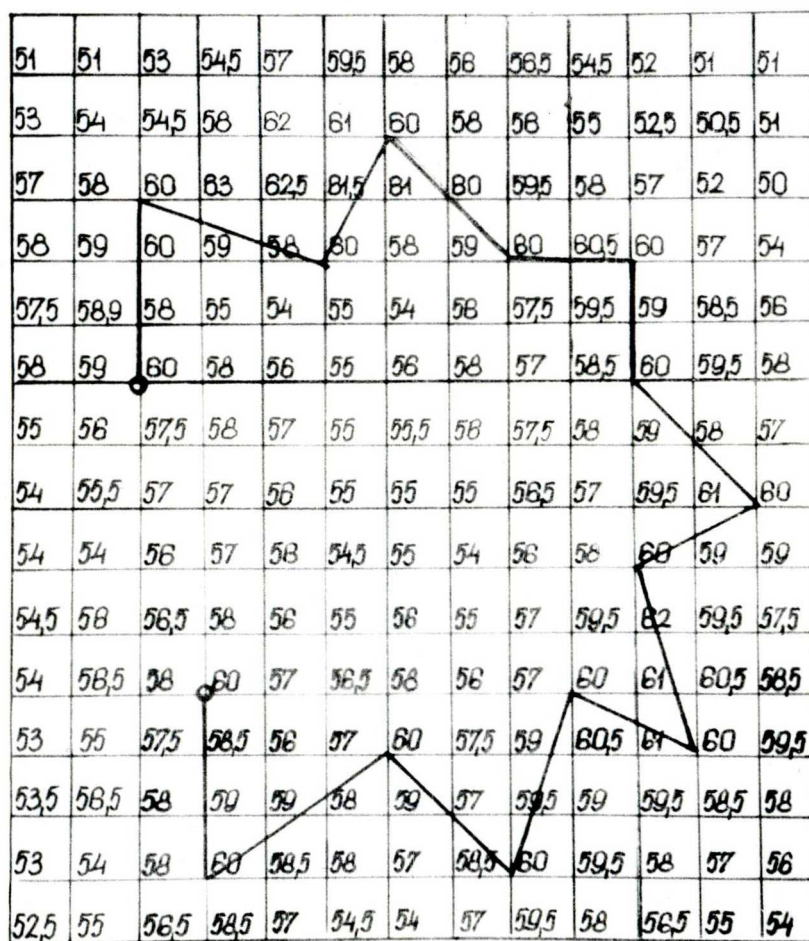
Az izzó, akárcsak a szokásos izzólámpák, minden szabványos foglalatba becsavarható, és be illetve kikapcsolható. A 250 W-os szárítólámpa fűtőszála a bekapcsolás után 1927°C -ra melegszik, míg a szokásos izzólámpák fűtőszálának hőmérséklete 2577°C . Az alacsonyabb hőmérséklet következtében a fűtőszál wolfránja az infralámpában lassabban párolog el, ezért átlagos élettartama 5000 égési óra míg a közönséges izzóké csak kb. 1000 óra. A sugárzási veszteség elkerülésére az infralámpák izzószálát paraboloid alakú gőzölögtetett alumínium tükörrel ellátott reflektor gyújtópontjában helyezik el. Ezen lámpák fényleadása a közönséges világítási lámpák fényleadásának körülbelül $\frac{1}{3}$ része, úgy hogy a felhasznált villamosenergia mintegy 80-90%-a infravörös sugárzási energiává alakul át.

Az ipari szárítás egyik alapelve, hogy a szárítandó termék teljes felülete közel egyenlő hőmennyiséget $/\text{kcal}/\text{m}^2/$ kapjon. Mivel az infravörös sugárzó nem minden pontban hoz létre azonos hőmérsékletet, ezért elsődleges feladat a sugárzó izotermájának meghatározása volt. Az izoterma az egyenlő hőmérsékletű helyeket összekötő görbe, mely a hőmérséklet területi eloszlásának ábrázolására alkalmas. A felhasznált lámpák izotermáinak ismeretében már az üzemi szakember az egyenletes megvilágítást kialakíthatja [11].

A 250 W infrasugárzó 60°C izotermáját a bura legmélyebb pontjától számított 20 cm távolságból mértem meg, oly módon, hogy a fent említett távolságban az izzó tengelyéhez viszonyítva 90° -os szögben, keretben kifeszített fekete kartonpapírt helyeztem el. Az izzó bekapcsolása után néhány perc múlva termikus egyensúly állt be, és a kartonlap egyes pontjainak hőmérséklete nem változott. Ekkor az előre bekockázott kartonlap pontjait thermisztoros ponthőmérséklet mérővel lemértem 1:1 arányba átmásolva; a 60°C -u pontokat összekötve nyertem a 7. sz. ábrán látható izotermát.

Az izoterma asszimmetrikus, bizonyos fokig a nyitott tenyérhez hasonló alakjának magyarázata kettős:

- a./ Az izoterma cikk-cakkos futása követi az izzóban levő wolfram szálakat. A legmelegebb pontok a wolfram-szál tartóknál alakulnak ki, ahol a viszonylag /a szögeknél/ közel álló



7. ábra

szálacskák egymás hatását erősítik.

b./ Az asszimetria oka a bura egyenetlenségével, és ebből következő törési szög változásával magyarázható.

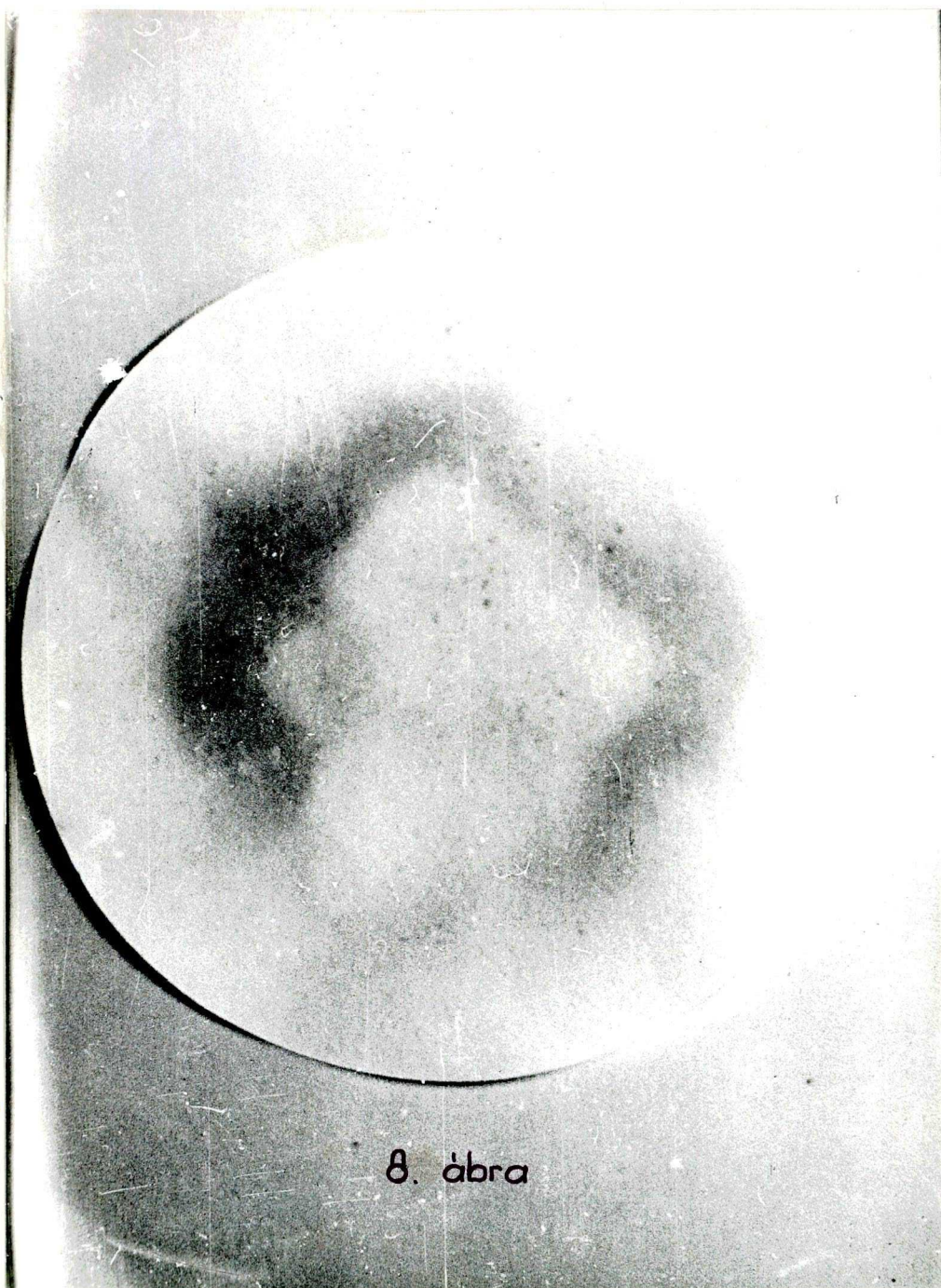
A 8. sz. ábrán látható 95°C izotermát thermocolor festékekkel vettem fel - 4 cm távolságból, 90° fokos szög mellett-. A felhasznált festék thermocolor Nr 2b /gyártja: Carl Roth, Karlsruhe/ 95°C -nál rózsaszínből lilába csap át. Ezen festék is- mint az üzemben használatosak- reverzibilis [12] .

A festéknek triklóretilénnel alkotott szuszpenzióját kölni-permetezővel vittem a szűrőpapírra és két perces megvilágítás után azonnal fényképeztem. Az így kapott kép hasonló alakkal és asszimetriával rendelkezik, mint a thermisztoros hőmérővel felvett, csak itt az izzószálak közelsége miatt az éles kiugrások elmosódnak. Mindkét izotermán jól megfigyelhető, hogy a középponti rész hőmérséklete alacsonyabb mint az izoterma hőmérséklete.

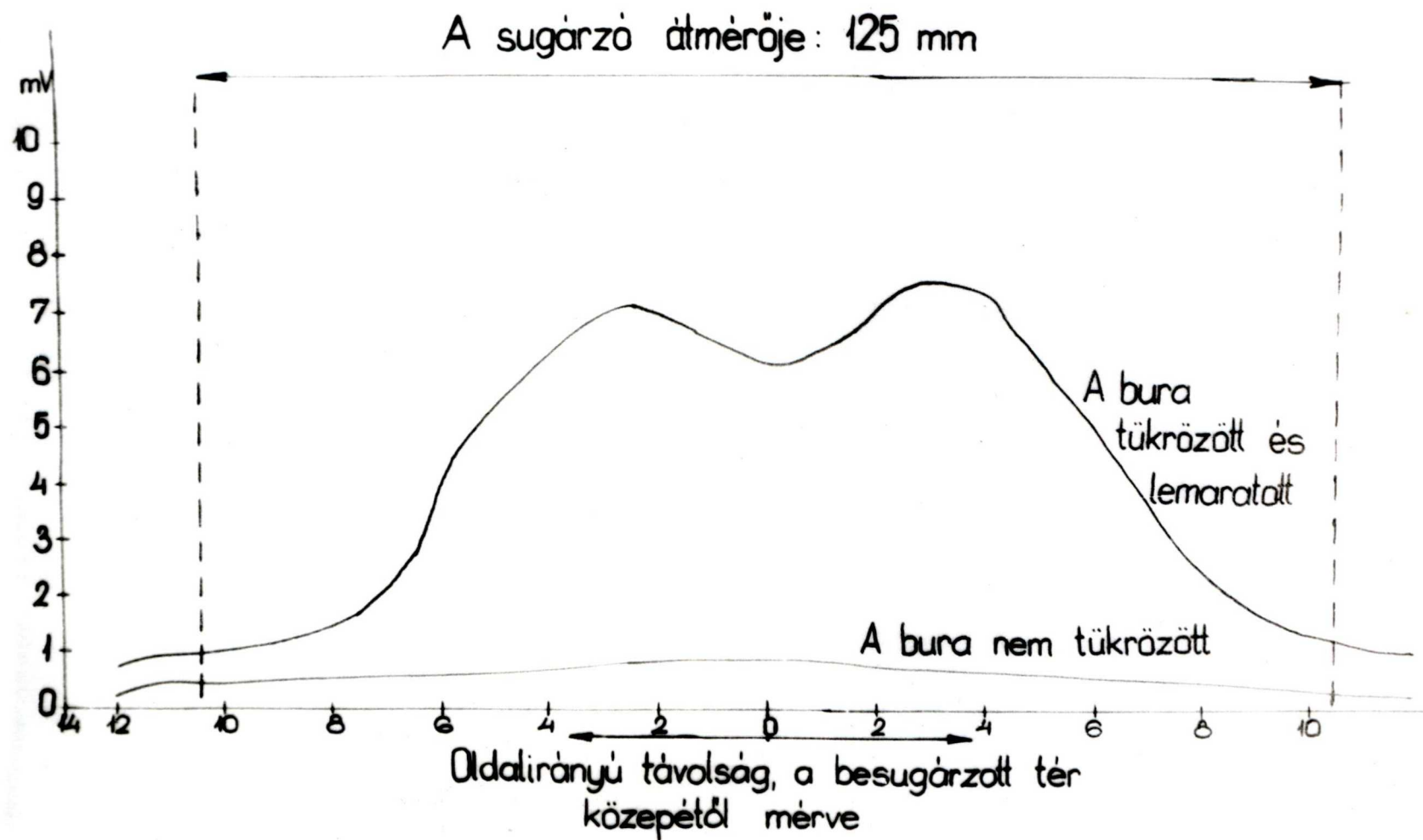
A fentiekkel analóg következtetéseket vontam le irodalomban talált [1] , a 9 sz. ábrán látható infravörös sugárzó sugárzási teréről. A besugárzott erősséget vizsgálva tükrözött bura esetén, két maximum látható, mely itt is a wolfram-szál sugárzó hatását jelenti.

b./ Száritási kísérletek

A száritási kísérleteket négy, az iparban is szá-



8. ábra



9. ábra

ritásra kerülő termékféleségnél végeztem el, úgy mint alma, répa, zöldség és zeller esetében. A szárítást folyamatos és megszakításos módszerrel eszközöltem. A folyamatos infraszárítást összehasonlítási, míg a szakaszos szárítást azon céllal hajtottam végre, hogy a likovi - megszakításos módszer alkalmazható-e a fent jelzett termékféleségekre. A különböző megvilágítási és hűtési idők a likovi effektus optimális idejének meghatározását célozták. Az optimális idő alatt oly megvilágítási- hűtési arányt értek, melynél a nedvességi gradiens hatására a felületre irányuló nedvességvándorlást, a hőmérsékleti gradiens- mely ellentétes irányu nedvességvándorlást fejt ki - nem akadályozza, a közölt hő csak a felületre diffundáló vizet párologtatja el.

