

Új energiatakarékos mikrohullámú technológia és berendezés rövid főzési idejű rizs előállítására

II. Hőkezelési vizsgálatok üzemi méretű mikrohullámú berendezésben, üzembehelyezés

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 Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék, Egyetem u. 2 H-8200 Veszprém, Magyarország

1. Bevezetés

Az értékes alkotóelemekből (szénhidrátok, fehérjék, ásványi sók, vitaminok) álló rizs fontos és közkedvelt, változatos formában elkészíthető táplálék. A learatott rizs kereskedelmi forgalomba általában hántolt, koptatott és polírozott formában (fehér rizs), illetve hántolt terméként (barna rizs) kerül.

A beltartalmi érték megőrzése szempontjából igen fontos a főzési idő csökkentése a vízben oldódó értékes alkotóelemek veszteségének elkerülésére. Ezen megfontolás alapján kerültek piacra a különböző előfőzési technológiákkal gyártott ún. „gyors főzési idejű” rizstermékek.^{1,2} E termékfélések előállítására kidolgozott technológiák közös jellemzője, hogy jelentős víz, energia és munkaigénnyel járó-, általában többfokozatú hidrotermikus műveletekből (áztatás, gőzölés, főzés), valamint végszárításból állnak. Hátrányt jelent a hidrotermikus műveletek során az értékes vízdoldható összetevőkben jelentkező veszteség.

Figyelembe véve a publikált gyártási technológiák előnyeit és hátrányait, a szerzők egy egyszerű, lényegesen kevesebb műveleti lépésből álló, gazdaságos, mikrohullámú energiát alkalmazó, üzemi méretben is megvalósítható technológiát és berendezést fejlesztettek ki, amely alkalmas jó minőségű „gyors-rizs” előállítására.^{3,4}

A nagylaboratóriumi készülékben végzett kísérleti eredmények alapján tett, a végleges üzemi technológiát meghatározó főbb megállapítások a következők:⁵

1. A rizs előzetes hidrolízisét (előfőzését) célzó áztatást el kell hagyni, mivel a mesterséges nedvesítés hatására az erősen higroszkópos rizsszemek szilárdsága jelentősen lecsökken.

2. A rizs dielektromos állandójának hőmérsékletfüggését vizsgálva megállapítást nyert, hogy a rizs mikrohullámú hőkezelése során nem várható a minőséget károsító gyors hőmérséklet megugrás. A vizsgálatok további eredménye azt bizonyította, hogy mikrohullámú hőkezelés esetén a rizskeményítő kismértékű hidrolízise, főként pedig a rizs mikroszerkezetének lazulása következik be. A mikroszerkezet fellazulása tehát megfelelő körülmények között végzett mikrohullámú hőkezelés hatására a szilárdság

csökkenése nélkül segíti elő a rizs gyors vízfelvételét, vagyis a készre- főzés idejének csökkenését. Ez tehát azt jelenti, hogy a mesterséges nedvesítés (áztatás) elhagyható, következésképpen a végszárítás is, vagyis a hántolt, koptatott fehér rizs mikrohullámú hőkezelése közvetlenül az egyensúlyi (tárolás során beállt) nedvességtartalmú rizsszel végezhető el.

3. A mikrohullámú hőkezelés optimális körülményeinek meghatározásánál, elsődleges szempont a mikrohullámú energia egyenletes eloszlásának biztosítása a kezelendő rizs rétegében, valamint a kiindulási (egyensúlyi) nedvességtartalom megőrzése, vagyis a mikrohullámú hőkezelés során a rizs számottevő száradásának elkerülése. Nagylaboratóriumi körülmények között a legegyszerűsebb energia-eloszlást abban az esetben sikerült biztosítani, amennyiben a rizs mikrohullámú hőkezelését perforált műanyag „főzőtasakokban” végezzük. A megtöltött és szorosan egymás fölé helyezett tasakokból álló kis csomagok ellenállása révén a mikrohullámú hőkezelés hatására keletkező vízgőz egyenletesen oszlik meg a rétegben anélkül, hogy számottevő száradás következne be.

4. A nagylaboratóriumi kísérletek eredményei alapján jó minőségű (10-11 perc főzési idejű) gyorsrizs állítható elő a tárolás során állandósult egyensúlyi nedvességtartalmú (12 - 14%-os) hántolt és koptatott rizsből mikrohullámú hőkezeléssel 0,29 - 0,4 W/g fajlagos mikrohullámú teljesítmény mellett.

