

Új energiatakarékos mikrohullámú technológia és berendezés rövid főzési idejű rizs előállítására

I. Hőkezelési vizsgálatok nagylaboratóriumi mikrohullámú készülékben

PALLAI-VARSÁNYI Erzsébet^a, GÖLLEI Attila^b, VASS András^{a*}

^aPannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar Műszaki Kémiai Kutató Intézet, Egyetem u. 2 H-8200 Veszprém, Magyarország

^bPannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar Automatizálás Tanszék, Egyetem u. 2 H-8200 Veszprém, Magyarország

1. Bevezetés

A rizs, az emberi táplálkozás egyik alapvető alkotóeleme, amely értékes szénhidrátokat, fehérjéket, ásványi sókat, vitaminokat és rostanyagot tartalmaz. Fő tápanyaga a keményítő. A gabonamagvak keményítő tartalma jelentős, búzában 60-70%, kukoricában 65-70%, rizsben 70-80%. A keményítő a növényekben fotoszintézissel keletkező poliszacharid, több ezer glükózegység kémiai összekapcsolódásával jön létre. A keményítőszemcsékre jellemző a szferoidos szerkezet, a koncentrikus rétegekben a szemcsék kristályos szerkezetűek, az amorf állapot hidrolízis révén alakul ki. Két fő poliszacharid komponensből áll, amilózból és amilopektinből.

Az egyenes láncú amilózból az α -D glükopiranoz egységek [1, 4'] glükozidos kötésekkel kapcsolódnak össze. Vizes közegben a párhuzamos amilózláncok elég közel kerülnek egymáshoz, így hidrogénkötések segítségével asszociáció alakulhat ki, ami megakadályozza a víz megkötődését. Ez utóbbinak a rizs főzési tulajdonsága, - illetve a keményítő hidrolízise szempontjából van jelentősége. A hőközlés hatására az amilóz komponens hidrogén-kötései, amelyek a poliszacharid térhálót rögzítik, fokozatosan felszakadnak, ezáltal alkalmassá válnak vízfelvétele, duzzadásra, majd a gélszerkezet kialakulására.^{1,2}

Az amilopektin sok elágazást tartalmazó poliszacharid, az elágazások [1, 6'] glükozidos kötések révén alakulnak ki. Elágazásos szerkezete miatt vizes közegben nem alakulhat ki a hidrogénkötések létrejöttéhez szükséges rendezettség, így asszociáció sem megy végbe, következésképpen az amilopektin nagymennyiségű vizet képes duzzadáshoz felvenni ami a hidrolízis előfeltétele. Hideg vízben a keményítőszemcsék csak kismértékben duzzadnak, ez a duzzadás reverzibilis. Eközben a nedvességtartalom mintegy 30%-ra nő. Melegítve a duzzadás fokozódik, majd irreverzibilissé válik. Azt a hőmérsékletet, amelyen megkezdődik az irreverzibilis duzzadás, csirizesedési, illetve zselatinosodási hőmérsékletnek nevezik. A keményítő csirizesedési hőmérséklete 60°C körüli érték, a csirizesedés során a keményítő térfogata az eredeti térfogat 40-szeresére is megnőhet, a duzzadt szemcsék felrepednek, a vízdoldható anyagok oldatba kerülnek, viszkózus oldat keletkezik. Hűtés hatására gélszerkezet jön létre, amelyet kohéziós erők tartanak össze.

A kereskedelmi forgalomban levő hántolt, koptatott és polírozott ún. „fehér rizs” a szokásos konyhatechnikával

általában 20 perc alatt megfőzhető, azonban a hosszú főzési idő eredményeképpen – különösen túlfőzés esetén – a rizs elveszti élvezetes ízét, emellett minőségi romlás is bekövetkezhet a vízdoldható értékes alkotórészeknek (pl. keményítő, vitaminok, ásványi sók, stb.) a főzővízbe jutása révén. Mindezen szempontok fontos szerepet játszottak a felgyorsult életvitel mellett a különböző gyors főzési idejű rizstermékek piaci megjelenésében, különböző előfőzési technológiák kifejlesztésére irányuló törekvésekben.

1.1 Rövid főzési idejű ún. „gyorsrizs termékek”

Történetileg az összes előkezelési, előfőzési eljárás a klasszikus „parboiling” eljárásból fejlődött ki. A parboiling eljárás, általában több fokozatban megvalósított műveleti lépésekből áll: Az aratásból nyert nyers (paddy), hántolatlan rizs áztatása megfelelő hőmérsékleten a nedvesség-tartalom növelése céljából, a szabad vízel távolítása mechanikus módszerrel; a rizs pihentetése a nedvesség egyenletes eloszlására a rizsszemekben; a rizs hőkezelése az endospermiumban levő kristályos keményítő hidrolízisének (zselatinosodásának) elősegítésére; a rizs szárítása a tárolhatóság szempontjából szükséges 12-14% nedvességtartalom beállítására. A szárítási műveletet követi a hántolás, ami a parboiling eljárás hatására a héjon bekövetkező repedések révén hatékonyan végezhető el. A hántolt termék az ún. „barna rizs” nevet, a rizsmagot fedő „ezüst-hártya” színétől kapta. Az ezüst hártya ásványi sókat, vitaminokat, thiamint és más esszenciális tápanyagokat tartalmaz. A parboiling eljárás során ezeknek az értékes anyagoknak egy része a mag belsejébe diffundál növelve a termék tápértékét. A parboiling eljárással előállított rizs tömör, duzzadt a részleges, vagy teljes mértékű zselatinosodás következtében, így az egyéb, hántolt rizsből előállított, ún. „gyors-rizs” termékeknel kevésbé sérülékeny, főzési ideje azonban meglehetősen hosszú, 35-40 perc. A barna rizs csiszolása, fényezése során a csírárt és az ezüst hártyát távolítják el a rizsszemekről. A „parboiling eljárással előállított fehér rizs” megőrzi a barna rizs tulajdonságait, tápértéke azonban kisebb, bár tartalmazza az ezüst hártyából a rizsmag belsejébe diffundált értékes anyagok részét.³⁻⁶