A mérési eredményeim alapján az optimális arány a 2"/80"-a két másodperc megvilágítás, 80 másodperc hűtés-.

Az összehasonlítás egyszerűsítése céljából egy ábrán tüntettem fel a folyamatos, a 4 min/1 min, illetve a 2"/80" szakaszos sugárzásnál nyert mérési eredményeimet termékféleségenként.

A szárítási kísérleteket szobahőmérsékleten $\varphi = 45 - 50\%$ relatív páratartalom valemint, adott izzó magasság mellett hajtottam végre.

A szárítás körülményeit állandósítva mértem a különböző időkhez tartozó súlycsökkenést, melyből a nedvesanyagra vonatkoztatott nedvességtartalmat számítás-sal nyertem.

Alma, répa, zöldség és zeller folyamatos szárítását 20,5 cm távolságból hajtottam végre. Az eredményeket a 3-10 sz. táblázat tartalmazza.

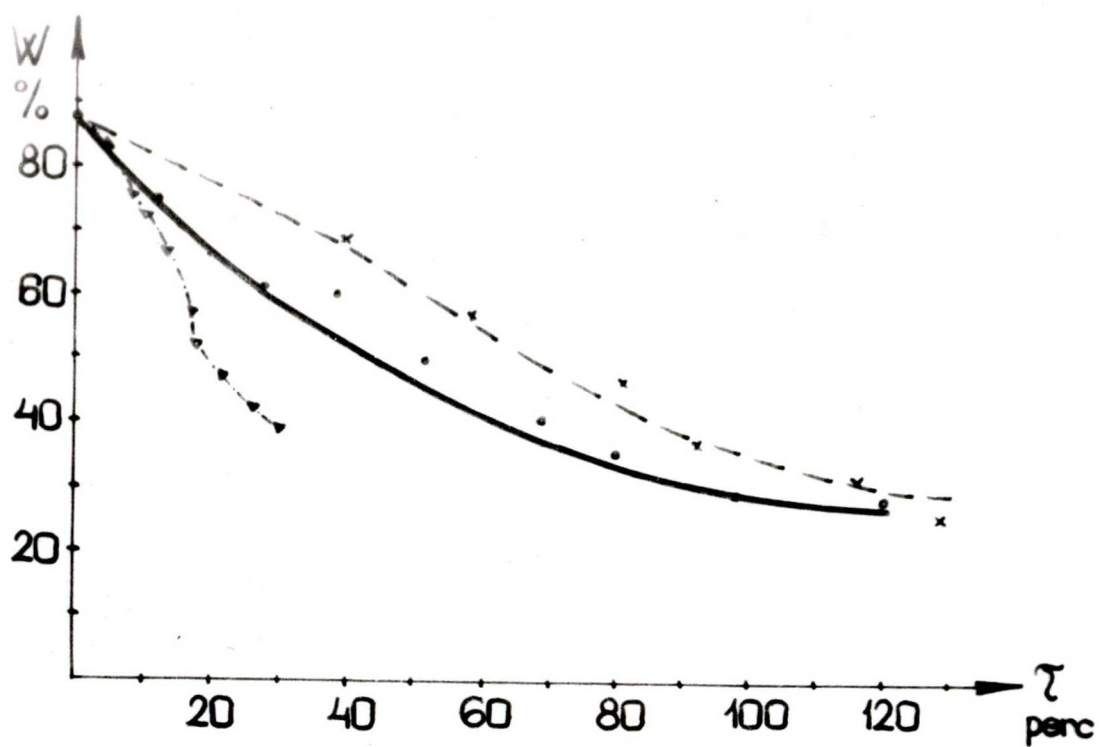
A fenti kísérleti adatokból megszerkesztettem a száradási görbéket, melyek a 10-17 sz. ábrákon láthatók folyamatos vonallal rajzolva.

3. sz. táblázat /10 ábra/

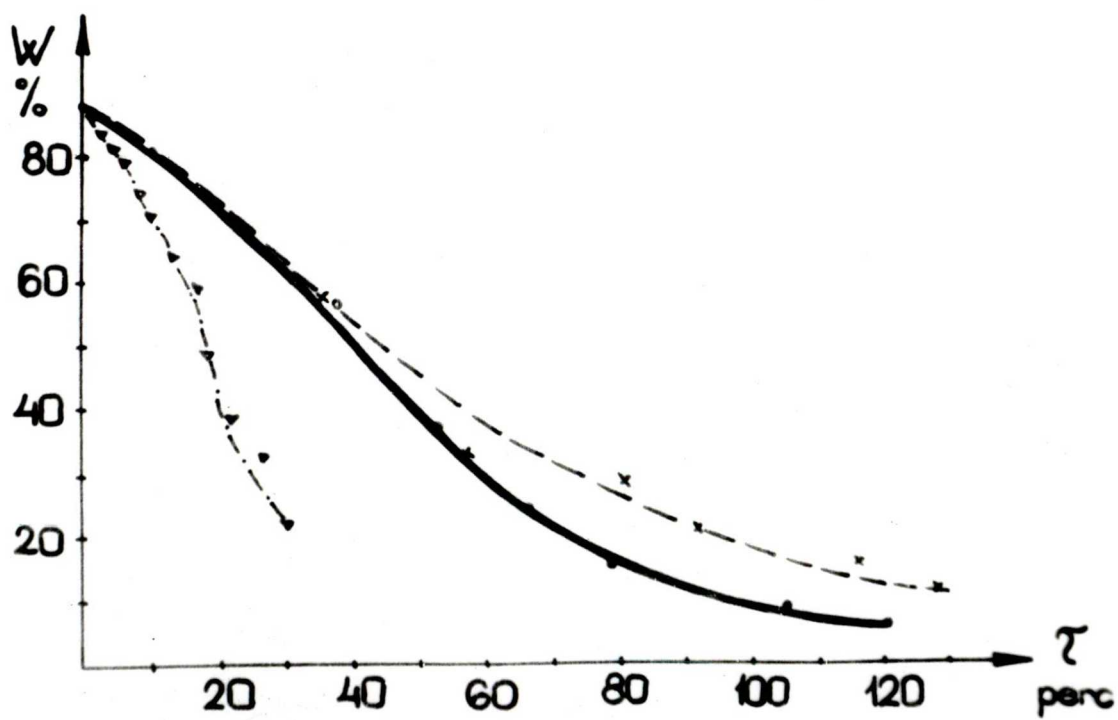
Alma /folyamatos be- sugárzás Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 4,8 cm átmérőjű 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
16,2	0	88,0
13,8	12	75,0
11,55	28	62,6
11,10	38	60,3
9,36	54	50,9
7,40	70	40,3
6,58	80	35,5
5,45	98	29,6
4,34	106	23,6
3,58	121	19,5

4. sz. táblázat /11 ábra/

Alma /folyamatos be- sugárzás Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 5,6 cm átmérőjű 0,5 cm vastag korong Nedvesség /%/
12,2	0	88,0
11,38	10	81,2
8,42	25	60,5
7,94	37	57,0
4,75	52	35,0
3,41	66	24,5
2,35	79	16,9
1,64	97	11,8
1,29	105	9,3
1,13	120	6,7



10. ábra



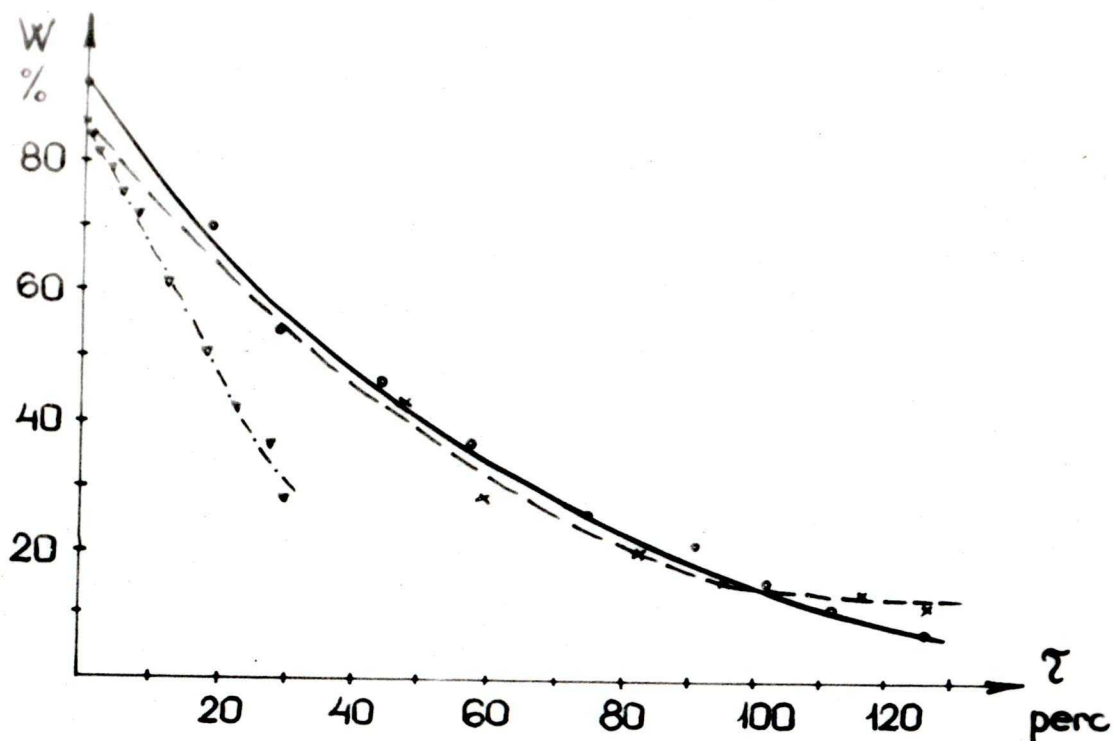
11. ábra

5. táblázat /12. ábra/

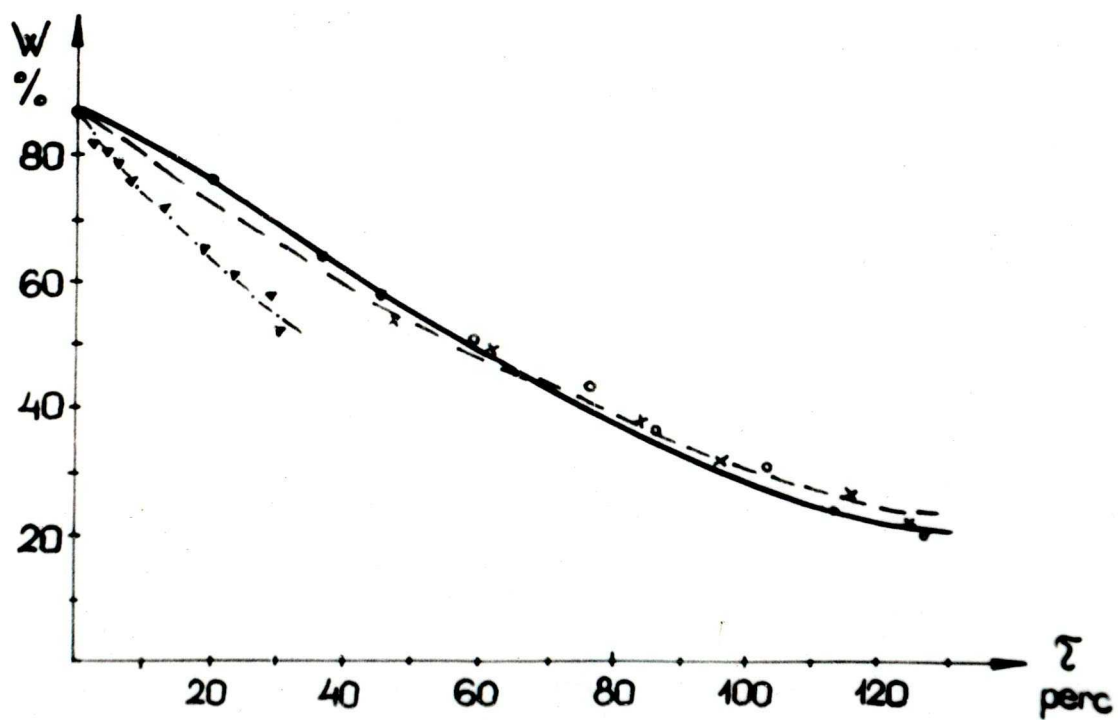
Sárgarépa /folyama- tos besugárzás Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,4 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Nedvesség /%/
10,50	0	87
8,54	20	70,6
6,65	34	55,0
5,67	44	47,0
4,48	58	37,1
3,32	75	27,5
2,66	86	22,0
1,99	102	16,5
1,43	112	11,9
1,05	126	8,7

6. sz. táblázat /13. ábra/

Sárgarépa /folyama- tos besugárzás Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,8 cm átmérőjű, 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
16	0	87,0
13,95	20	76,0
11,92	36	64,8
10,75	45	58,4
9,34	59	50,8
8,08	76	43,8
6,86	86	37,3
5,89	103	32,0
4,58	113	24,8
3,81	127	20,7