2. Kísérleti rész

2.1 Szállítószalaggal ellátott, folyamatos működésű üzemi méretű mikrohullámú berendezés

A LinnHigh Therm cég által gyártott, MDBT-20 270x120/4300 típusú mikrohullámú berendezés egymással kompatibilis 13 db mikrohullámú kezelőelemekből áll (1. ábra). Ezeknek száma tetszés szerint változtatható a termelési kapacitásnak megfelelően. A konstrukció széleskörű lehetőséget nyújt pl. pihentető szakaszok beiktatására, az egyes kezelőelemekben eltérő mikrohullámú teljesítmény bevitelére. Mindegyik kezelőtér 2 db 800W-os, 2,45 GHz frekvencián működő magnetronnal van ellátva.

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

A mikrohullámú hőkezelő berendezés mindkét végén a kezelőelemekkel azonos kialakítású ún. abszorberzóna van beépítve a mikrohullám kijutásának megakadályozására. A kezelőelemeken keresztül igény szerint levegő is átáramoltatható. A folyamatos üzemelést a kezelőelemeken

átfutó szállítószalag biztosítja. A berendezés további előnye az egyenletes energiaeloszlás, ami a mikrohullámú kezelőtér hengeres kialakításának és a magnetronok speciális-, a készülék palástja mentén hengeres alakban kiképzett elhelyezésének köszönhető.



1.Ábra. A Karcagi rizshántolóban üzembe helyezett MDBT-20/4300 típusú üzemi mikrohullámú hőkezelő berendezés.

2.2 Szállítószalaggal ellátott, folyamatos üzemű mobil félüzemi mikrohullámú berendezés

A félüzemű mobil mikrohullámú berendezésben a nagylaboratóriumi hőkezelési vizsgálatok „quasi optimális” körülményeinek ellenőrzését, adaptálhatóságát vizsgáltuk. A félüzemi mikrohullámú berendezés az üzemi MDBT-20 270x120/4300 Linn-típusú berendezéssel azonos kialakítású és méretű, de csak 4 hengeres hőkezelő elemből áll. Főbb műszaki adatai azonosak az üzemi méretű berendezésével, figyelembe véve természetesen a csökkentett hőkezelő elemek számát.

2.3 Adaptációs kísérletek félüzemi mikrohullámú készülékben

A kísérletek célja a nagylaboratóriumi (szakaszos) mikrohullámú készülékben kapott eredmények adaptálhatóságának vizsgálata félüzemi méretű (folyamatos) mikrohullámú berendezésre, valamint üzemeltetési tapasztalatok szerzése az üzemi megoldáshoz.

2.3.1 A mikrohullámú energiaeloszlás vizsgálata

A kísérleteket a [7] publikációban részletezett módszer szerint végeztük perforált falú polipropilén dobozban, egymás fölé rétegeztett „Thaiföldi A” rizzzel. Az egyes rétegeket lézeres lyuggatású fólia választotta el egymástól. A hőmérséklet alakulását az egyes rétegekben mikrohullámú térben használható hőmérőkkel, a doboz közepén pedig üvegszálás mérőfejjel követtük. A mérések során változtattuk a kezelt rizs tömegét (3,5kg -10,5kg), a fajlagos mikrohullámú teljesítményt (0,61 W/g -1,8 W/g), a hőkezelés idejét (7,7 perc-22 perc).

Az energia-eloszlás vizuális megjelenítése,- valamint az egyes rétegekben kialakuló hőmérsékletek összehasonlítása alapján végzett értékelés szerint a félüzemi berendezés mikrohullámú terének homogenitása jó (az egyes rétegek közötti hőmérséklet eltérés maximálisan 2°C), kivéve a szállítószalag haladási irányával párhuzamos oldalakon, ahol 4-5cm-es sávban a rizs hőmérséklete 15-20°C-al magasabb volt, mint a dobozban levő rizstöltet többi részein. A hőmérséklet növekedését e sávban jelezte a rizs barnulása, pörkölődése is. Ez tehát azt jelenti, hogy míg a szállítószalag haladási irányára merőlegesen mindkét irányból azonos mikrohullámú energia éri a rizstöltetet, addig a szállítószalag haladási irányában többlet mikrohullámú energia jelentkezik. Ennek a jelenségnek a kiküszöbölésére a 3 dobozt alkalmaztunk szorosan egymás után helyezve a szállítószalagra. A középső dobozban az energiaeloszlás egyenletessé vált, mivel az előtte, illetve a mögötte levő dobozokban a „puffer” rizstöltet elnyelte az átlagosnál nagyobb, a szállítószalag haladási irányában kialakuló mikrohullámú energia többletet. A félüzemi adaptációs kísérleteknél ezt az eredményt figyelembe kell venni, vagyis az értékelésre kerülő rizsminta előtt és után „puffer”- rizscsomagokat helyeztünk el.