Az előfőzött parboiled rizstermékek előállítása során alkalmazott hőkezelési módok négy csoportba sorolhatók: Meleg vizes áztatás, főzés; gőz alkalmazása atmoszférikus körülmények között; „túlnyomásos gőz

*e-mail: vass@delta.richem.hu

alkalmazása (hidrotermikus műveletek). Száraz hővel (száraz, forró levegővel, elektromágneses energiával, pl. mikrohullámmal) végzett hőkezelések, valamint a végszárítás. A különböző hőkezelési módok egyrészt a végtermék minőségének javulását,^{7,8} másrészt az energiafelhasználás, valamint az időigény csökkentését célozták meg, például mikrohullámú technika alkalmazásával.^{4,7,9}

A rövid főzési idejű, ún. „gyors-rizs” keményítő tartalma 80-90%-ban hidrolizált (amorf) állapotban van.^{10,11,12} Klasszikus előállítási módja lépésről-lépésre követi a parboiling eljárást azzal a különbséggel, hogy a kiindulási anyag hántolt, csiszolt fehér rizs. Közös jellemzője, egyben hátránya is a gyors-rizs termékek előállítására általánosan alkalmazott eljárásoknak, hogy jelentős víz, energia és munkaigénnyel jár, általában több-fokozatú hidrotermikus műveleteket alkalmaznak. A „gyors-rizs” előállításánál a hidrotermikus műveletek sorába beiktatva ezért egyre gyakrabban alkalmaznak mikrohullámú hőkezelést az időigény és az energiafelhasználás csökkentése érdekében.^{13,14} Jóllehet, a mikrohullámú technika beiktatása a főzési és a szárítási műveletek idő-, és energiafelhasználásának csökkenését eredményezte, megmaradt azonban a több-fokozatú áztatási, gőzölési, és utószárítási műveletek jelentős víz, energia, és időigénye. Beltartalmi érték szempontjából további hátrányt jelenthet a hántolt rizs alapanyagból kiinduló hidrotermikus műveletek során az értékes, vízzeloldható összetevőkben jelentkező veszteség. Az áztatási műveletben az erősen higroszkópos rizs hirtelen vízfelvétele feszültségeket, ezáltal repedések kialakulását, törékenységet okozhat.

Tekintettel arra, hogy a vonatkozó kutatások általában üzemszerű gyártásra alkalmas eljárások kidolgozását célozták meg, a fejlesztő kutatók kutatási eredményeiket főként a már szabadalmaztatott eljárás kapcsán publikálták.

Figyelembe véve a publikált gyártási technológiák előnyeit és hátrányait, a szerzők kutatási, fejlesztési tevékenységük céljából egy olyan egyszerű, lényegesen kevesebb műveleti lépésből álló, gazdaságos mikrohullámú energiát alkalmazó, üzemi méretben is megvalósítható technológia és berendezés kifejlesztését tűztük ki, amely alkalmas jó minőségű gyors-rizs előállítására.

2. Kísérleti rész

Az eddigi technológiák, az előző fejezetben ismertetettek szerint a rizs készre főzési idejének csökkentése céljából a rizs hidrolízisének, zselatinosodásának elősegítésére törekedtek, ennek megvalósítására különböző körülmények között végzett hidrotermikus műveleteket alkalmaztak. Másik lehetséges mód a rizs főzési idejének csökkentésére a rizsszem mikroszerkezetének olyan irányú megváltoztatása, amelynek révén jelentősen megnő a rizsszemek vízfelvívő képessége, víz-abszorpciója, csökkentve ezáltal a főzési időt. Ilyen irányú eredményekre ugyan található utalás hántolt, csiszolt fehér rizs hidrotermikus kezelése kapcsán, amikor is az előállított gyors-rizs részleges zselatinosodása mellett a belső szerkezet bizonyos fokú fellazulása is bekövetkezett, ez a jelenség azonban nem képezte az eljárás alapját, megmaradtak emellett a hidrotermikus műveletek említett hátrányai.

A kísérleti munka két fő szakaszból állt:

a) Előkísérletek végzése alapvető technológiai kérdések tisztázására, mint például a kiindulási anyagként alkalmazott hántolt, csiszolt rizs belső szerkezetének elektronmikroszkópos vizsgálata; mesterséges nedvesítés által a rizsszem belső szerkezetére, szilárdságára gyakorolt hatások tisztázása, valamint a rizs dielektromos jellemzőinek (ϵ' , ϵ'') meghatározása a hőmérséklet függvényében.

b) Nagylabor méretű mikrohullámú készülékben vizsgálatok végzése különböző körülmények (belépő fajlagos mikrohullámú teljesítmény, hőmérséklet, kezelési idő, stb.) között a mikrohullámú energia által a rizsszemek belső szerkezetére, szilárdságára, főzési idejére, a készre főzött rizsszemek állagára, épségére, felületi tulajdonságaira, ízére gyakorolt hatások tisztázására. Az optimális mikrohullámú kezelési körülmények meghatározása, üzemeltetési adatszolgáltatás a félüzemi mérésekhez.