12. ábra



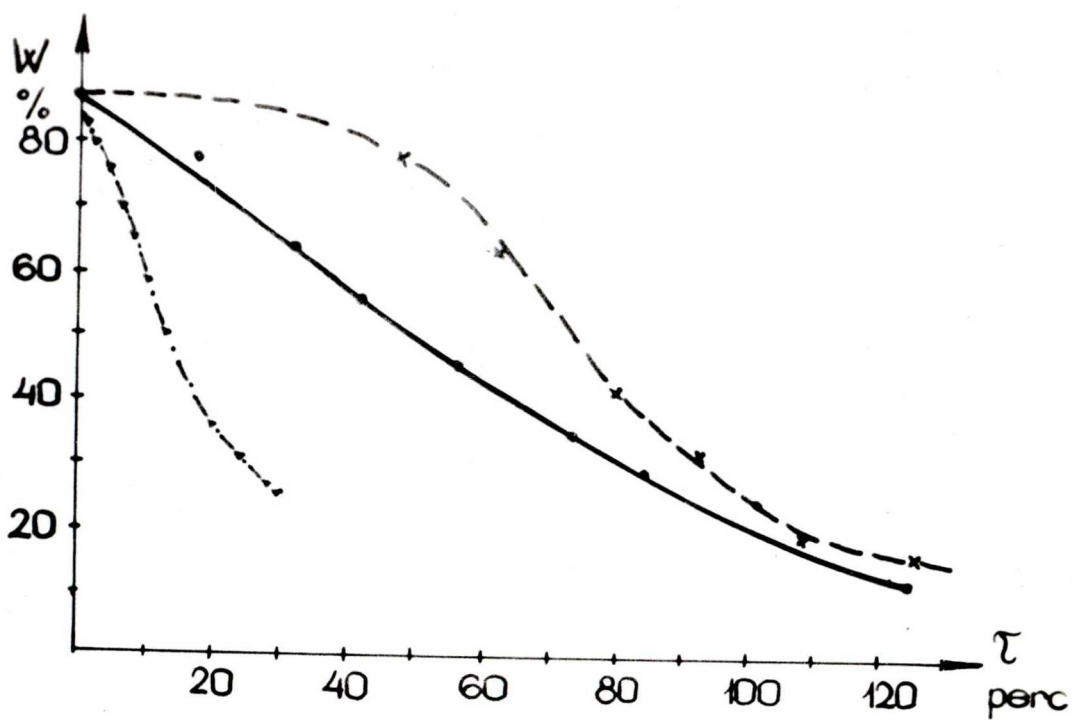
13. ábra

7. sz. táblázat /14. ábra/

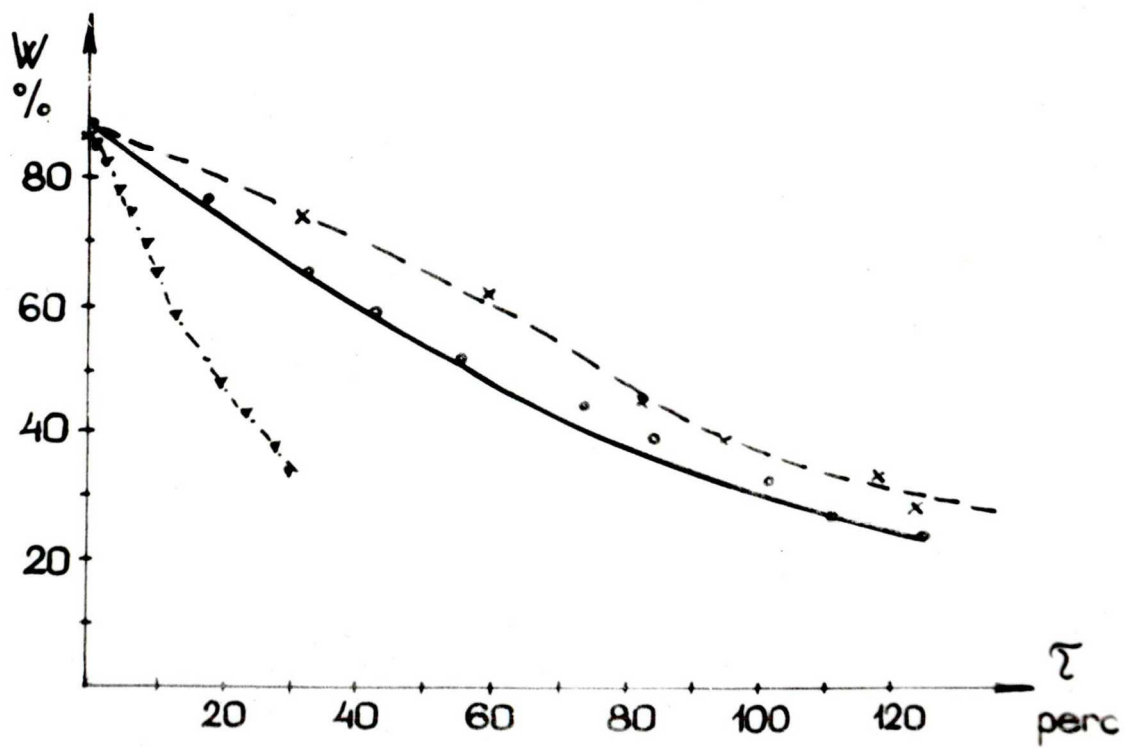
Zöldség /folyama- tos besugárzás Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,9 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Nedvesség /%/
11,50	0	88,0
10,28	17	78,5
8,42	32	64,3
7,40	42	56,5
6,08	56	46,3
4,60	73	35,2
3,87	84	29,6
3,17	101	24,2
2,32	110	17,6
1,69	124	12,9

8. sz. táblázat /15. ábra/

Zöldség /folyama- tos besugárzás Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,4 cm átmérőjű, 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
12,0	0	88,0
10,40	18	76,2
8,84	33	64,8
8,05	43	58,8
7,10	56	52,0
6,02	74	44,0
5,40	85	39,6
4,62	102	33,8
3,67	110	26,9
3,30	125	24,2



14. ábra



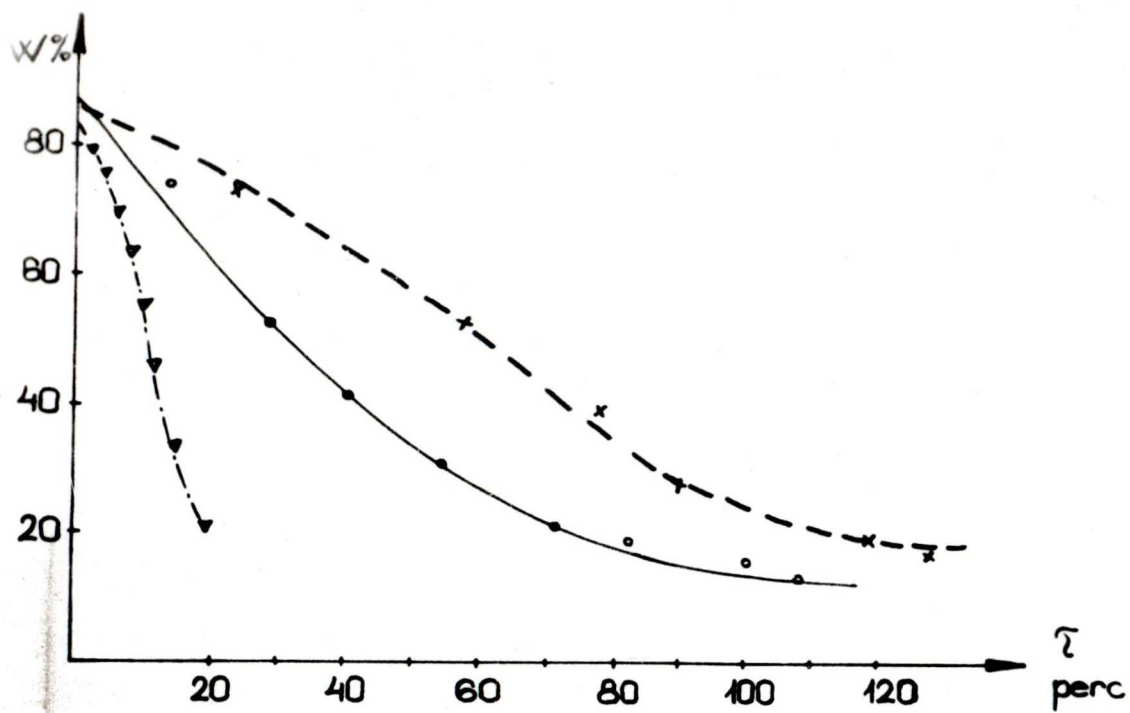
15. ábra

9. sz. táblázat /16. ábra/

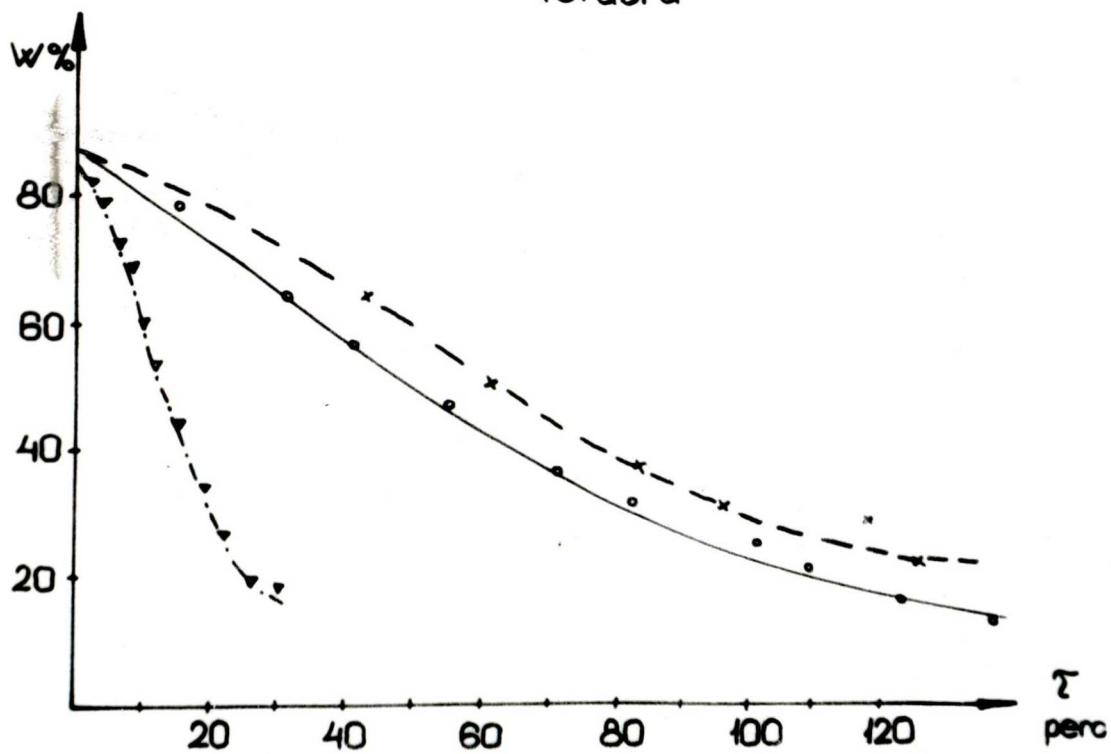
Zeller /folyamatos besugárzás/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2 cm x 1 cm x x 0,5 cm szelet Nedvesség %/
10,5	0	87,0
9,00	14	74,5
6,38	29	52,7
5,02	40	41,5
3,68	54	30,5
2,44	71	20,2
2,38	82	19,7
1,99	100	16,45
1,64	108	13,6

10. sz. táblázat /17. ábra/

Zeller /folyamatos besugárzás/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2 cm x 1 cm x x 1 cm szelet Nedvesség %/
10,2	0	87,0
9,20	15	78,5
7,56	31	64,5
6,68	41	57,0
5,58	55	47,5
4,25	71	36,2
3,69	82	31,5
2,93	101	25,0
2,50	109	21,3
1,96	123	16,7
1,63	138	13,9



16. ábra



17. ábra

A szakaszos megvilágítás 4 perc sugárzás, 1 perc hűtés /4'/1'/, eredményeit a 11. és 12. sz. /alma/, 13-14 sz. /sárgarépa/, 15-16 sz. /zöltség/ valamint 17-18 sz. /zeller/ táblázatokban foglaltam össze. A mérés eredményeit a 10-17. sz. ábrákon szaggatott vonallal /- - -/ jelöltem.

11. sz. táblázat /10. ábra/

Alma /szakaszos besugárzás $4^{\circ}/1^{\circ}/$ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 6 cm átmérőjű, 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
18,6	0	88,0
14,65	40	69,3
12,14	59	57,4
9,95	81	47,2
7,96	93	37,7
6,75	117	32,0
5,64	129	26,7

12. sz. táblázat /11. ábra/

Alma /szakaszos besugárzás $4^{\circ}/1^{\circ}/$ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 6 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Nedvesség /%/
15,0	0	88
9,42	36	55,2
7,25	57	42,6
5,04	81	29,5
3,48	93	20,4
2,66	116	15,6
1,94	128	11,4

13. sz. táblázat /12. ábra/

Répa /szakasszos besugárzás 4"/1"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,6 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Nedvesség /%/
25,0	0	86,5
11,32	48	43,8
7,64	60	29,5
5,34	83	20,6
4,22	96	16,3
3,67	117	14,2
3,23	127	12,5

14. sz. táblázat /13. ábra/

Répa /szakasszos besugárzás 4"/1"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,5 cm átmérőjű, 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
21,8	0	86,5
13,65	48	54,2
12,43	61	49,3
9,42	84	37,4
7,85	96	31,2
6,78	116	26,9
5,42	125	21,5

15. sz. táblázat /14. ábra/

Zöltség /szakaszos besugárzás 4°/1°/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,7 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Nedvesség /%/
8,26	0	87,7
7,34	48	78,0
6,10	62	64,7
3,96	80	42,0
2,98	92	31,6
2,75	118	29,2
2,53	125	26,8

16. sz. táblázat /15. ábra/

Zöltség /szakaszos besugárzás 4°/1°/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,5 cm átmérőjű, 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
14,00	0	87,7
11,78	32	73,8
9,72	60	61,0
7,24	83	45,4
6,30	95	39,5
5,36	118	33,6
4,42	125	27,7

17. sz. táblázat /16. ábra/

Zeller /szakaszos besugárzás 4°/1°/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2 cm x 1 cm x x 0,5 cm szelet Nedvesség /%/
10,60	0	87,0
8,95	24	73,3
6,44	58	52,8
4,82	78	39,5
3,35	95	27,5
2,41	120	19,7
2,14	128	17,6

18. sz. táblázat /17. ábra/

Zeller /szakaszos besugárzás 4°/1°/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2 cm x 1 cm x x 1 cm szelet Nedvesség /%/
9,20	0	87,0
6,82	43	64,5
5,28	61	50,0
3,96	84	37,5
3,24	96	30,6
3,02	118	28,5
2,27	125	21,5

A szakaszos besugárzási kísérletsorozat optimális eredményeit 2"/30" /2 sec megvilágítás, 30 sec. hűtés/ időaránynál nyertem. A szárítandó anyag és az égő közötti távolság 20,5 cm. Eredményeimet 19-26 sz. táblázatokban foglaltam össze és a 10-17 sz. ábrákon pont-vonal / . - . - / jelzi.