2.3.2 Mikrohullámú hőkezelési kísérletek félüzemi mikrohullámú berendezésben

A félüzemi berendezésben a nagylabor kísérletek során meghatározott „optimális” hőkezelési paraméterekhez képest csak közel azonos értékeket lehetett beállítani. Ennek oka a kétféle mikrohullámú rendszerben a mikrohullámú kezelőtér és a kezelt minta térfogatarányaiban fennálló jelentős eltérés (Az NE-1540 típusú nagylabor készülékben

ez az arány 7:1, míg a félüzemi berendezésben 28:1 volt.)

A kísérletek körülményeit, valamint a vizsgálati eredményeket a 1. táblázat tartalmazza. A kiindulási (kezeletlen) Thaiföldi A rizs főzési ideje 19 perc, a szilárdságra jellemző törésszám 0-1, azonban készre főzés után hosszában megnyílt szemeket tartalmaz (1. kísérlet). A hőkezelt termék szilárdságát, megjelenési formáját és a

készrefőzés idejét a fajlagos mikrohullámú teljesítmény és a hőkezelés vég hőmérséklete együttesen határozzák meg. Így például nagy W/g értékeknél (3. kísérlet) még alacsony hőmérséklet esetén is csökken a szemcsék szilárdsága, míg alacsony W/g értéknél, de nagy vég hőmérséklet esetén is hasonló az eredmény (6. kísérlet). Előnyösnek mutatkozott a 0,40 - 0,45 W/g fajlagos teljesítmény és 102-104°C vég hőmérséklet (5. kísérlet).

1. Táblázat. Félüzemi mikrohullámú hőkezelési kísérletek „Thaiföldi A” rizzsel.

Kísérlet száma (minta jele)	Hőkezelés módja	Fajlagos teljesítmény (W/g)	Hőkezelési idő (perc)	Rizsminták vég hőmérséklete (°C)	A rizs minősítése		
					Főzési idő (perc)	Törésszám (%)	Készre-főzött rizs jellemzése
1. Thaiföldi A rizs	Kezeletlen rizs				19	0-1	Több hosszában megnyílt szem
2.	Rizs perforált falú dobozban puffér rizs a töltet előtt és után	0,426	18	103-106	10-11	10-15	Több Hosszában megnyílt szem, a felület picit rojtos
3.	Rizscsomagok közvetlenül a szállítószalagon, puffér rizs nélkül	0,641	11	98-102	11-12	2-4	Duzzadt, hosszában megnyílt szemek
4.	„	0,512	20	102-106	11	2-4	Több hosszában megnyílt szem
5.	Rizscsomagok közvetlenül a szállítószalagon, puffér alkalmazás	0,426	15	102-104	11-12	0	Szép, duzzadt szemek
6.	„	0,376	25	116	10	32	Hosszában megnyílt szemek, a felület rojtos

2.4 Hőkezelési kísérletek üzemi méretű mikrohullámú berendezésben, tartós üzemeltetés

A nagylaboratóriumi-, valamint a félüzemi kísérletek eredményeire támaszkodva az üzemi kísérletek fő célja, hogy megfelelő alapul szolgáljon az üzemi technológia, és a mikrohullámú berendezés esetleges módosításához, figyelembe véve az alábbi szempontok teljesülését:

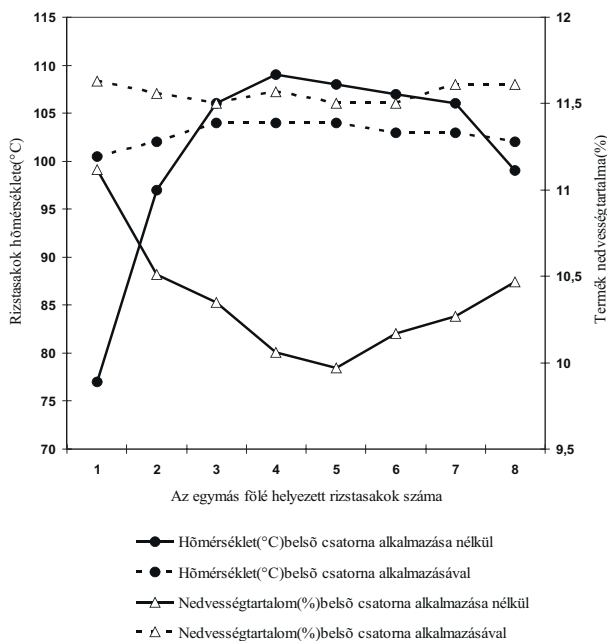
- a hőkezelés paramétereit úgy kell megválasztani, hogy a rizsszem belső szerkezetének módosulása (lazulása, pórusméretek változása, repedése keletkezése, stb.) csak olyan mértékű legyen, hogy a szilárdságot ne csökkentse, de elősegítse a rizsszem vízfelvételét,
- a mikrohullámú hőkezelés során csak kismértékű száradás menjen végbe,
- a végtermék (gyors-rizs) jó minőségű, amennyiben a főzési idő 10-12 perc, a rizsszem megfelelő szilárdságú (törésszám: 0-2), a készre-főzött gyors-rizs duzzadt, alaktartó, sima felületű szemekből áll, jó természetes ízű és fehér színű.

A fenti szempontok teljesülése érdekében a következő technológiai és készülék-konstrukciós módosítások váltak szükségessé:

- a hőkezelés során bekövetkező száradás elkerülésére, valamint a rizsszem belső szerkezetének megfelelő módosulása érdekében a mikrohullámú hőkezelést

meghatározott, 90-95°C hőmérsékletű nedves vízgőz atmoszférában kell megvalósítani. Ennek a feltételnek a betartása érdekében a következő módosításokat kellett végrehajtani:

A mikrohullámú kezelőtér megfelelő mértékű lecsökkentése érdekében (a mikrohullámú kezelőtér és a kezelőtérben levő rizscsomagok térfogataránya = 3:1) a mikrohullámú berendezés belsejébe egy speciális alakú és meghatározott méretekkel rendelkező műanyag csatornát kell beépíteni, ami a kifejlesztett technológia másik fő követelménye. A folyamatos üzemelést biztosító szállítószalag ebben a műanyag csatornában szállítja a hőkezelő elemeken keresztül a ráhelyezett rizscsomagokat. A lecsökkentett térfogatú mikrohullámú kezelőtérben a nedves vízgőz atmoszféra könnyen előállítható (pl. az értékelhető kísérlet, illetve a termelés megindítása előtt az e célra szolgáló nedves rizzsel, amelyet a megfelelő atmoszféra kialakulásáig a mikrohullámú kezelőtérben - a belső csatornában- oda-vissza szállítunk). Az így kialakított gőz-atmoszféra egyenletesen hatja át a tömör rizscsomagokat, gátolja a rizs száradását. Az így megvalósított hőkezelési körülmények között a tömör rizscsomagokban egyenletessé válik a hőmérséklet-eloszlás ami egyúttal egyenletes nedvességtartalmat, és főzési időket eredményez. A 2. ábrán a rizscsomagokban a hőmérséklet-, és nedvességeloszlást tüntettük fel csatorna nélkül, valamint csatornával ellátott berendezésben



2. Ábra. Hőmérséklet-, és nedvességeloszlás belső csatornával ellátott-, és csatorna nélküli mikrohullámú berendezésben hőkezelt, egymás fölé helyezett rizszaszakokban.