2.1 Kísérleti készülékek

A nagylaboratóriumi típusú mikrohullámú készülék

A rizsminták mikrohullámú hőkezelési vizsgálatának céljára, illetve a hőkezelések optimális körülményeinek meghatározására szakaszos működésű Panasonic Pro II. NE-1540 típusú mikrohullámú készüléket alkalmaztunk. A mikrohullámú energiát 4 db, 2,45 GHz frekvencián működő, összesen 1500 W maximális kimenő teljesítménnyel rendelkező magnetron szolgáltatja. A magnetronok energialeadása nem volt szabályozható, megszakításos megoldással 750, 340, 170 W teljesítmény beállítására volt lehetőség. A kísérleteknél ezért a mikrohullámú teljesítményt folyamatosan leadó 1500W energiaszintet használtunk. A magnetronok hűtését biztosító levegő a kezelőterem átlátszó falán keresztül a hőkezelő mintából származó vízgőz elszállítására is szolgált. Léptéknövelés szempontjából előnyt jelentett, hogy a nagylabor méretű Panasonic készülék kompatibilis volt a későbbi üzemi berendezés egy hengeres hőkezelő elemével, ami lehetővé tette a mikrohullámú hőkezelési körülmények modellezését.

Mérőkészülék rizsminták dielektromos jellemzőinek (ϵ' , ϵ'') meghatározására

A dielektromos tulajdonságok vizsgálatára egy a Műszaki Kémiai Kutató Intézetben kifejlesztett mikrohullámú dielektrométer készüléket használtunk. A mikrohullámú dielektromos állandó mérésére szolgáló készülék alapja egy körülbelül 3λ hosszúságú négyzet keresztmetszetű csőtápvonal, melyen meghatározott helyeken diódás detektorok voltak elhelyezve. Ezekről megfelelő távolságban található a mérendő dielektrikumot (esetünkben rizst) tartalmazó mintatartó egység. A tápvonal végén található a lezárás, melynek pozíciója egytized-milliméter beosztású skálával ellátott forgató mechanizmussal állítható. A végén lezárt tápvonalban vizsgáljuk a behelyezett dielektrikum által okozott elhangolódás és csillapítás mértékét, amelyből a minta dielektromos jellemzői számíthatóak voltak (lásd 3.1 fejezet).

2.2 Analitikai módszerek

Minták nedvességtartalmának meghatározása.

A rizsminták nedvességtartalmának meghatározását egyeztetve a Karcagi Rizshántoló üzemmel, a megőrölt mintával végeztük, 130°C hőmérsékleten súlyállandóságig történő szárítással, szárítókemencében.

Rizsszemek szilárdságának (törési hajlamának vizsgálata)

A mechanikai igénybevétel hatására végbemenő törési hajlam számszerű jellemzésére 100 db ép rizsszemet kémcsőbe helyezve laboratóriumi centrifugában meghatározott forgási sebességgel 1 percen keresztül pörgettük. Az igen erős mechanikai igénybevétel hatására a kisebb szilárdságú szemek eltörték, vagy megrepedtek. A tört, vagy repedt szemek százalékos mennyisége az ún. törésszám, amely jó minőségű rizs esetén Pl. a Vietnami és a Thaiföldi rizseknél 0-2%.

A rizsszemek belső szerkezetének elektronmikroszkópos vizsgálata

Az elektronmikroszkópos vizsgálatok egyrészt a kezeletlen, valamint a mikrohullámmal hőkezelt rizsminták belső szerkezetének összehasonlítását, - másrészt a mesterséges nedvesítés által a mag belső szerkezetére gyakorolt hatás vizsgálatát tették lehetővé. A vizsgálatokhoz JEOL JSM 50A pásztázó elektronmikroszkópot és számítógépes vezérlésű képkalkoló rendszer alkalmaztunk (RÖNTEC). A belső magszerkezet vizsgálatánál különböző metszetekről készültek elektronmikroszkópos felvételek.

Amintakiválasztott részeitől pásztázó elektronmikroszkóppal azonos nagyításokban felvételek készültek a mintatartóra történt rögzítés után közvetlenül (0 perc) és rögzítéstől számított 10, 30, 60, 120, 600 perc elteltével.

Szilárd NMR-vizsgálatok

A vizsgálatok célja a kezeletlen, csiszolt fehér rizs, a mikrohullámmal jelen eljárás szerint hőkezelt rizs, valamint a Szarvasi Rizsüzemben hidrotermikus eljárással előfőzött szarvasi gyorsrizs összehasonlítása a keményítő hidrolízis mértéke szempontjából a CPMAS (Cross-Polarisation-Magic-Angle-Spinning) spektrumai alapján.

A készülék és a kísérleti paraméterek a következők voltak: Bruker Avance 400; Mérőfej: BS-4; hőmérséklet: 293K; keveredési idő: 2-3s; relax szünet: 6s; gerjesztések száma: 512-2024; bemérés: 85-110mg; mérési idő: 2-3 óra.

Rizsminták alacsony hőmérsékletű nitrogéngőz adszorpciója

A vizsgálatok célja a kezeletlen csiszolt (kiindulási) rizs, valamint a jelen eljárás szerint mikrohullámmal hőkezelt rizs teljes pórus térfogatának, - valamint a póruseloszlásoknak az összehasonlítása.

Az adszorpció/deszorpció izotermákat 77° K hőmérsékleten nagy tisztaságú N₂ gázzal, volumetrikus

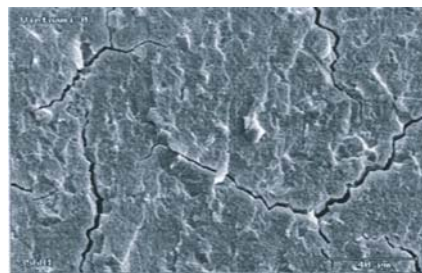
mérőberendezéssel (Quantachrome NOVA 2000) végeztük. A mérések alapján ábrázoltuk a pórustérfogat eloszlást a pórus átmérő függvényében.