19. sz. táblázat /10. ábra/

Alma /szakaszos besugárzás 2"/80"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 4,8 cm átmérőjű, 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
16,00	0	88,0
15,92	1	87,5
15,42	2	84,7
15,10	4	83,0
14,65	6	80,5
14,05	8	77,2
13,25	10	72,9
12,20	13	67,0
10,32	17	56,8
9,41	18	51,7
8,58	22	47,2
7,70	26	42,3
7,00	28	38,5

20. sz. táblázat /11. ábra/

Alma /szakaszos besugárzás 2"/80"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 5,6 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Nedvesség /%/
12,50	0	88,0
12,15	1	85,5
11,88	2	83,6
11,43	4	80,5
11,17	6	78,5
10,64	8	74,9
9,95	10	70,0
9,18	13	64,7
8,45	16	59,5
6,72	18	47,4
5,44	22	38,3
4,82	27	34,0
3,40	30	21,4

21. sz. táblázat /12. ábra/

Sárgarépa /szaka- szos besugárzás 2"/80"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,4 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Hedveség /%/
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

22. sz. táblázat /13. ábra/

Sárgarépa /szakaszos besugárzás 2"/80" Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,8 cm átmérőjű, 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
16,00	0	86,5
15,70	1	84,8
15,21	2	82,2
14,96	4	80,9
14,52	6	78,5
13,98	8	75,6
13,40	13	72,4
12,38	19	66,8
11,42	23	61,7
10,78	28	58,3
9,72	30	52,5

23. sz. táblázat /14. ábra

Zöldség /szakassos besugárzás 2"/80"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,9 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Nedvesség /%/
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

24. sz. táblázat /15. ábra/

Zöldség /szakassos besugárzás 2"/80"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2,4 cm átmérőjű, 1 cm vastag korong Nedvesség /%/
11,80	0	87,0
11,52	1	85,0
11,12	2	82,0
10,44	4	77,0
10,02	6	74,0
9,45	8	69,8
8,70	10	64,3
7,78	13	57,5
6,48	20	47,8
5,78	24	42,7
5,04	28	37,2
4,58	30	33,8

25. sz. táblázat /16. ábra/

Zeller /szakaszos megvilágítás 2"/30"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2 cm x 1 cm x x 0,5 cm szelet Nedvesség /%/
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

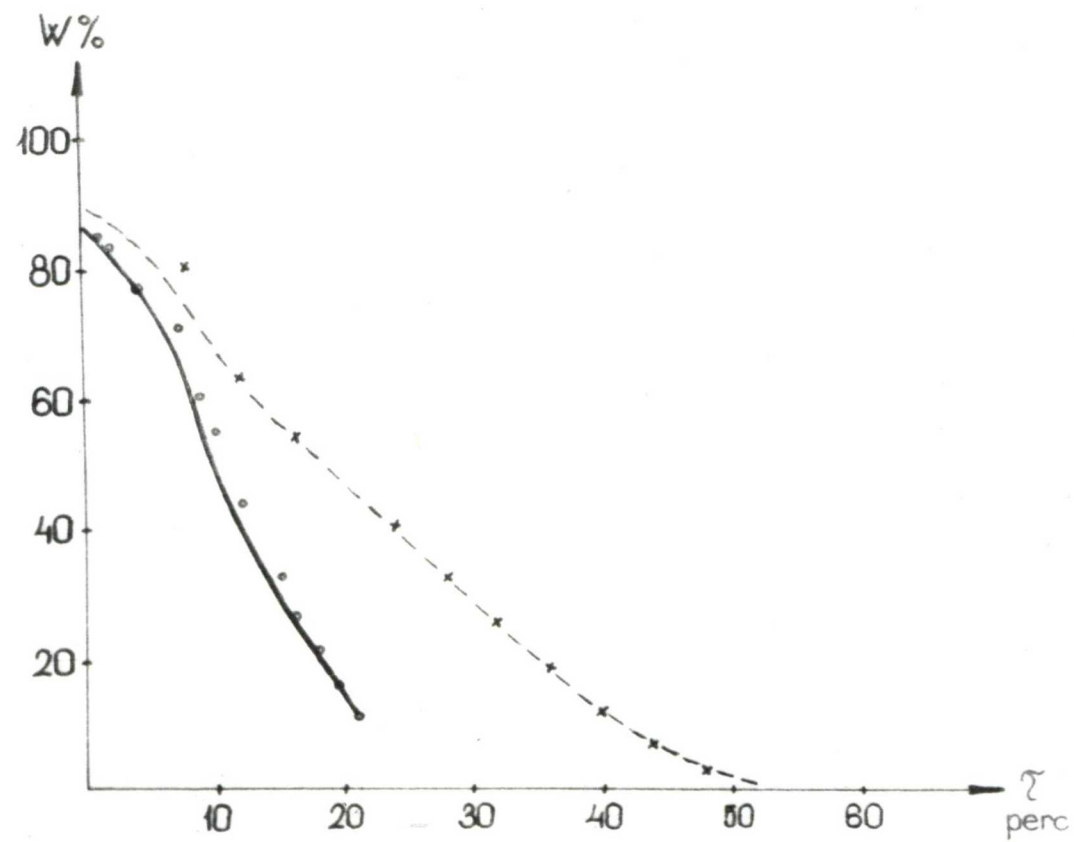
26. sz. táblázat /17. ábra/

Zeller /szakaszos megvilágítás 2"/30"/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 2 cm x 1 cm x x 0,5 cm szelet Nedvesség /%/
10,55	0	39,0
10,20	1	36,0
9,85	2	33,0
9,33	4	78,6
8,65	6	73,0
8,12	8	68,5
7,12	10	60,0
6,34	12	53,4
5,13	15	43,2
4,04	19	34,0
3,02	22	25,4
2,31	26	19,5
2,14	30	18,2

Száritási kísérletet végeztem az izzó távolságának csökkentésével. Zeller esetében 10 cm távolságból folyamatos és 4°/1° megevezítéssel sugárzás mellett vizsgáltam a száradást. Mérési eredményeim 27-28. sz. táblázatban, 18. sz. ábrán tüntettem fel.

27. sz. táblázat /18. ábra/

Zeller /folyamatos megvilágítás/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 0,5 cm x 2 cm x x 1 cm szelet Nedvesség /%/
7,90	0	87,0
7,80	1	86,0
7,60	2	84,0
7,50	2,5	82,7
7,00	4	77,2
6,50	7	71,6
5,50	9	60,6
5,00	10	55,1
4,50	11	49,6
4,00	12	44,1
3,50	13,5	38,6
3,00	15	33,0
2,50	16,5	27,6
2,00	18	22,1
1,50	19,5	16,5
1,00	21,0	11,0



18. ábra

28. sz. táblázat /18. ábra/

Zeller /szakaszos megvilágítás/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 0,5 cm x 2 cm szelet Nedvesség %/
14,30	0,	87,0
13,20	4	80,3
12,20	8	74,3
10,50	12	63,8
9,00	16	54,7
6,60	24	40,1
5,30	28	32,2
4,20	32	25,5
3,10	36	18,9
2,00	40	12,2
1,20	44	7,3
0,60	48	3,7
0,1	52	0,6

A száradási görbénél kifejezőbb és jobban szemlélteti a szárítás mértékét a száradási sebességgörbe.

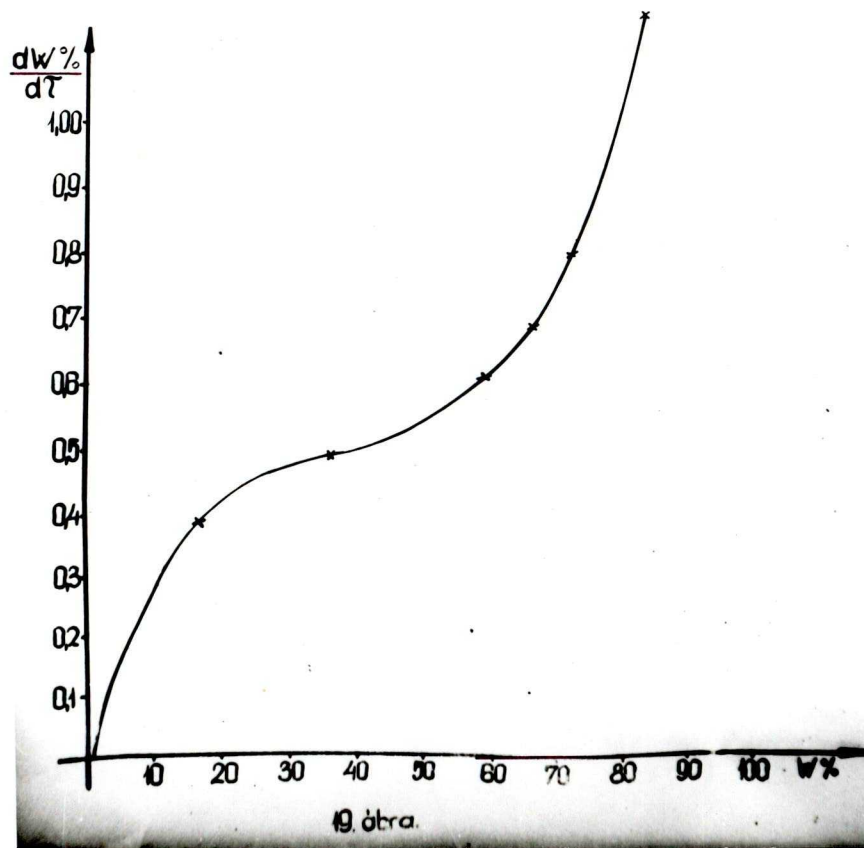
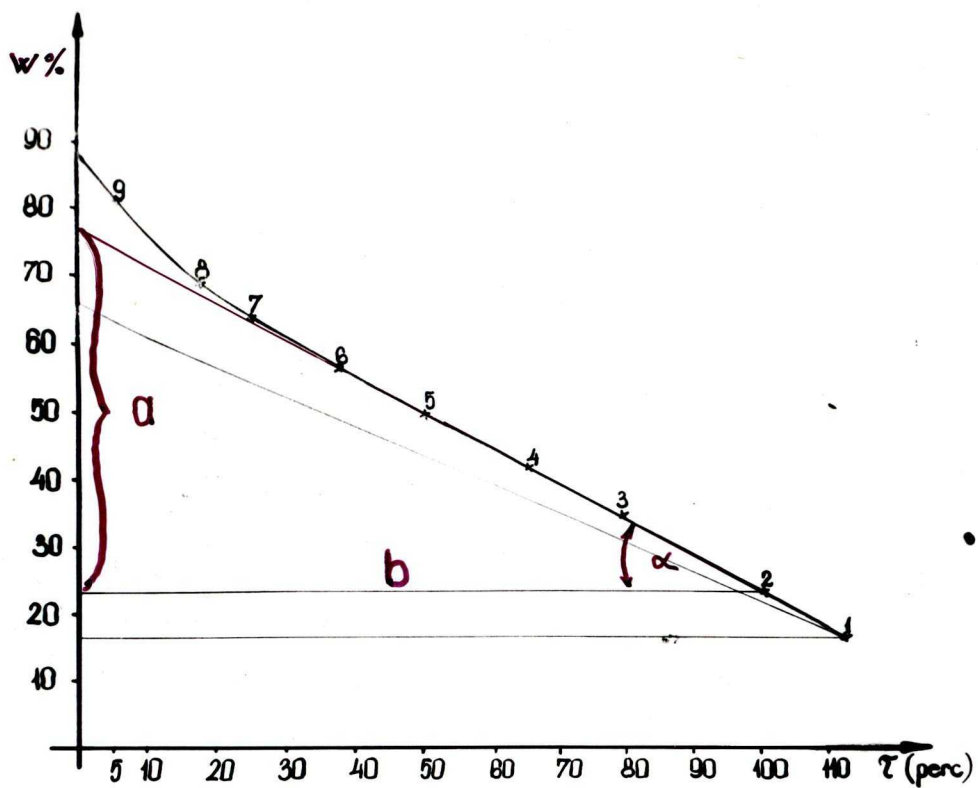
Az alma folyamatos és megszakításos szárításánál nyert adatokból /3. illetve 19 sz. táblázat/ megszerkesztettem a száradási sebességgörbéket, az elméleti részben leírtak alapján. A sebességgörbékhez szükséges $\frac{dW}{d\tau}$ értékeket a száradási görbe iránytangensének meghatározása alapján, az anyag nedvességtartalmának függvényében ábrázoltam.