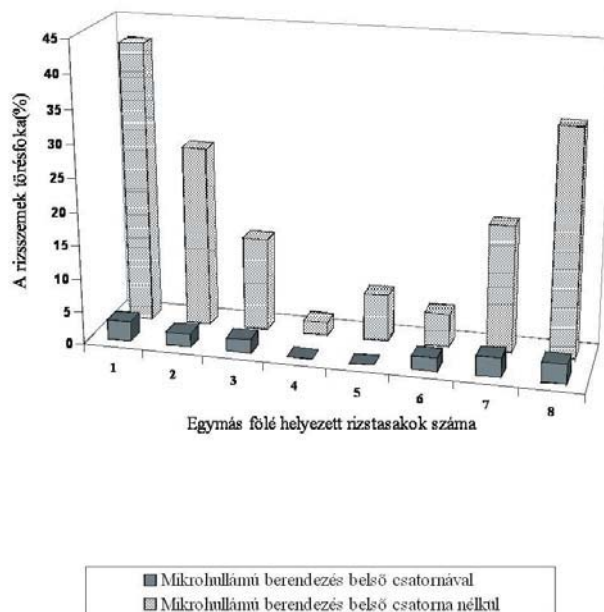
A mikrohullámú hőkezelés során a rizscsomagokat körülvevő vízgőznek a hidegebb készülék falon bekövetkező kondenzációja révén vízcseppek kerülhetnek a rizscsomagokat alkotó rizzzel töltött perforált tasakokra, elsősorban a felső 1-2 tasakra. Az erősen higroszkópos benedvesedett rizs ezáltal törékennyé válik. Ennek elkerülésére a mikrohullámú berendezésbe beépített csatorna teteje megfelelő szögben kiképzett háztető alakú, a belső felület pedig a vízcseppek levezetése céljából barázdált. A csatorna alján az oldalfalak mentén vályúszerű mélyedés fut végig a lefolyó vízcseppek összegyűjtésére, illetve levezetésére.

Az 3. ábrán a csatorna nélküli, illetve speciális kialakítású csatornával ellátott mikrohullámú berendezésben hőkezelt rizscsomagot alkotó, - egymás fölé helyezett rizzzel töltött tasakokból vett - rizsminták törési fokának mért értékeit, vagyis a rizscsomag magassága mentén a rizs szilárdságára jellemző törési fok értékeket mutatjuk be. Mint azt az ábrán feltüntetett diagram bemutatja, a csatornával ellátott mikrohullámú berendezésben a hőkezelt rizs törékenysége minimális, míg a tört szemek aránya a csatorna nélküli mikrohullámú berendezésben akár a 40%-ot is elérheti.

A kísérleti üzemi gyártás (12 óra üzemelés) során a gyorsrizs főbb minőségi adatait félóránként vett minták elemzése alapján határoztuk meg. A készre főzés ideje 9-10 perc között változott, a törésszám 0-4 tartományon belül volt. A termék nedvességtartalma 13,6%, íze, színe is jól megfelelt a követelményeknek. A Karcagi Rizshántolóban üzemelő mikrohullámú berendezés jelenlegi termelési kapacitása 300 kg gyorsrizs/óra.

Folyamatos üzemi gyártás során a hőkezelést 0,45 W/g fajlagos teljesítmény mellett, 15 perces kezelési idő beállításával végeztük. A gyors rizs termék főbb minőségi

adatait félóránként vett minták elemzése alapján határoztuk meg. A főbb minőségi adatokat a 2. táblázatban tüntettük fel.



3. Ábra. Csatorna nélküli, valamint csatornával ellátott mikrohullámú berendezésben hőkezelt, -a rizscsomagot alkotó főzőtasakokból vett- rizsminták törési fok értékei.

A mikrobiológiai tisztaság megfelelése a mikrohullámú energia által a mikrobiológiai szennyezésekre gyakorolt hatás következménye. Ehhez az eredményhez még nagymértékben hozzájárult, hogy a rizs hőkezelése az új technológia szerint már végleges kiszerezésben (perforált műanyag zacskókban) végezhető, így a termék a hőkezelést követően már nem kerül érintkezésbe a környezettel. Mivel a késztermék nedvességtartalma nem haladja meg a mikrobiológiai stabilitáshoz szükséges értéket, így utólagos szárításra nincs szükség.