3. Kísérletek és értékelésük

3.1 Előkísérletek

Kiindulási rizsminta (hántolt, csiszolt Vietnami A rizs) belső szerkezetének elektronmikroszkópos vizsgálata

A 13,6% nedvességet tartalmazó kezeletlen rizs hosszmeteszeteről készült elektronmikroszkópos felvétel az 1. ábrán látható.



1. Ábra. Kezeletlen, 13,6% nedvességet tartalmazó rizs elektronmikroszkópos metszeti képe.

A kezeletlen rizsszem metszeti képén jól láthatók a repedések, amelyek a szántóföldi kezeléseknél, valamint

1. Táblázat. Mesterséges nedvesítés hatása a kezeletlen „Vietnami A rizs” szilárdságára

Nedvesítési mód: Vizes merítés 20°C hőmérsékleten, utána 1 óra pihentetés		
Merítési idő (s)	Nedvesített rizs nedvessége (%)	Törésszám (%)
0	10,19	0-2
10	19,8	61-62
20	21,7	81-89
Nedvesítési mód: Zárt, meghatározott páratartalmú térben, 20°C-on		
Rel. páratartalom (%)	Egyensúlyi nedvességtartalom (%)	Törésszám (%)
telített NaBr felett: 57,6	14,3	5-10
telített K ₂ SO ₄ felett : 97,6	17,8	38-40
Nedvesítési mód: Bolygatott rizs rétegébe számított mennyiségű víz beporlasztása		
Nedvesítési idő (perc)	Nedvesített rizs nedvességtartalma (%)	Törésszám (%)
30	15,3	41
60	32	32

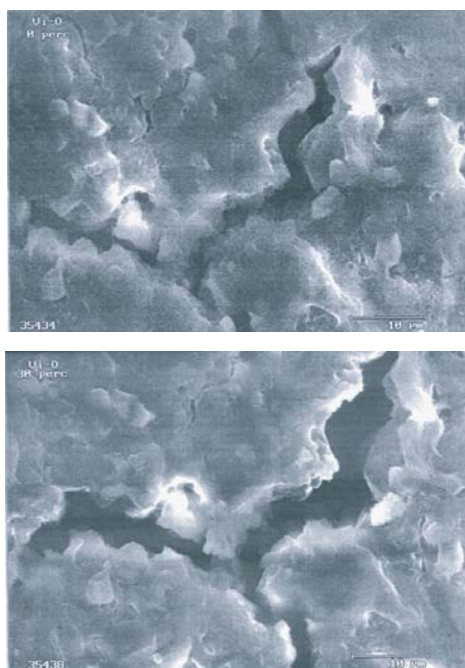
a hántolási művelet során keletkezhetnek. Szerepük a rizs vízfelvételénél játszhat szerepet, vagyis befolyásolhatja a kezeletlen rizs főzési idejét.

Mesterséges nedvesítés hatása a mag belső szerkezetére és szilárdságára

A mikrohullámú hőkezelés, azaz a mikrohullámú energiaabszorpció szempontjából nagy jelentősége van a rizs nedvességtartalmának. Vizsgálatokat végeztünk különböző körülmények között a rizsszem szilárdságára (törésszám) gyakorolt hatás tisztázása céljából. Az eredményeket az 1. táblázat tartalmazza. A mérésekhez „Vietnami A”, rizst használtunk, amelynek törésszáma 0-2 %. A mérési eredmények alapján megállapítható volt, hogy a rizsszem szilárdsága a nedvesítés hatására jelentősen csökkent.

Ezt az eredményt támasztják alá a merítéses módszerrel nedvesített rizsmintákról készített elektronmikroszkópos felvételek.

A 2a és a 2b ábrák a rizsszemek keresztmetszetéről készült elektronmikroszkópos felvételein (azonos nagyítások, közvetlenül,- valamint 30 perccel nedvesítés után) jól látható, hogy a repedések a nedvesítés után még tovább növekednek, aminek eredményeképpen a rizs törékennyé válik.



2. Ábra. Merítéses módszerrel nedvesített rizs elektronmikroszkópos képei.

2a. Ábra. Közvetlenül nedvesítés után.

2b. Ábra. Nedvesítés után 30 perc elteltével.

Figyelembe véve a nedvesítési kísérletek során nyert eredményeket, a továbbiakban a hántolt, csiszolt, a tárolás során beállított 13-14% nedvességet tartalmazó rizst közvetlenül mikrohullámmal hőkezeltük és vizsgáltuk a rizs minőségére (főzési idő, szilárdság, megjelenési forma, belső magszerkezet) gyakorolt hatást. Remélt pozitív eredmények esetén az áztatási, nedvesítési, valamint a mechanikus

vizeltávolítási műveletek elhagyhatók, sőt a végszárítás is kiküszöbölhető.

Rizsminták dielektromos állandójának és veszteségtényezőjének meghatározása a hőmérséklet függvényében

A mikrohullámú hőkezelés körülményeinek vizsgálatához értékes támpont a vizsgálandó rizsféleségek dielektromos jellemzőinek az ismerete. A dielektromos jellemzők hőmérsékletfüggése fontos információt adhat a rizs hőkezelése során a vizsgált hőmérséklet tartományban a mikrohullámú energia abszorpció esetleges hirtelen megnövekedésére (hőmérséklet megugrás).