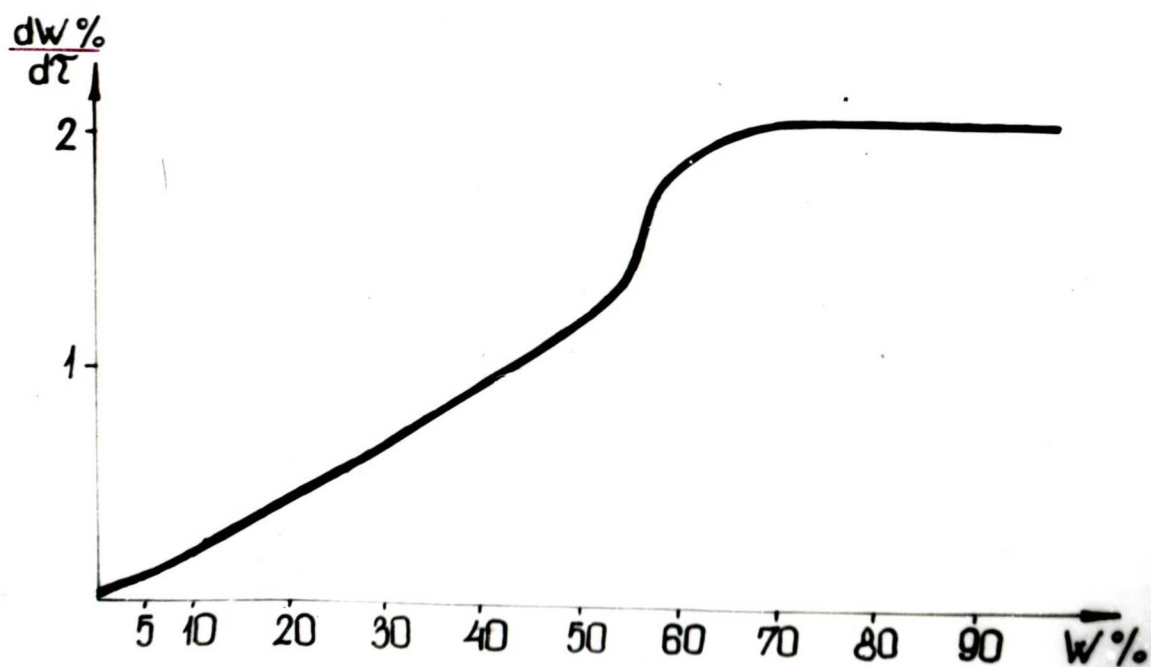
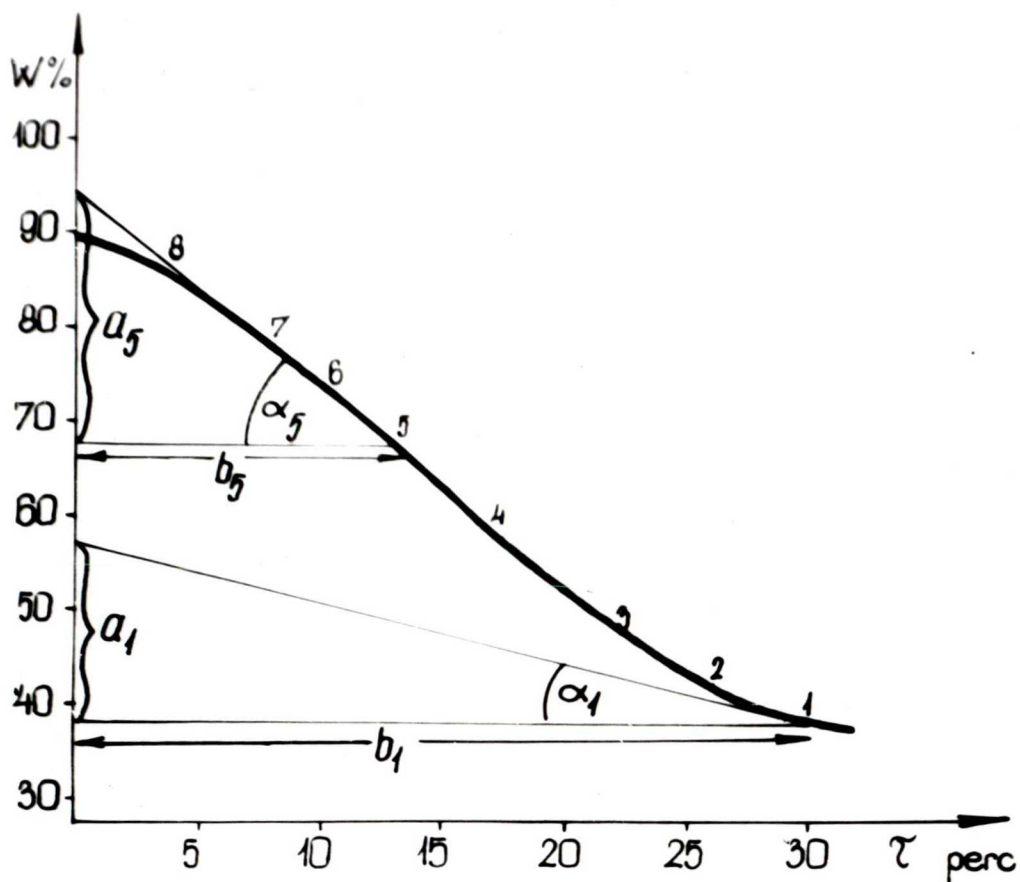
A száradási görbék meredekségét 29. sz. táblázat tartalmazza.

A szerkesztés menetét illetve a sebességgörbét folyamatos megvilágításnál a 19. ábra, szakaszos megvilágításnál a 20. ábra tartalmazza.

29. sz. táblázat

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{W \%}{\text{perc}}$	A l m a	
	folyamatos	2"/80" szakaszos
$\operatorname{tg} \alpha_1$	0,396	0,62
$\operatorname{tg} \alpha_2$	0,525	1,25
$\operatorname{tg} \alpha_3$	0,495	1,76
$\operatorname{tg} \alpha_4$	0,525	2,36
$\operatorname{tg} \alpha_5$	0,71	2,02
$\operatorname{tg} \alpha_6$	0,615	2,01
$\operatorname{tg} \alpha_7$	0,68	2,00
$\operatorname{tg} \alpha_8$	0,8	2,1
$\operatorname{tg} \alpha_9$	1,3	





20. ábra

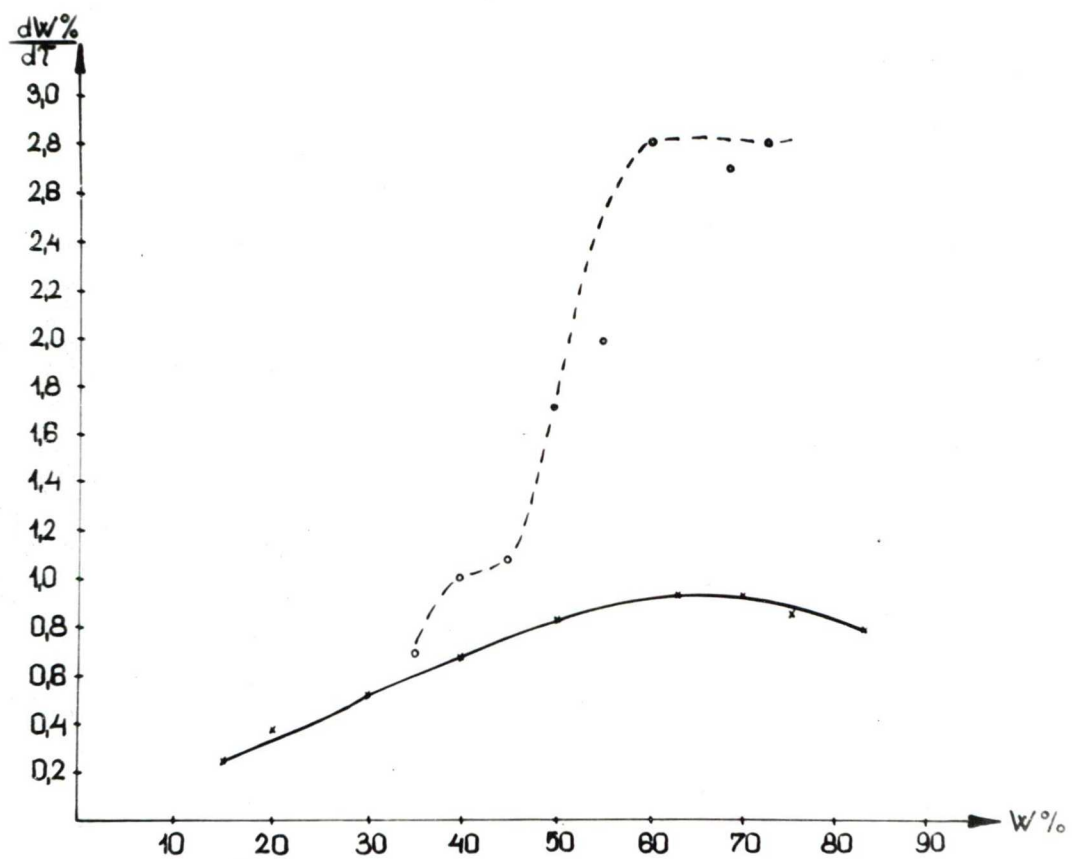
30. sz. táblázat

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\%}{\text{perc}}$	S á r g a r é p a	
	folyamatos	2"/80" szakaszos
$\operatorname{tg} \alpha_1$	0,25	0,7
$\operatorname{tg} \alpha_2$	0,394	1,08
$\operatorname{tg} \alpha_3$	0,54	1,48
$\operatorname{tg} \alpha_4$	0,68	1,73
$\operatorname{tg} \alpha_5$	0,83	2,00
$\operatorname{tg} \alpha_6$	0,96	2,82
$\operatorname{tg} \alpha_7$	0,94	2,7
$\operatorname{tg} \alpha_8$	0,86	2,8
$\operatorname{tg} \alpha_9$	0,8	

A sárgarépa száradási sebességgörbéit az 5. és a 21. sz. táblázat mérési eredménye alapján készített száradási görbékéből határoztam meg.

A száradási görbe meredekségét kifejező $\operatorname{tg} \alpha$ értékek a 30. táblázatban találhatók. A sárgarépára vonatkozó sebességgörbék a 21. ábrán láthatók. Folytonos vonal a folyamatos, szaggatott vonal a szakaszos besugárzásra utal.

A zöldség sebességgörbéihez szükséges $\operatorname{tg} \alpha$ értékeket a 31. sz. táblázat tartalmazza, melyeket a 7.



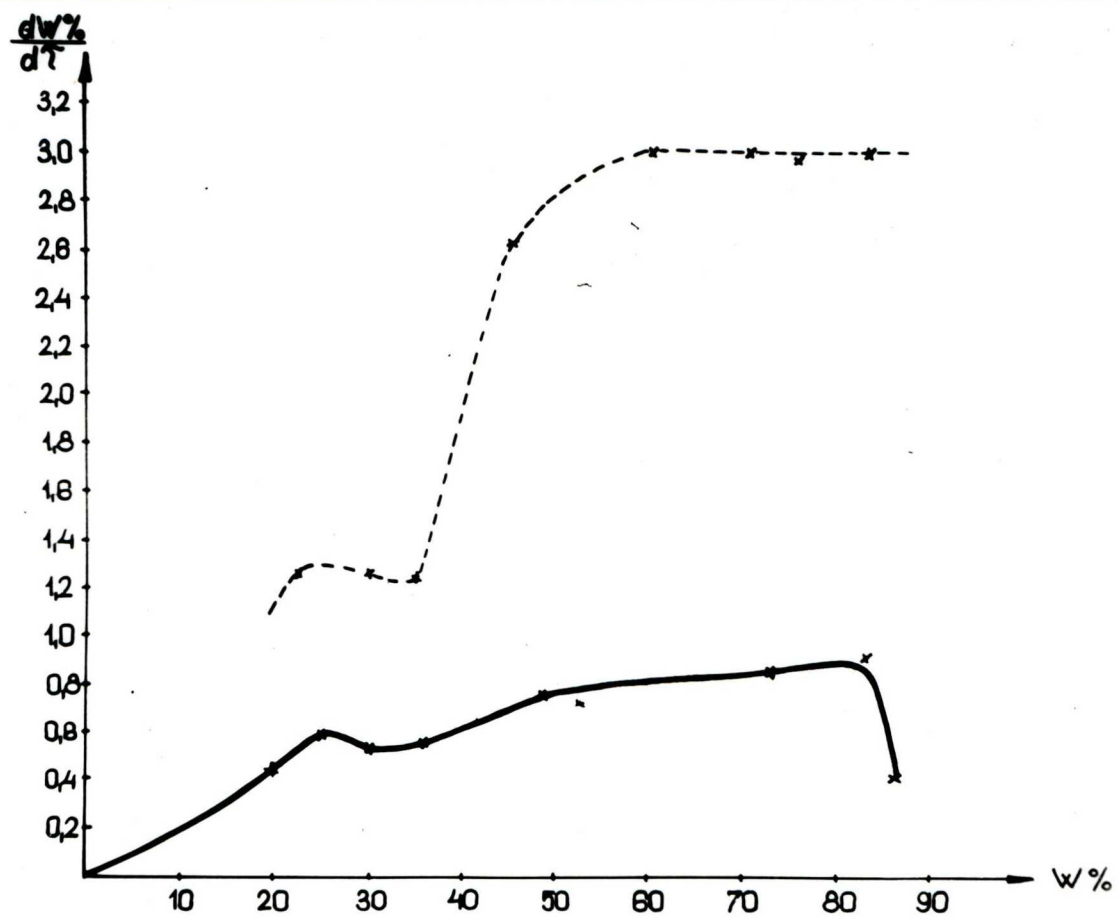
21. ábra

III. 23. sz. táblázatok adatai alapján elkészített száradási görbékől határoztam meg. A zöldségre vonatkozó száradási sebességgörbe a 22. ábrán látható.