2. Táblázat. Tartós üzemi gyártás során vett minták főbb minőségi adatai.

Fél óránként vett minták minőségére jellemző adatok	Átlag értékek
A kiindulási hántolt rizs nedvességtartalma	14,3%
A hőkezelt rizstermék nedvességtartalma	13,6%
A készre főzés időtartama (perc)	9-10
Törési fok	0-4%
A termék íze	jó
A termék színe	fehér
Mikrobiológiai tisztaság	megfelel a követelményeknek

A piaci értékesítéshez szükséges a mikrohullám által a rizs aminosav tartalmára gyakorolt hatás tisztázása. A vizsgálatokat a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karán működő Biokémiai és Élelmiszerkémiai Tanszékén végezték el. A vizsgálatok célja kezeletlen illetve hőkezelt minták D-aminosav tartalmának meghatározása. A mérések során 5 db kezeletlen és 5 db mikrohullámmal hőkezelt rizsminta

3. Táblázat. A gyors rizs gyártására kifejlesztett üzemi méretű mikrohullámú berendezés főbb műszaki és elektromos adatai.

Műszaki és elektromos jellemzők	Adatok
A mikrohullámú berendezés külső mérete (mm)	66x1200x2200
A mikrohullámú hőkezelő kamra hasznos hossza (m)	4,3
A belső csatorna szabad keresztmetszete (mm)	270x120
A hőkezelő kamrák (elemek) száma	15
A magnetronok száma	26
A szállítószalag mérete (mm)	270x20000
Maximális terhelhetőség (kg)	100
Kilépő mikrohullámú teljesítmény (W)	26x 800
A frekvencia illesztett terhelésnél (GHz)	2,45

D-aszparaginsav-, D-glutaminsav-, illetve D-alanin-tartalmának analizisét végezték el. Mivel ez a három aminosav teszi ki együttesen a fehérje 35%-át, ezeket választották a vizsgálatok céljául. Amennyiben ezeknél a vizsgált aminosavaknál nem mérhető racemizáció, akkor igen nagy valószínűséggel a D-aminosav tartalom növekedése a többi aminosavnál sem következik be. Az elemzéseket a Hitachi Merck LaChrom nagyhatékonyságú folyadékkromatográffal, fluoreszcens detektálással végezték. Az eredményeket értékelve megállapítást nyert, hogy a kezelt és kezeletlen minták D-aminosav aránya – ismerve a meghatározás hibahatárát, illetve az azonos mintából elvégzett párhuzamos analízisek szórását – azonosnak tekinthető. Tehát a mikrohullámú hőkezelés nem okozott D-aminosav növekedést, racemizációt a vizsgált rizsmintákban.

4. Táblázat. Kezeletlen és mikrohullámmal hőkezelt minták aminosav módosulatainak %-os tartalma.

Mintaszám	Megnevezés	D-Asp% ¹	D-Glu% ¹	D-Ala% ¹
2700	kezeletlen rizs	4,3	3,2	2,2
2705	MH kezelt rizs	4,3	3,1	2,0
2701	kezeletlen rizs	4,3	2,8	1,7
2706	MH kezelt rizs	4,6	3,0	1,9
2702	kezeletlen rizs	4,4	3,0	2,2
2707	MH kezelt rizs	4,6	2,7	1,4
2703	kezeletlen rizs	4,5	2,6	1,7
2708	MH kezelt rizs	4,7	2,8	2,1
2704	kezeletlen rizs	4,6	2,3	1,8
2709	MH kezelt rizs	4,8	2,3	1,7

$$I = \left(\frac{D}{D+L} \cdot 100 \text{ arány} \right)$$

ahol D illetve L a D-aminosav illetve L-aminosav mennyiségeket jelenti.

3. Összefoglalás

A kereskedelmi forgalomban levő fehér rizs a szokásos konyha-technikával általában 20 perc alatt megfőzhető. A hosszú főzési idő eredményeképpen a rizs elvesztheti élvezetes ízét, emellett minőség romlás is bekövetkezhet a vízdoldható értékes alkotórészeknek a főzővízbe jutása révén. Mindezen szempontok fontos szerepet játszottak a felgyorsult életvitel mellett a különböző gyors főzési idejű, illetve félig megfőzött rizstermékek piaci megjelenésében és a különböző technológiák kifejlesztésére irányuló törekvésekben. Közös jellemzője és egyúttal a legfőbb közös hátránya a korábban gyors főzésű rizs gyártására kidolgozott technológiáknak, hogy a megfelelően előfőzött késztermék csak több, -jelentős víz és energia igénnyel bíró műveleti lépésen keresztül állítható elő.