A rizs dielektromos tulajdonságait egy a végén lezárt 2,45 GHz-re méretezett mikrohullámú tápvonalban mértük. A minta behelyezése után a tápvonalban kialakuló hullámfront a minta dielektromos jellemzőitől függően megváltozik. Ezt a változást érzékelik a tápvonalban elhelyezett dióda-detektorok. A detektorok jelének megfelelően egy automatikus mechanizmus a lezárás pozíciójának megváltoztatásával visszaállítja az üres mintatartónak megfelelő egyensúlyi állapotot. A lezárás pozíciójának megváltozásából a minta dielektromos állandója (ϵ'), a detektorokon mért feszültségjelek nagyságának megváltozásából a dielektromos veszteségi tényezője (ϵ'') számítható az alábbi összefüggések (1), (2) segítségével:

$$\epsilon' = 1 + \frac{a\lambda^2}{\lambda_T \pi^2 d^2} \operatorname{tg}(\beta * \Delta x) \quad (1)$$

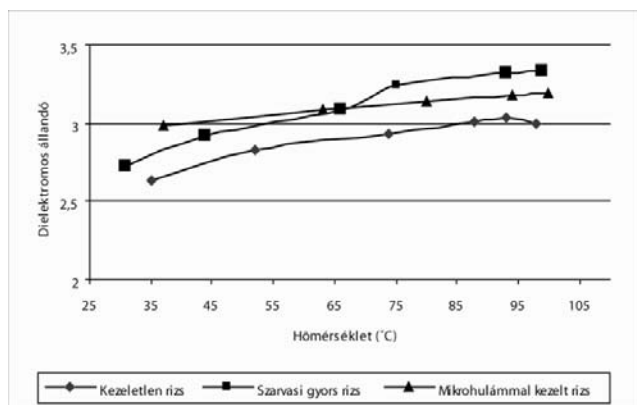
ahol: $\beta = \frac{2\pi}{\lambda_T}$, $\Delta x = x_1 - x_0$

$$\epsilon'' = \frac{a\lambda^2}{\lambda_T \pi^2 d^2} * \frac{1}{r}, \quad \text{ahol: } \frac{1}{r} = \sqrt{\frac{U_1}{U_3}}, \quad (2)$$

ahol a λ és λ_T a vákuumban illetve a hullámvezetőben kialakuló hullámhossz; a a tápvonal szélesebb oldalának mérete; d a mintatartó belső átmérője; U_1/U_3 a dióda detektorok által szolgáltatott feszültségjelek értékének aránya, az úgy nevezett állóhullám arány.

A mérések azt mutatták, hogy a dielektromos veszteségi tényező a vizsgált hőmérséklet tartományban nem változott, értéke 0,2 volt. Ezzel szemben a dielektromos állandó értéke növekedett a hőmérséklet növekedésével. Az eredmények azt mutatták, hogy a kezeletlen és a mikrohullámmal kezelt rizs esetében a görbék közel párhuzamosan haladnak és nincs számottevő, hirtelen dielektromos állandó változás. Ebből arra lehetett következtetni, hogy a rizs mikrohullámú hőkezelés során sem várható jelentős hőmérséklet megugrás. A hidrotermikus hőkezeléssel előállított szarvasi gyorsrizs esetében a zselatinosodási hőmérséklet tartományában (60-70 °C) a dielektromos állandó hirtelen megnövekszik, a hidrolízis folyamatának megindulását jelezve. Az eredményekből az a fontos következtetés vonható le, hogy a hidrotermikus eljárással előállított gyorsrizs esetében a keményítő részleges hidrolízise, a mikrohullámú hőkezelés esetén a mikroszerkezet lazulása ment végbe elősegítve ezzel a rizs gyors vízfelvételét.

A dielektromos állandó hőmérsékletfüggését a 3. ábra szemlélteti.



3. Ábra. Különböző rizsminták dielektrikus állandójának hőmérsékletfüggése.

3.2 Mikrohullámú kísérletek nagylaboratóriumi készülékben

A vizsgálatok célja a kiválasztott rizsfajtákkal („Vietnami A” és „Thaiföldi A”) mikrohullámú hőkezelési vizsgálatok végzése (áztatás, nedvesítés nélkül) jó minőségű gyors rizs előállítása céljából, valamint a hőkezelés optimális körülményeinek a meghatározása. Fontos szempont, hogy a hőkezelt rizs rétegén belül a hőmérsékleteloszlás, ezáltal a készre főzés ideje is egyenletes legyen. Méréseket végeztünk a mikrohullámú készülékben a kezelendő rizs rétegeiben kialakuló mikrohullámú energia-eloszlás meghatározására. A kezelendő mintában egy cm-ként perforált műanyag fóliát helyeztünk el, aminek lágyulási pontja 147 °C volt. Azok a rizs szemek, amelyek a kezelés során elérték ezt a hőmérsékletet beragadtak a fóliában, így vizuálisan láthatóvá vált egy adott rétegben, illetve a fóliák összessége alapján a kezelt minta egészében a kialakult hőmérsékleteloszlás.