31. sz. táblázat

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\%}{\text{perc}}$	Z ö l d s é g	
	folyamatos	2"/80" szakaszos
$\operatorname{tg} \alpha_1$	0,43	1,23
$\operatorname{tg} \alpha_2$	0,59	1,25
$\operatorname{tg} \alpha_3$	0,52	1,24
$\operatorname{tg} \alpha_4$	0,53	2,62
$\operatorname{tg} \alpha_5$	0,74	3,00
$\operatorname{tg} \alpha_6$	0,85	3,00
$\operatorname{tg} \alpha_7$	0,9	2,9
$\operatorname{tg} \alpha_8$	0,4	3,0

A zeller száradási sebességgörbéihez $\operatorname{tg} \alpha$ értékeit a 16. ábrán látható folyamatos és 2"/80" szakaszos megvilágításánál már megrajzolt száradási görbéknek grafikus differenciálásával határoztam meg, melyeket a 32. sz. táblázatban közlök. A száradási se-



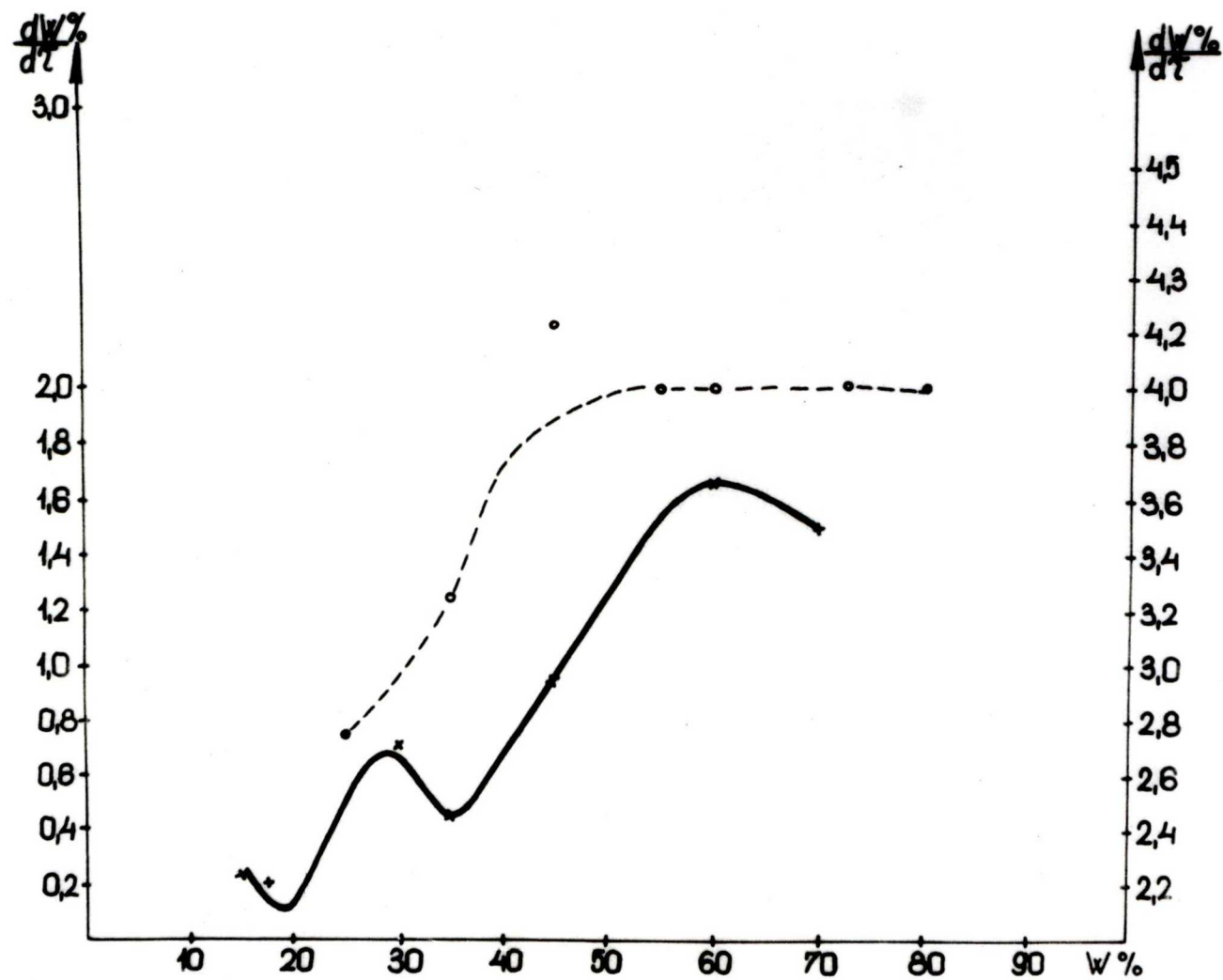
22. ábra

sebességgörbe a 23. sz. ábrán látható. A jobb oldali ordináta a szakaszos, a bal oldali a folyamatos besugárzás melletti szárításnál felvett sebességgörbéhez tartozó értékeket tünteti fel.

32. sz. táblázat

$\text{tg } \alpha = \frac{\%}{\text{perc}}$	Z e l l e r	
	folyamatos	szakaszos
$\text{tg } \alpha_1$	0,23	2,74
$\text{tg } \alpha_2$	0,2	3,25
$\text{tg } \alpha_3$	0,13	4,22
$\text{tg } \alpha_4$	0,71	4,0
$\text{tg } \alpha_5$	0,41	4,0
$\text{tg } \alpha_6$	1,66	4,0
$\text{tg } \alpha_7$	1,47	4,0

A szárítási kísérleteknél a négy termékre; alma, sárgarépa, zöldség és zeller, felvett száradási görbéken jól látható a 2"/80" arányu megszakításos szárításnak előnye. A tiszta megvilágítási időket figyelembe véve 250 W/ó. energia fogyasztással számolva, a görbékéből megállapítható, hogy azonos nedvességtartalomig történő leszárításnál egyes termékfélések



23. ábra

mennyi sugárzó energiát fogyasztanak. Az összehasonlító adatokat a 33. sz. táblázat tartalmazza.

33. sz. táblázat

Anyag megnevezés	A szárításra fordított energia W	
	folyamatos	2"/80" megszakításos
Alma 30%-ra szárítva	332 W	84 W
Sárgarépa 30%-ra szárítva	292 W	83,5 W
Zöltség 30%-ra szárítva	400 W	100 W
Zeller 30%-ra szárítva	358 W	75 W

Az adatokból láthatjuk, hogy mennyivel gazdaságosabb módszer a szakaszos besugárzás melletti szárítás a folyamattal szemben. Természetesen a kapott értékeket szemlélve felvetődhet azon gondolat, hátha infrasugárzás nélkül is megszáradt volna az élelmiszeripari termék. Ezért szárítási kísérletet végeztem 20°C $\varphi = 50\%$ relatív páratartalmu laboratóriumi helységben. Mérési eredményeim a 34. táblázat foglalja össze.

34. sz. táblázat

Alma /szobahőmérsékleten 20 °C-on 50% relatív páratartalom mellett/ Súly /g/	Idő /perc/	Méret: 6 cm átmérőjű, 0,5 cm vastag korong Nedvesség %/
23,8	0	88,0
23	105	85,7
22,2	180	82
20,8	330	75,8
19,6	510	72,5
11,50	1950	42,5
9,50	2400	35,2
7,32	3000	27,0
6,24	3600	23,0
5,42	4000	20,0
4,50	4300	16,6

Üzemi adatok alapján kamrás, illetve alaguttszárazítókban az almának meleg levegővel, 10-15% nedvességtartalomig történő szárítási ideje, 6-10 óra. Ezen időintervallum a szárító berendezések konstrukciójából adódik. A 2"/80" szakaszos megvilágítás mellett történő szárítás ideje, 20 óra /19. sz. táblázat alapján/, míg a szobahőmérsékleten történő szárításnál 71,6 óra.

A száradási görbéket kiértékelve látható, hogy a 2"/80"-es megszakításos besugárzásnál volt a szára-

dási idő - a tiszta megvilágítást alapul véve - a legrövidebb.

A száradási idő csökkenésének okára a száradási sebességgörbékéből következtettem. /19, 20, 21, 22, 23 ábra/ melyekből megállapítható, hogy

1./ A folyamatos szárítás sebességgörbéinél teljesen hiányzik vagy igen rövid a száradás állandó sebességű szakasza, melynél a felületről elpárolgott nedvesség sebessége egyenlő az anyagból a felületre diffundáló nedvesség sebességével.

2./ A szakaszos megvilágításnál a sebességgörbénél a száradás állandó sebességű szakasza igen jó látható és hosszan futó, mely a száradás gyorsabb voltának következménye.

3./ A folyamatos besugárzásnál a sebességgörbe csökkenő sebességű szakasza hosszan elnyúló s domináló.

4./ A szakaszos besugárzásnál a csökkenő sebességű szakasz nagyobb sebességi értékek mellett követi a folyamatos szakaszra jellemző görbét.

5./ Mindkét megvilágításra jellemző görbénél törés, illetve inflexiós pont található.

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



a folyamatos besugárzásnál azzal magyarázható, hogy a szárítás során a hőgradiens a nedvességi gradienshez viszonyítva nagyobb, s ennek hatására a nedvesség az anyag belseje felé igyekszik vándorolni. A nagy hőgradiens kialakulását a folyamatos szárításnál mért magasabb maghőmérséklet /35. és 36. táblázat/ is jelez, mely a szakaszos megvilágításhoz viszonyítva 7°C -al magasabb.

A szakaszos megvilágításnál /2"/80"/ a nedvesség gradiens hatása jól érvényesül, melynél a nedvesség az anyag felülete felé igyekszik vándorolni. A rövid ideig tartó besugárzás hatására a felületre diffundált nedvesség elpárolog, s a kellően megválasztott besugárzási, hűtési periódus hatására tartósan fennmarad az egyensúly a felületre diffundáló és a felületről elpárolgó víz mennyisége között, mely gyakorlatilag egyenlőnek vehető. A hőmérsékleti gradiensnek, a kifelé irányuló diffúziót csökkentő hatása itt kevésbé érvényesült.

Érdekes megfigyelni, hogy a szakaszos megvilágítás sebességgörbéin mindegyik szárítmálynál az 50-60% nedvességtartalomnál érjük el a száradás csökkenő sebességű szakaszát a W_{krit} értéket. Ezen érték almanál 57%, sárgarépanál 60%, zöldsőgnél 60% és zeller-nél 55% nedvességtartalomnál található.

A W_{krit} értéknél a szárazfoltok jelennek meg a szárítmány felületén, mely oka az, hogy lassul a fe-

felületre diffundáló nedvesség mennyisége, minek következtében csökkenő sebességi szakaszhoz értünk el. A sebességi görbéken lévő inflexiós pont az eltávolítandó víz kötődésére enged következtetni. Mivel a vizsgált termékek kapillárisokkal rendelkeznek, ezért a száradási sebességgörbe csökkenő sebességű szakaszának eleje, a W_{krit} értéktől az inflexiós pontig a kapilláris nedvesség, míg a második szakasz az adszorpciósan kötött nedvesség felületre irányuló vándorlásának felel meg. Az inflexiós pont ezek szerint a kapilláris és az adszorpciós nedvesség határa. Ezen határ a száradási sebességgörbék alapján almánál 35%, sárgarépnánál 42%, zöldségnél 28%, zellernél 32% nedvességtartalomnál található.

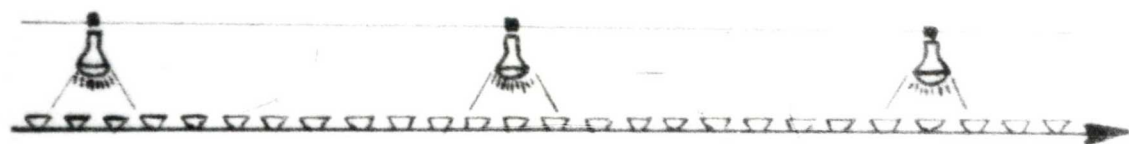
A sebességi görbék csökkenő sebességű szakaszát megfigyelve tapasztaltam, hogy azonos nedvességtartalmakhoz tartozó száradási sebesség értékek $\frac{dW}{d\tau}$ közül, a szakaszos besugárzásé mindig nagyobb, mint a folyamatos besugárzáséhoz tartozó érték. Ezt a nedvesség gradiens hatásával magyarázom oly módon, hogy a szakaszosan besugárzott élelmiszeripari termék esetében a nedvesség a felületnél mélyebben fekvő részekből is viszonylag gyorsabban jut a felszínre, mivel a hőgradiens hatására létrejövő ellentétes irányú nedvességvándorlás ezt nem akadályozza a hűtési szakaszban. A rövid besugárzási idő alatt közölt hőmennyiség elsősorban a felületre diffundált nedvesség

eltávolítására korlátozódik.

A megszakításos infraszárítási művelet technológiai szempontból folyamatossá tehető oly módon, hogy a szárítandó termék szalagon, állandó sebességgel infra-alagut fűtött, illetve hűtött szakaszain halad keresztül, miközben megszárad, /24. ábra/. A fenti elv alapján 3 m hosszú infra-alagut szárítót készíttettem, változtatható szalag sebesség kialakítással, oly módon, hogy folyamatos és szakaszos szárítási kísérlet elvégzésére alkalmas legyen. Az infragökök változtatható magasságban helyezkednek el, s a szalag felületét folyamatos besugárzásnál egyenletesen megvilágítják. A szakaszos besugárzás esetén csak a megszakításos időnek, illetve szalagsebességnek megfelelő infralámpák üzemelnek, míg a többi lámpa kikapcsolt állapotban található. Üzemi körülmények esetén a szalag hosszának növelésével megoldható a szakaszos besugárzás melletti szárítás.

c./ A szárítás során a termékben kialakult maghőmérséklet mérése, a hőmérsékleti görbe felvételéhez szükséges. A mérés célja a gyümölcs és zöltségfélék egy cm^3 -es anyagának középpontjában kialakult hőmérséklet meghatározása s az eredményekből következtetünk a szárítás kiméletes voltára.

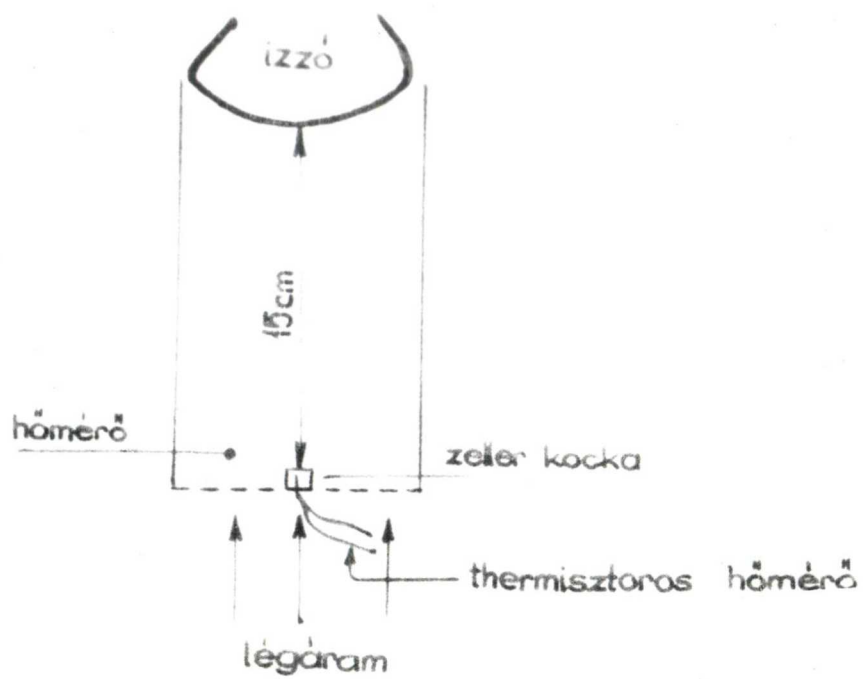
A mérés folyamán a vizsgálandó anyagom egy cm^3 -es kockáját thermisztoros hőmérőre helyeztem úgy, hogy



24. ábra

annak érzékelő része a kocka középpontjába esett. Az izzót az anyagtól 15 cm távolságban helyeztem el. A rendszert alul perforált henger fogta körül. A légtér hőmérsékletét oldalt behelyezett hőmérővel mértem. A perforáción keresztül alulról ventillációval biztosítottam a légtér megközelítően állandó hőmérsékletét, és egyben az üzemi körülményeket igyekeztem kialakítani, ahol az elpárologtatott nedvességet légáram ragadja magával és kiviszi a szárító térből /25. ábra/. $0,5 \text{ m}^3/\text{perc}$ teljesítményű levegőventillátort alkalmazva az anyag nedvességtartalmának meghatározását, a thermisztoros hőmérőre helyezett kocka mellől elvett azonos térfogatú mintán mértem le.