Figyelembe véve a hagyományos technológiák hátrányait, a fejlesztés célja egy egyszerű, gazdaságos, környezetbarát, üzemi méretben megvalósítható mikrohullámú technológia és berendezés kifejlesztése jó minőségű gyorsrizs előállítására.

A kidolgozott technológia alkalmas a piaci követelményeknek megfelelő, jó minőségű gyors főzési idejű rizs gyártására egyetlen hőkezelési művelet és a különböző gyártási módoknál egyaránt szükséges hűtés megvalósításával.

A főzési idő megkívánt mértékű csökkentése a megfelelő körülmények között végzett (10-15 perces) mikrohullámú hőkezelés hatására bekövetkező részleges keményítő zselatinosodás (hidrolízis) és a rizsszem mikroszerkezetének módosulása (laza, pórusos magbelső) révén teljesül.

A kutatás-fejlesztési eredmények alapján egy megadott magyar szabadalom és egy nemzetközi találmányi bejelentés született, a közzétételi szakasz befejeződött.^{3,4} A nemzetközi szabadalom alapján a további találmányi bejelentések születtek meg, melyeknek közzététele is befejeződött.⁶

Az új mikrohullámú technológiával előállított gyorsrizs termék 2004-ben díjat nyert Németországban /R.I.O. (Ressourcen Input Optimierung) Innovationspreis 2004/, valamint Magyarországon /FOODAPEST 2004/.

A kidolgozott technológia főbb előnyei:

- A kidolgozott technológia alkalmas a piaci követelményeknek megfelelő, jó minőségű gyors főzési idejű rizs gyártására egyetlen hőkezelési művelet és a különböző gyártási módoknál egyaránt szükséges hűtés megvalósításával.
- Az eddigi gyártási eljárások jelentős energia, víz felhasználással, idő, valamint munkaerőigénnyel járó műveletei (áztatás, pihentetés, mechanikai vízelvonás, szárítás) az új mikrohullámú technológia esetén elmaradnak.
- A főzési idő megkívánt mértékű csökkentése a megfelelő körülmények között végzett (10-15 perces) mikrohullámú hőkezelés hatására bekövetkező mikroszerkezet módosulás (laza, pórusos magbelső), valamint részleges keményítő zselatinosodás (hidrolízis) révén teljesül.
- A rizs mikrohullámú hőkezelése végleges kiserelésben

(perforált műanyag-zacskókban) végezhető el, következésképpen elkerülhető a mikrobiológiai, vagy mechanikai szennyeződés.

- A mikrohullámú technológiával előállított rizs-termék rendelkezik a korábbi, lényegesen bonyolultabb, több műveleti lépésből álló gyártási eljárásoknál elérhető előnyökkel.

Összefoglalva, a jó minőségű gyors főzési idejű rizs gyártására kifejlesztett mikrohullámú technológia és berendezés egyszerű, környezetbarát, csökkentett energia, idő és vízfelhasználást igénylő hőkezelési eljárás.

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

5. Bibliográfiai hivatkozások

1. Gerhardt Erich; Lehrack Uwe, HU. Patent 200667, **1990** *Chem. Abstr.*
2. Taniguchi Morio, U.S. Patent 4 794 012, **1988** *Chem. Abstr.*
3. Vass András; Pallai Ivánné; Fazekas Gyula; Kovács János; Édes István, HU. Patent 224862, **2002** *Chem Abstr*;
4. Linn Horst; Vass András; Pallai Ivánné; Fazekas Gyula; Kovács János; Édes István, Patent WO03073867 (A1), **2003**
5. Pallai-Varsányi, E.; Gölle, A.; Vass, A. Új energiatakarékos mikrohullámú technológia és berendezés rövid főzési idejű rizs előállítására I. Hőkezelési vizsgálatok nagylaboratóriumi mikrohullámú készülékek, üzembehelyezés, *Magyar Kémiai Folyóirat* **2008**, *114*, 50.
6. US 2005280307 (A1)
JP 2005531294 (T)
EP 1496756 (A1)
CN 1646030 (A)
CN 100346714 (C)
7. Vass András; Pallai Ivánné, Hőmérséklet-eloszlás szemcsés anyagok mikrohullámú kezelése során. Műszaki Kémiai napok **2003**, Előadás vázlatok 436. Veszprém, 2003 április 8-10.