E módszer előnye az általában használt más módokkal szemben, hogy az energia-eloszlás vizsgálata a gyakorlatban alkalmazásra kerülő mikrohullámú kezelésekkal azonos körülmények között, azonos anyaggal történik, így az eredmények a gyakorlati alkalmazások valós viszonyait tükrözték. A mérési eredmények alapján az energia-eloszlás a készülék alsó tálcájának terében volt a legjobb. A rizsminta rétegében a mikrohullámú energia eloszlása nagymértékben függ a réteg tömörségétől, magasságától, a mikrohullámú hőkezelés hatására a kb. 14% nedvességtartalmú rizsből fejlődő vízgőz áramlási viszonyaitól. A legegyszerűsebb energia-eloszlás a következő megoldás esetén alakult ki: A rizst (125 g-os adagokat) a kereskedelmi gyakorlatban használatos perforált műanyag „főzőtasakokba” töltve 6 tasakot szorosan egymás fölé rétegeztünk. A rizzsel töltött tasakokból álló csomagokat tetővel ellátott perforált falú polipropilénből készült dobozba helyeztük oly módon, hogy azok a doboz terét teljes mértékben, szorosan kitöltsék. A perforált dobozfallak, valamint a perforált tasakok maguk megfelelően nagy ellenállást jelentettek ahhoz, hogy a mikrohullám hatására keletkező vízgőz egyenletesen töltse ki a réteg terét anélkül, hogy számottevő vízgőz távozna el a rétegből. Ez igen fontos volt, mivel ezáltal teljesülhet az egyik fontos kívánalom, azaz, hogy a mikrohullámú hőkezelés során ne, - vagy csak kismértékű száradás következzen be.

A mikrohullámú hőkezelés optimális körülményeinek a meghatározása során a vizsgálatok kiterjedtek a fajlagos mikrohullámú teljesítmény, a kezelt rizs rétegmagassága (az egymás fölé helyezett tasakok száma), a kezelési idő és a vég hőmérséklet, a folyamatos és megszakításos kezelés által a termék minőségére gyakorolt hatások tisztázására. A legfontosabb eredményeket (három párhuzamos mérés átlaga) a 2. táblázat tartalmazza.

2. Táblázat. Optimális hőkezelési paraméterek meghatározása nagylaboratóriumi mikrohullámú készülékben

A kísérlet száma	Kezelt rizs tömege (g)	Rétegek, (tasakok) száma	Vég hőmérséklet (°C)	Kezelési idő (perc)	Fajlagos teljesítmény (W/g)	Rizs minősítése		
						Főzési idő (perc)	Törésszám (%)	Főtt rizsszem jellemzése
1	1500	2	101	4	1,0	12-13	1-3	töredezett
2	750	1	108	3	2,0	10-11	1-3	töredezett
3	3000	4	103	8	0,5	10-12	0-1	alaktartó, kevés törött
4	2250	3	102	6	0,67	12	0-1	alaktartó, kevés törött
5	5250	7	107	11	0,29	10-11	0,2	Alaktartó
6	6000	8	110	11	0,25	10-11	0	Alaktartó
7	4500	6	106	11	0,33	10-11	0-1	Alaktartó
8	750	1	113	4	2,0	9-10	30-45	Szétnyílt, törött szemek
9	600	8	111	2 x 11	0,25	10-11	1-2	Deformálódott szemek
10	5250	7	107	10+1+1	0,29	10-11	0-1	Szétnyílt, deformálódott szemek
11	5250	7	105	12	0,29	11	0-1	Alaktartó
12	3750	5	104	9	0,40	11-12	0-1	Alaktartó
13	3750	5	105	7+1+1	0,40	11-12	0-2	Szétnyílt, törött, ragadós szemek

A kísérletek eredményei alapján a következő megállapítások tehetők:

A termék minőségét meghatározó legfontosabb paraméterek a fajlagos mikrohullámú energia, a vég hőmérséklet, és a kezelési idő. Ezek együttesen határozzák meg az előállított gyors-rizs főzési idejét, szilárdságát, megjelenési formáját. A főzési idő alapvetően a vég hőmérséklettől függ, a megkívánt érték (10-12perc) 106-110°C tartományban elérhető nagy fajlagos mikrohullámú teljesítmény,- (2. kísérlet), valamint alacsony fajlagos teljesítmény (6, 7 kísérletek) esetén is. Nagy fajlagos teljesítmény alkalmazásánál a rizsszemek töredeztettek lesznek, ugyancsak csökken a gyors-rizs szilárdsága 110°C vég hőmérséklet felett (8. kísérlet), valamint megszakításos kezelésnél (10. és 13. kísérletek), utóbbi esetben feltehetően a rizsben keletkező feszültségek miatt.

A kidolgozott gyorsrizs előállítására szolgáló technológia (mikrohullámú hőkezelés átátás, nedvesítés, végszáritás elhagyásával) optimális paraméterei a nagylaboratóriumi készülékben végzett mérések alapján a következők voltak.

- Fajlagos mikrohullámú teljesítmény: 0,29-0,4 W/g,
- Mikrohullámú kezelési idő: 9-10 perc
- Kezelési technika: Hőkezelés fedővel ellátott, perforált falú műanyag dobozban. A doboz töltete 5-7db egymás fölé rétegezett, rizsszel töltött főzőtasakból álló,- szorosan egymás mellé helyezett csomag.

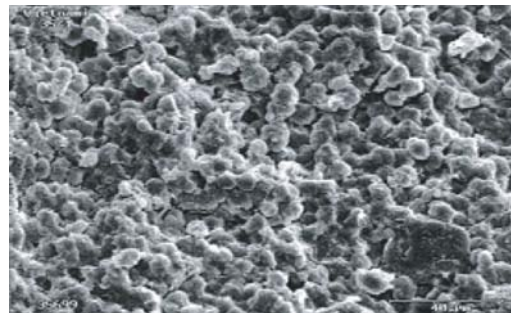
Ezen kezelési körülmények között a rizs vég hőmérséklete a tasakokban 105-110 °C tartományban változhat, az egyes rétegekben a hőmérséklet különbség maximálisan 2-4°C lehet. A hőmérséklet mérése a rizs rétegekbe helyezett mikrohullámú térben is alkalmazható folyadék hőmérővel történt. Az előállított gyors-rizs főzési ideje 10-11 perc (szemben a kezeletlen rizs 18-19 perces főzési idejével), a termék alaktartó fehér színű, pergős.