A zeller kockának hőmérsékleti görbáját folyamatos és szakaszos $/2^\circ/0,5^\circ/$ besugárzás mellett vizsgáltam. Mérési eredményeimet a 35. és 36. sz. táblázatokban foglaltam össze és a 26-27. sz. ábrán ábrázoltam.



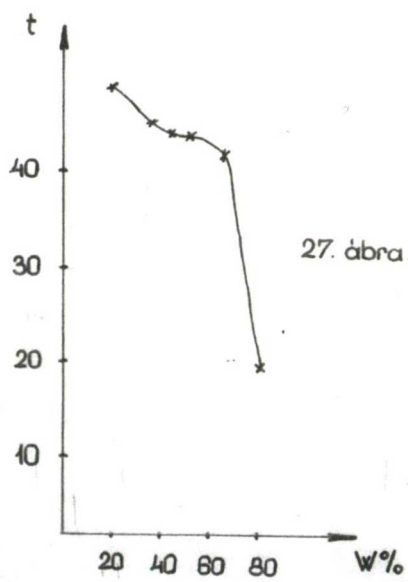
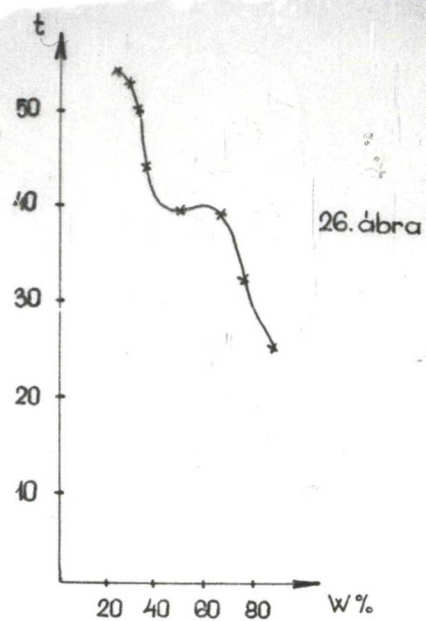
25. ábra

35. sz. táblázat

Zeller /folyamatos megvilágítás/			
Anyag súlya /g/	Nedvesség /%/	Maghőmérséklet /°C/	Környezet hőmérsék- let /°C/
0,79	84,5	24,5	45,0
0,70	74,9	32,0	71,0
0,64	68,5	39,0	73,0
0,47	50,3	39,0	74,0
0,37	39,6	39,2	79,0
0,33	35,3	44,0	80,0
0,30	32,1	46,0	78,0
0,29	31,0	50,0	80,0
0,27	28,9	53,0	82,0
0,25	26,8	54,0	81,0
0,23	24,6	54,0	80,0
0,21	22,5	54,0	76,0

36. sz. táblázat

Zeller /szakaszos megvilágítás; 2°/0,5°/			
Anyag súlya /g/	Nedvesség /%/	Maghőmérséklet /°C/	Környezet hőmérsék- let /°C/
0,89	84,5	17	22
0,72	68,3	39,5	64
0,61	57,9	42	63
0,54	51,3	41,5	62
0,47	44,6	42,5	62
0,42	39,9	43	63
0,35	33,2	44,2	62
0,32	30,0	47	63
0,29	27,6	47	63
0,24	22,8	46	62
0,22	20,1	47	62



A hőmérsékleti görbe kiértékelésénél a szakaszos szárítás kiméletesebb volta az első, melynél a maghőmérséklet 7°C -al alacsonyabbnak bizonyult a folyamatos besugárzással szemben. A másik szembetűnő jelenség, hogy a maghőmérséklet és a külsőtér hőmérséklete között, a szárítás végefelé is, mindkét szárítási módszernél, mintegy 20°C hőmérséklet különbség tapasztalható.

Ha nyert maximális maghőmérsékleti értékeket, $t_{\text{foly.}} = 54^{\circ}\text{C}$ és $t_{\text{szak.}} = 47^{\circ}\text{C}$, a konvekciós szárításnál kialakult $75\text{--}80^{\circ}\text{C}$ értékhez hasonlítjuk, úgy láthatjuk, hogy infravörös szárítás esetében mintegy $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$ -al alacsonyabb maghőmérséklettel számolhatunk. Ezen alacsony maghőmérsékleti értékek igen nagy jelentősége van az élelmiszeripari termékek szárításánál, aszalásánál, mert a hőre érzékeny anyagok alacsonyabb hőmérsékleten kevésbé bomlanak el.

d./ A szárítmányok szabványos minősítése dönti el, hogy termékeknél helyesen alkalmazták-e a szárítási utasításokat s az aszalvány fogyasztásra alkalmas-e. A késztermékekkel kapcsolatos minőségi előírásokat a Magyar Szabványügyi Hivatal által meghatározott követelmények alapján szabvány /MNO SZ/ tartalmazza. A szárítással tartósított alma - köznapis használatban aszalt alma - minőségi előírásait az MNO SZ 1183-52 foglalja magába. /1 melléklet/.

A szárított termékek érzékszervi minősítésénél

Magyar Népköztársasági Országos Szabvány	ASZALT ALMA	MNOSZ 11883—52
		N 51

1. A szabvány tárgya és hatálya

- 1.1 E szabvány tárgya a hazai származású aszalt alma, amely óvatosan víztelenített, duzzadóképes, közvetlen fogyasztásra szánt késztermék.
- 1.2 Ha az aszalt alma továbbfeldolgozásra kerül, megítélésére az MNOSZ 11887 előírásait kell alkalmazni.
- 1.3 Szárított gyümölcsre nem e szabvány, hanem az MNOSZ 11887 vonatkozik.
- 1.4 Az MNOSZ 1800 1. mód. hatálya az aszalt almára is kiterjed.

2. Nyersanyag. Gyártási irányelvek

- 2.1 Aszalásra csakis az MNOSZ 6302 előírásainak megfelelő alma használható fel.
Őszi-érésű, fehér-húsú, kis-magházú, zamatos fajtájú, teljesen érett, de nem túlérrett alma a legalkalmasabb.
- 2.2 Előkészítő műveletek : válogatás, mosás — esetleg hámozás és a magház eltávolítása — a féregrágott részek eltávolítása és cikkekre vagy gyűrűkre szeletelés.
- 2.3 Az aszalás lassan áramló levegőben, 65—85 C° közötti hőmérsékleten történik. A nyers gyümölcsöt csak a tartósításhoz éppen szükséges mértékben kell vízteleníteni.
Aszalás után a terméket — víztartalmának egyenlősítése céljából — halmokba rakva hagyjuk lehűlni

3. Minőségi követelmények. Osztályozás

3.1 Általános minőségi előírások

3.11 Az aszalt alma hámozva vagy hámozatlanul, magházzal vagy anélkül, gyűrű- vagy köralakú szeletekben, vagy cikkek alakjában kerül forgalomba. Jellegzetes aszalt almaszagú és -ízű termék. Színe egyenletesen fehér, legfeljebb kissé sárgás, foltmentes. Nem törékeny ; rugalmas, de nem puha. A hámozott áru teljesen héjmentes, az I. osztályú áru magházmentes legyen. Hideg vízben legfeljebb 12 óra alatt megduzzad, eredeti alakját, térfogatát megközelítőleg visszanyeri.

3.12 Az áru nem lehet :

elbarnult, vagy elfakult,
idegen-, vagy kellemetlen-ízű, vagy -szagú,
pörkölt, kesernyés, füstös,
hiányosan tisztított,
férges, molyos, vagy molytól rágott,
tisztátlan, dohos, rothadt, vagy

más módon elváltozott ;

nem tartalmazhat :

idegen anyagot,
mérgező fémet,
mesterséges festéket,
penészt,
kórokozó baktériumot,
nagyobb számú egyéb élő rontó csírást.

Folytatás a következő oldalon

Kidolgozta a Magyar Szabványügyi Hivatal	A szabvánnyá nyilvánítás időpontja: 1952. szeptember 18.	A szabvány kötelező alkalmazásba- vételének időpontja: 1953. április 15.
---	--	--

3.2 Minősítés

Az aszalt alma minősítése az érzékszervi tulajdonságait kifejező értékszám, valamint víz- és homok-tartalma alapján történik (lásd a 2. táblázatot).

A készítmény tulajdonságai eredeti állapotban vizsgálandók, az MNOSZ 12 251 előírásai szerint.

Az érzékszervi tulajdonságok értékelése 100-as értékszámrendszer alapján történik, amely rendszer szerint e tulajdonságokra adható legmagasabb pontszámok összege 100.

A 3.11-nek megfelelő érzékszervi tulajdonságokra a legmagasabb pontszámokat kell adni. Ha valamelyik érzékszervi tulajdonság a 3.11 előírásainak nem felel meg, akkor az értékszámot a megfelelő hibaponttal csökkenteni kell.

Az érzékszervi tulajdonságokra adható legmagasabb pontszámokat, valamint a minőséget rontó tulajdonságok hibapontjait az 1. táblázat tünteti fel. (A táblázatban megadott %-ok súlyszázalékok.)

1. táblázat

Értékmérő tulajdonság	Legmagasabb pontszám	Követelmény	Értéksökkentő tulajdonság		Értéksökkentő tulajdonságért levonandó hibapontszám
Szín	20	Fehér, vagy világos krémsárga, foltmentes	Sárgás		1—5
			Sárgás vagy enyhe barnás		6—15
			Sötétebb barnás		16—20
			Fagysérült, pörkölt, fekete-foltos darabok mennyisége	max. 1%	2
				max. 5%	5
				max. 10%	10
10%-nál több	20				
Szag	10	Jellegzetes almaszagú	Gyenge jellegzetes szagú, vagy szagnélküli		1—5
			Csekély, de nem kellemetlen mellékszag		6—8
			Kellemetlen mellékszag		9—10
Íz	40	Jellegzetes almasízű	Gyengébb jellegzetes íz		1—20
			Igen gyenge jellegzetes íz		21—30
			Gyenge mellékíz		10—30
			Erős mellékíz		31—40
Alak, méret	10	Egyenletes alakú, egyforma nagyságú szeletek, cikkek vagy gyűrűk	Az átlagosnál vékonyabb, vagy vastagabb szeletek, nem ép gyűrűk, morzsalékos, molytól rágott rész mennyisége együtt	max. 5%	1—2
				max. 10%	3—5
				10%-nál több	6—10
Állag, héj- és magházmentesség	20	Száraz, kissé rugalmas, héj-, ill. magházmentes	Kissé száraz, törékeny		1—10
			Erősen törékeny		11—20
			Kissé puha, nem rugalmas		1—10
			Erősen puha, nedves tapintatú		11—20
			Héjmaradékot tartalmazó szeletek mennyisége hámozott árunál (magháztól mentesített áruban a magházmaradék a héjjal együtt)	max. 10%	1—5
				max. 20%	6—10
				max. 30%	11—19
				30%-nál több	20

3.3 Minőségi osztályok

Az aszalt alma kétféle minőségben kerül forgalomba:

I. osztály, színjele: vörös;

II. osztály, színjele: kék.

Az osztálybasorolás minőségi feltételeit a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Jellemző		Követelmény	
		I. osztály	II. osztály
Víztartalom	legfeljebb	14%	16%
Homoktartalom		0,1%	0,15%
Összes kénassavtartalom		450 mg/kg	
Érzékszervi tulajdonságok értékszáma	legalább	80	60

Az I. minőség magházmentes legyen.

Nem sorolható minőségi osztályba az olyan áru, amelynek valamelyik érzékszervi tulajdonságára érték-szám nem adható, tehát ha a hibapont eléri az illető tulajdonságra adható legmagasabb pontszámot.

4. Megnevezés

Példa:

Az I. osztályú aszalt alma megnevezése a következő:

Aszalt alma I. oszt. MNOSZ 11883

5. Csomagolás. Tárolás. Megjelölés. Szállítás. Átvétel. Szavatosság

Az MNOSZ 11 888 előírásai szerint.

6. Mintavétel

Az MNOSZ 3602 előírásai szerint történik.

7. Vizsgálat

Feltétlenül elvégzendő vizsgálat

Érzékszervi vizsgálat és értékelés az MNOSZ 12 251 és e szabvány 3. fejezete szerint.

Feltételeken elvégzendő vizsgálatok

Ezeket a vizsgálatokat csak az átvevő kívánságára, vagy akkor kell elvégezni, ha az érzékszervi vizsgálat alapján, vagy más módon gyanú merül fel arra, hogy az áru a kérdéses pontban nem felel meg e szabvány előírásainak.

A víztartalom meghatározása MNOSZ 3607 előírásai szerint,
a homoktartalom meghatározása MNOSZ 3608 előírásai szerint,
a kénassav kimutatása MNOSZ 3621 előírásai szerint,
vizsgálat mérgező fémekre MNOSZ 3611 előírásai szerint,
mesterséges festékre minőségi vizsgálat MNOSZ 3637 előírásai szerint,
a mikrobiológiai vizsgálat MNOSZ 3640 előírásai szerint végzendő.

A szövegben idézett szabványok

TARTÓSZÍTOTT ÉLELMISZEREK

Általános előírások MNOSZ 1800 1. mód.

Mintavétel MNOSZ 3602

TARTÓSZÍTOTT ÉLELMISZEREK. ÉLELMISZERVIZSGÁLATOK

Szárazanyag és víz meghatározása. Vízfelvétel..... MNOSZ 3607

Homoktartalom meghatározása MNOSZ 3608*

Együttes vizsgálat mérgező fémekre MNOSZ 3611

Kéndioxid (kénassav) és hangyasav kimutatása és meghatározása MNOSZ 3621

Színező és kocsonyásító anyagok..... MNOSZ 3637

Élelmiszerek mikrobiológiai vizsgálata. Általános irányelvek.... MNOSZ 3640*

Téli alma..... MNOSZ 6302

Száritott gyümölcsök műszaki előírásai MNOSZ 11887

Aszalt gyümölcsök. Csomagolás. Megjelölés. Szavatosság. Átvétel.

Tárolás..... MNOSZ 11888

Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata minősítés céljára..... MNOSZ 12251

* Előkészületben.

az alma szárítmányt azért emeltem ki, mert a vizsgált termékek közül ez a legérzékenyebb, igen hamar elszíneződik, elbarnul.

Az almára vonatkozó MNOSZ 11833-52 alapján, összehasonlító vizsgálatot végeztem 30 °C meleg levegővel és megszakításos infraszáritással aszalt alma esetében. A minősítést a fenti szabvány 1. táblázata alapján csak az érzékszervi tulajdonságokra terjesztettem ki. Minősítési pontszámokat táblázatosan foglaltam össze.

37. sz. táblázat

Értékmérő tulajdonság	Legnagyobb pontszám	Érték-csökkentő tulajdonságokért levonandó hibapontok száma és oka	
		Meleg levegőnél	Infrasugárzásnál
Szín	20	8 kissé barnás	4 sárgás
Szag	10	6 gyenge jellegzetes szaga	4
Iz	40	4	2
Alak	10	-	-
Állag	20	-	-
Összesen	100	18	10

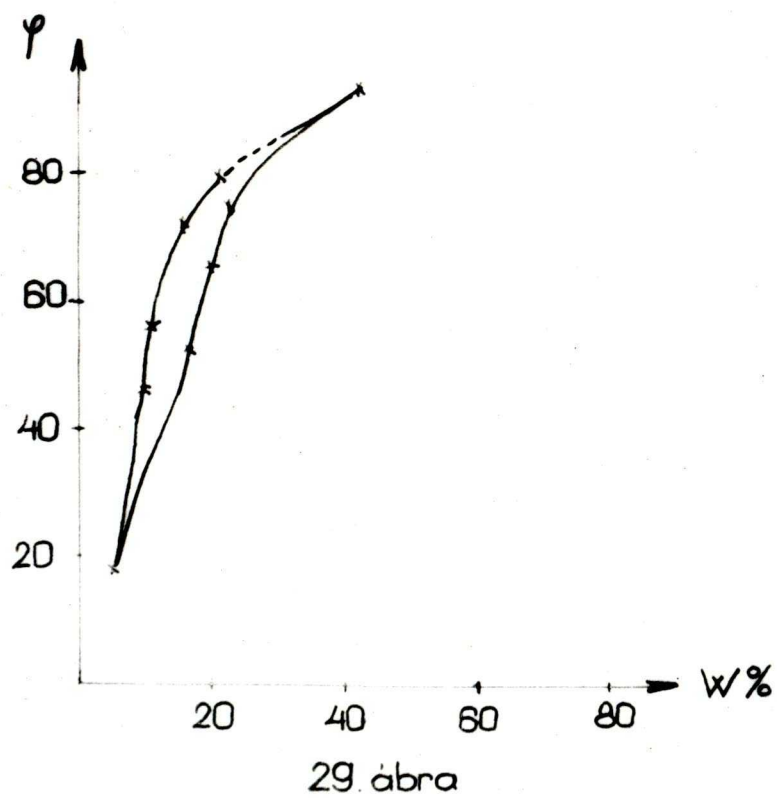
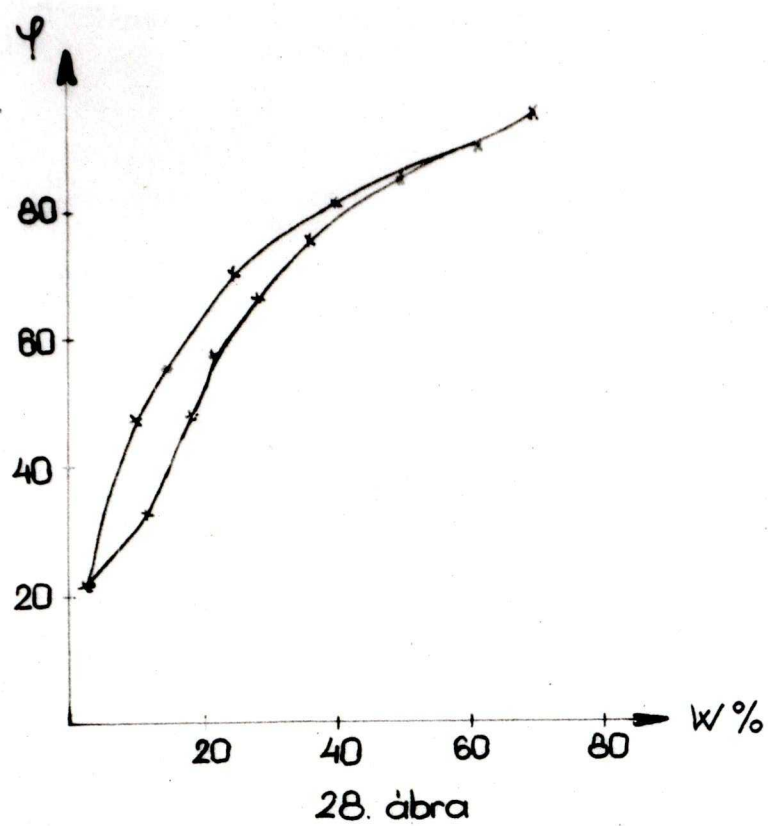
Érzékszervi tulajdonságok értékesítése konvekciós szárítás esetén 82 pont, infrabesugárzásnál 90 pont.

Látható, hogy mindkét termék az I. o. minőségi követelményének megfelelt, de az infrabesugárzással nyert aszalványnál a szín, szag, íz jellegzetesebb volt s mindez a kiméletesebb szárítási móddal magyarázható.

e./ Az élelmiszer alapanyagok deszorpció és adszorpció egyensúlyainak meghatározásánál 20 °C-ra termosztált légmentesen záró dupla üvegfalu, szekrényt használtam. Ide helyeztem el a polyméter /lég-nedvesség mérő/ s a nagy felületű üvegedényt a viznek illetve a kénsavas oldatnak. Először a deszorpció /szárítási/ egyensúlyi értékeket határoztam meg, majd a visszanedvesítési egyensúlyokat. Az egyensúly az egyes értékek között kb. 8-10 nap alatt állt be, melyet a polyméter állandó értéke jelzett. A deszorpciót egyre töményebb kénsav oldat behelyezésével, az adszorpciót csökkenő százaléku kénsavval biztosítottam. Méréseim eredményét táblázatosan foglaltam össze. /38. sz. táblázat/.

38. sz. táblázat

Anyag meg- nevezése	Deszorpció		Adsorpció	
	Anyag ned- vessége %	Relatív páratar- talom φ	Anyag ned- vessége %	Relatív páratar- talom φ
Alma /1: 28. ábra/	70,0	95	62	88
	62,0	89	40	81
	50,0	84	25	70
	36,7	76	15	55
	28,0	66	10	48
	21,0	58	3	21
	18,0	48		
	13,0	33		
Répa /1: 29. ábra/	43,0	93	20,0	78
	30,0	84	15,0	73
	23,1	74	10,0	57
	19,0	65	9,0	46
	16,0	55	8,3	36
	10,0	33	5,0	18
	8,0	28		



A szárítás histerézis görbéjének jelentősége az üzemi viszonyok között igen nagy. Az adszorpció görbéről, ismerve a raktár levegőjének relatív páratartalmát, felvilágosítást nyerhetünk arról, hogy szárított termékeink nedvességtartalma a tárolás során növekszik-e, vagy esetleg tovább csökken. Kiválasztva egy példát; az almát nem érdemes 12% nedvességtartalomra leszárítani, ha tudjuk, hogy a tárolótér levegőjének relatív páratartalma $\varphi = 55\%$, mert a histerézis görbéről leolvasható, hogy 14%-ra visszanevedesedik. A deszorpció görbéről leolvasható, hogy 10% nedvességtartalomra történő szárításnál, a szárító levegő relatív páratartalmának $\varphi = 30\%$ -nak kell lennie, mert ezen φ érték tart egyensúlyt a 10% nedvességtartalommal. Magasabb relatív páratartalmu levegővel történő szárításnál e fenti kívánt érték nem érhető el.

Összefoglalás

- 1./ Kísérleti eredményeimből megállapítható, hogy az infraszárításnak az élelmiszeripari termékekre történő kiterjesztése lehetséges.
- 2./ A likovi megszakításos megvilágítás, mint önköltés csökkentő tényező, élelmiszeripari termékek esetében is alkalmazható, ha kísérletsorozattal előre meghatározzák az optimális megvilágítási-
- hűtési idő arányt.
- 3./ Alma, sárgarépa, zöldség és zeller esetében a két másodperc megvilágítási, 80 másodperc hűtési arány $2''/80''$ bizonyult optimális értéknek.
- 4./ Azonos nedvességtartalomig történő leszárításnál, a ténylegesen szárításra fordított energia szakaszos besugárzásnál mintegy harmadrésze a folyamattal szemben.
- 5./ A fenti pontban közöltek a hőmérsékleti gradiens illetve a nedvességi gradiens hatásával magyarázható. A hőmérsékleti gradiens hatására a nedvesség a szárítandó termék belsője, míg a nedvességi gradiens hatására az anyag felülete felé vándorol. Folyamatos megvilágításnál a nagy hőmérsékleti gradiens gátolja a nedvességnek a felületre történő diffúzióját. Ezért a folyamatos megvilágítás mellett felvett száradási sebességgörbe állandó sebességű szakasza teljesen hiányzik vagy igen

rövid ideig tart, pedig a viszonylag gyors száradás az állandó sebességű szakaszra korlátozódik. Optimális szakaszos megvilágításnál kialakul egy viszonylag egyensúlyi állapot, amikor a nedvességi gradiens hatására a felületre diffundáló víz a rövid ideig tartó megvilágításkor közölt hő elpárologtatja, viszont a kicsiny hőmérsékleti gradiens nem gátolja a nedvességnek a felületre irányuló diffúzióját.

A száradási sebességgörbén ezt, az állandó sebességű szakaszok jól definiált vonala jelzi. A száradás ezen szakaszában főleg a szabad nedvesség távozik el a szárítandó élelmiszeripari termékből.

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

A folyamatos infraszárítás sebességére ezen szakasz volt a jellemző, s összehasonlítva a szakaszos megvilágításnál felvett sebességi görbével, megállapítható, hogy a csökkenő szakaszban is a megszakításos szárításnál adódott a nagyobb száradási sebesség. Itt is a megvilágítási-hűtési idő helyes arányának kialakítása az észlelteket magyarázata.

A sebességgörbék a víz kötésformáira is felvilágosítást adnak és leolvasható belőlük a különböző kötésformában lévő víz százalékos mennyisége is. A szárítás elején a szabad víz illetve a felületi nedvesség távozik, mely adhézió útján kötődik az élelmiszerhez. Ezen gyenge kötésű víz elpárolgása a száradás állandó sebességű szakaszában megy végbe.

A száradás csökkenő sebességű szakaszának vizsgálatánál inflexiós pont található. A csökkenő sebességű szakasznak a kritikus nedvességtartalom W_{krit} és az inflexiós pont közötti részénél a kapillárisos, míg az inflexiós pont alatti sebesség szakasznál az adszorpciós víz távozik.

- 6./ Infravörös szárításnál folyamatos megvilágításnál 54°C , szakaszos megvilágításnál 47°C -ra emelkedik csak a maghőmérséklet, mely igen kimőletes szárítást eredményez.
- 7./ A szárítmányok érzékszervi vizsgálatánál az infraszárított termék minőségszállító pontjainak kicsiny értéke a fenti pontban értékelt kimőletes szárítással magyarázható. A termék színe, íze, illata igen jellegzetes maradt.
- 8./ A szárítás hiszterézis görbéje segítségével a szárítmány raktározásánál a nedvességvándorlás iránya előre meghatározható, ha ismerjük a raktár levegőjének relatív páratartalmát.

Irodalom jegyzék

- [1] I. B. Levityin: Infravörös sugárzástechnika
/Műszaki Könyvkiadó Budapest 1962./
- [2] A. V. Likov: A szárítás elmélete
/Nehézipari Könyv és Folyóíratkiadó Vállalat
Budapest 1952./
- [3] Likov i. Auerman: Teorija szuski kapillarnop-
risztüh kolloidnüh materialov piscsevoj promüs-
lennosztji
/Moszkva 1946./
- [4] Kaszatkin: Alapműveletek gépek és készülékek a
vegyiparban
/Műszaki Könyvkiadó Budapest 1956./
- [5] Treybal: Diffúziós vegyipari műveletek
/Műszaki Könyvkiadó Budapest 1961./
- [6] Krisher, O - Kröll, K: Trocknungstechnik I. II.
/Springer - Verlag, Berlin 1963./
- [7] Fekete - Menyhárt: A légtechnika elméleti alapjai
/Műszaki Könyvkiadó Budapest 1965./
- [8] A. Kuhn: Kolloidkémiai zsebkönyv
/Műszaki Könyvkiadó Budapest 1963./

- [9] Sárosi H. - Beck L.: A kukorica hiszterézis görbéje és a leolvasható következtetések a szárított kukorica tárolásánál
/Malom és Terményforgalom XIV. évf. 2. sz. 1967./
- [10] Nemeshegyi Béla: Légnedvességmérő műszerek
/Műszaki Könyvkiadó Budapest 1959./
- [11] Jesch: Gyakorlati elektrotechnika
/Műszaki Könyvkiadó Budapest 1961./
- [12] Stock E.: Taschenbuch für die Farben und Lackindustrie
/Stuttgart 1954./

Ezúton mondok köszönetet Dr. Széll Tamás Urnak
a József Attila Tudományegyetem Alkalmazott-Kémiai
Tanszék docensének, azon önzetlen segítségért melyet
e dolgozat elkészítése során irányomban tanúsított.