A nagylaboratóriumi kísérletek során meghatározott mikrohullámú kezelési paraméterek, mint alapadatok nyertek alkalmazást a félüzemi-, valamint az üzemi kísérletekben.

Feltételezve, hogy nedvesítés nélkül, csupán az egyensúlyi 12-14% nedvességtartalmú rizs mikrohullámú hőkezelésével a rizskeményítő hidrolízise, zselatinosodása nem, vagy csak igen kismértékben mehetett végbe, választ kerestünk a főzési idő csökkenésének okára. Ennek érdekében egyrészt elektronmikroszkópos felvételeket készítettünk a csupán mikrohullámmal hőkezelt rizsszem metszetről, másrészt, szilárdfázisú NMR vizsgálatokat végeztünk kezeletlen, valamint a kereskedelmi forgalomban kapható, hidrottermikus eljárással előállított, ún. szarvasi gyorsrizsszel, és a saját, száraz eljárással, azaz csupán mikrohullámú hőkezeléssel gyártott gyors-rizs termékkel. Alacsony hőmérsékletű nitrogéngőz adszorpciós vizsgálatokat végeztünk továbbá kezeletlen, valamint mikrohullámmal hőkezelt gyors-rizsszel a póruseloszlások és a teljes pórustérfogatok összevetése érdekében.

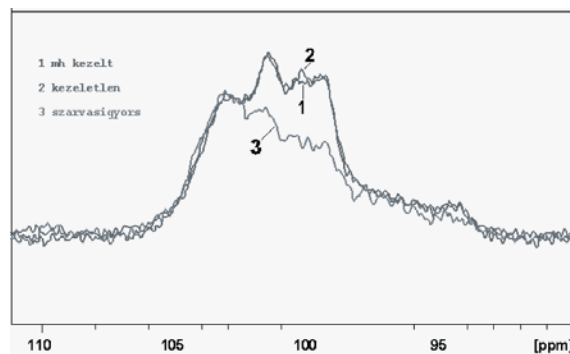
A mikrohullámú hőkezeléssel előállított gyors-rizs metszetről pásztázó elektronmikroszkóppal készült felvételt (4. ábra) összehasonlítva az 1. ábrán bemutatott, kezeletlen rizsről készült elektronmikroszkópos képpel,

egyértelmű a belső szerkezet változása, lazulása, mikro-szemcsézettivé alakulása.



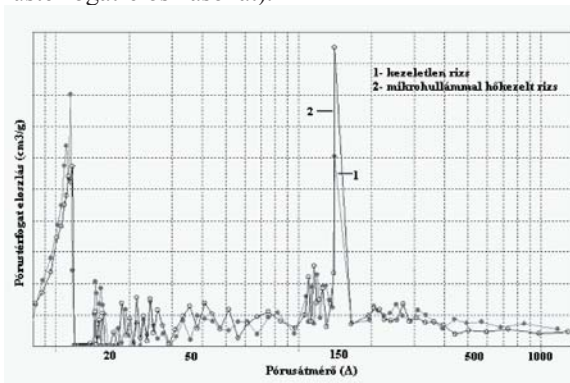
4. Ábra. Mikrohullámú hőkezeléssel előállított, 13,6% nedvességtartalmú „gyors-rizs” elektronmikroszkópos képe.

A szilárd fázisú NMR vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a mikrohullámmal hőkezelt és a kezeletlen rizs CPMAS spektrumai szinte teljes mértékben megegyeznek, jelezve, hogy a glikozidos kötésekben nem történt - a hidrolízisre jellemző - szakadás. Ezzel ellentétben a szarvasi gyorsrizs spektruma eltér az anomer szének (107-95ppm) és a hatos szének (-CH₂-OH) tartományaiban (5. ábra). E változások megfelelnek a várakozásnak, miszerint a hidrottermikus kezelések a glikozidos kötések szakadását eredményezik és így további -CH₂-OH csoportok jönnek létre.



5. Ábra. A kezeletlen, a Szarvasi-, valamint a mikrohullámú hőkezeléssel előállított gyors-rizs CPMAS spektrumai.

Az alacsony hőmérsékletű nitrogéngőz adszorpciós vizsgálatok eredményei alapján a mikrohullámú hőkezelés hatására a kezeletlen rizséhez képest nőtt a nagyobb pórusok összterfoga, míg a kisebb pórusoké valamelyest csökkent (lásd a 6. ábrán a pórusátmérő függvényében feltüntetett pórustérfogat-eloszlásokat).



6. Ábra. Kezeletlen, valamint mikrohullámmal hőkezelt rizs pórustérfogat-eloszlása a pórusátmérő függvényében.

A mérések alapján a teljes pórusterfogot nem változott a mikrohullámú hőkezelés hatására, értéke: 0.098 cm^3 . A vizsgálatok eredményei tehát igazolták azt a feltételezést, hogy mesterséges nedvesítés nélkül mikrohullámú hőkezelés hatására nem megy végbe a rizsben hidrolízis, zselatinosodás, a belső szerkezet azonban meghatározott mikrohullámú kezelési körülmények között „kíméletesen” fellazul, anélkül, hogy törekenységet idézne elő, azonban a vízfelvételt elősegíti, amit a készre főzés idejének csökkenése igazol.

4. Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton köszönik meg az EU INCO-COPERNICUS pályázat keretében nyújtott anyagi támogatást, valamint a kutatási-fejlesztési munkában résztvevő partnerüknek (ABO MILL Malomipari Zrt, Nyíregyháza, Karcagi Rizshántoló Üzem) a szakmai együttműködést és anyagi támogatást. Köszönetüket fejezik ki Szalontai Gábornak az

New Energy Saving Microwave Technology for Production of Short Cooking Rice of High Quality

Generally, consumable white rice can be cooked with usual kitchen techniques in about 20 minutes. During the long cooking time besides the decrease of enjoyment value, quality deterioration occurs as well because some of the valuable components dissolve in boiling water. These standpoints played an important role – in addition to the speeding up life – in the appearance of fast cooked rice products in the market and in the development of manufacturing processes.

The manufacturing processes used generally for the production of „short cooking time rice” consist of the following rather high water, time, and energy consuming steps: soaking the rice to increase the moisture content up to 35-40%; mechanical water removal; resting; heat treatment to hydrolyze the crystalline starch content (gelatinization); drying until the moisture content reaches the required 12-14%.

The authors decided to elaborate an up-to-date, in plant size adaptable microwave technology of reduced water, time, and energy demand for the production of short cooking time rice. The best way seemed to be the omission of some process steps, e.g. soaking, and drying.

Preliminary experiments were carried out to determine the minimum moisture content necessary for microwave heat treatment of rice to obtain rice product of reduced cooking time. For this reason white rice grains were moistened by different methods up to 35% water content. The moistened and microwave heated rice, however, became fragile and after ready cooking they were sticky of damaged frazzled surface. Electron microscopic pictures made from the cross-section of the moistened rice grains show the change in microstructure, that is the development of big cracks immediately (???) , and after thirty minutes following the moistening process (Figure 2a and Figure 2b). Thus, the results of the experiment showed that for the sake of obtaining good product quality the moistening process, as possible, should be omitted. Further measurements were performed to determine the value of the dielectric constant (ϵ') and dielectric loss factor (ϵ'') of rice), as well as their temperature dependence (Figure 3. and 4.). These results provide important information for the at heat (????) treatment process of rice. The curves of Figures 3. prove that in the case of microwave-heated quick rice no sudden increase in the

nmr spektrumok értékeléséért, valamint Gabona Júliának a kísérletek során végzett pontos és értékes munkájáért.

Hivatkozások

1. Gábor Miklósné *Az élelmiszerelőállítás kolloidikai alapjai*, Mezőgazdasági Kiadó: Budapest, **1987**.
2. Gasztonyi Kálmám *Az élelmiszerkémia alapjai*, Mezőgazdasági Kiadó Budapest, **1979**.
3. Kratochvil, U.S. Patent 5 316 783, **1994**; *Chem. Abstr.*
4. Gerhardt Erich; Lehrack Uwe, HU. Patent 200667, **1990** *Chem. Abstr.*
5. McCaskill, U.S. Patent 5 017 395, **1991**; *Chem. Abstr.*
6. Groesbeck, U.S. Patent 4 902 528, **1990**; *Chem. Abstr.*
7. McIlroy, U.S. Patent 5 130 153, **1992**; *Chem. Abstr.*
8. B.S. Vasan, *Journal of Food Science and Technology*, **1980**, 17, 246-247.
9. Kohlwey, U.S. Patent, 4 649 055, **1987**; *Chem. Abstr.*
10. Baz, U.S. Patent, 5 089 281, 0000; *Chem. Abstr.*
11. Taniguchi Morio, U.S. Patent 4 794 012, **1988**; *Chem. Abstr.*
12. Kendall, U.S. Patent 6 08225, **2000**; *Chem. Abstr.*
13. Velupillai, U.S. Patent 4 810 511, **1989**;
14. Hayashi, U.S. Patent 5 405 635, **1995**; *Chem. Abstr.*

value of dielectric constant or sudden temperature increase during the microwave treating processes can be observed. To elaborate a new energy-, water and time saving technology for the production of quick cooking rice of high quality, as well as to determine the optimum conditions of the heat treatment process, investigations were carried out in a laboratory-scale microwave oven type Panasonic Pro II. NE- 1540, provided by four magnetrons. Considering the results of moistening experiments, the microwave heat treatment processes were carried out with husked white rice of equilibrium moisture content (12-14%), that is, without previous moistening. To achieve uniform temperature distribution within the microwave treated rice layer the following method was used: The husked rice of 12-14% moisture content was filled into perforated plastic bags used for ready cooking. A number of bags were staged one above the other forming compact packages. These packages were placed in a perforated polypropylene box with a perforated lid and put into the microwave oven. The optimum process conditions are as follows: specific microwave power (W/g) = 0.3-0.5; microwave heating period = 9-10 minutes; maximum temperature at the end of microwave treatment = 100-105°C. The ready cooking time of the produced quick rice was 9-12 minutes, the rice grains are of required shape, surface and color, with a natural good taste. On effect of microwaves not hydrolysis, but microstructure changes proceed (Figure 4.), that is a loose, porous grain inside was obtained promoting water –absorbing capacity, hereby the reduction of the ready cooking time as well. To confirm these results Nuclear Magnetic Resonance measurements were carried out with untreated white rice, with rice sample treated by microwaves according to the elaborated technology, and with quick rice type „Szarvas” produced by the mentioned generally used technology containing more hydrothermic processes. On the basis of the obtained results it could be stated, that the CPMS spectra (Figure 5.) of untreated and microwave treated rice samples are quite similar proving that microwaves did not result disruption in glycoside-bondings typical of the hydrolysis process, contrary to the Szarvas type quick rice where the CPMS spectrum differs in the ranges of anomere-carbons / 107-95 ppm / and of six-carbons (-CH₂-OH). Results of the „low temperature nitrogen-vapour adsorption” measurements proved that the total pore-volume of larger pores increased, while the pore-volume of the smaller pores decreased on effect of microwave treatments. (Figure 6.). The results obtained in laboratory size microwave oven serve as basic data for pilot-size experiments and for the realization of an economical industrial microwave technology.