6. 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 were extracted in boiling water. These standpoints played an important role – in addition to the speeding up life – in the appearance of short cooking time 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; 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 experiments⁵ proved that the moistened and microwave heated rice became fragile and after ready cooking they were sticky of damaged frazzled surface. 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. in reference 5.). These results provide important information for the MW 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 value of dielectric constant or sudden temperature increase while the microwave treating processes can be observed. Considering the results of moistening experiments, the microwave heat treatment processes were carried out with husked white rice of equilibrium moisture content (12-14%) depending on the storage conditions, 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 stacked 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 = 10-15 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 colour, with a natural good taste. Under the microwaves, not hydrolysis but microstructure changes proceed (Figure 4. in reference 5.), that is, a loose, porous grain inside was obtained promoting water absorbing capacity, hereby the reduction of the ready cooking time as well.

It is basically important, that no drying, but partly gelatinization and mainly microstructure modification happens. Results of "low temperature nitrogen-vapour adsorption" measurements proved that the total pore-volume of larger pores increased, while the pore-volume of smaller pores decreased on effect of microwave treatments (Figure 6. in reference 5.).

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.

Experiments of industrial scale were carried out in a microwave equipment of type MDBT-20 (270x120/4300) elaborated by Lynn High Therm GmbH in Germany (Figure 1). Technical data of the microwave equipment are demonstrated in Table 3.

The main advantage of this microwave oven type is its uniform energy distribution due to the cylindrical form of the microwave treating chambers and to the special placement of magnetrons. Further advantage of the Linn-type microwave equipment is that it consists of more compatible treating elements the numbers of which are optionally changeable according to the required capacity.

To fulfill these requirements the following technology was elaborated and implemented. The hulled rice of equilibrium moisture content (12-14%) was filled into perforated plastic bags used for ready cooking. The portion of rice filled in each bag was 125g. A number of bags (e.g. 8-9 bags) were staged one above the other forming in these way compact packages. These packages were then placed close to each other on the band-conveyer working in

the microwave furnace. In order to realize a uniform heat-treatment and also to avoid notable drying the rice packages should be treated in a wet (water vapor) atmosphere of certain temperature. For this reason the microwave oven was provided with an inner tunnel of special shape and dimensions. The rice packages were moved by means of the band-conveyer through that tunnel where in the tunnel a wet atmosphere of 90-95°C was generated, in the environment of the rice packages. The wet atmosphere formed from the moisture content of the microwave heated rice penetrates uniformly the compact rice packages. Consequently, the temperature distribution in the rice packages became uniform resulting in a uniform product quality and a uniform ready cooking time too. The temperature and moisture content distribution, as well as the fragility index of the microwave treated rice product obtained in microwave equipment with and without inner channel are demonstrated on Figure 4. and Figure 5 respectively.

Also the fragility of the rice grains, due to the moistening effect of the water drops, arose as a consequence of the water vapor condensation on the cooler walls of the microwave oven. However, in the case of microwave oven with inner tunnel the fragility diminished to the accepted value (Figure 5.).

The tunnel, was formed with a special roof-like top area preferably angled and grooved for collecting water drops or steam to diminish in this way the moistening of rice. Also the bottom part was formed with channels to drain the condensed steam and the collected water drops away.

The quality of the short cooking time rice produced by the developed microwave method under industrial conditions met the requirements (Table 2.).

The appropriate microbiological cleanness could be fulfilled by the use of microwave energy which affects adversely microbiological contaminations and by the rice treated even in the final packaging of ready cooking rice products. As it can be seen, the final moisture content (11.7%) does not exceed the microbiological stability value, consequently, there is no need for additional high energy drying. The most important technical data of the elaborated microwave equipment of industrial scale are demonstrated in Table 3. Present capacity of the elaborated microwave equipment of industrial size working in Hungary: 300 kg rice / hour

In summary, the new procedure is a simple, environment friendly, energy- and water saving, economical and delicate heat treatment process.

The inner channel was formed with a special roof-like top area preferable angled and grooved for collecting water drops condensed on the colder walls of the channel. In this way the moistening of the upper rice bags was diminished.

The quality of the short cooking time rice produced by the developed microwave method under industrial conditions met the requirements (Table 2.).

The appropriate microbiological cleanness could be fulfilled by the use of microwave energy which affects adversely microbiological contaminations and because the rice was treated even in the final packaging used for ready cooking rice products. As it can be seen the final moisture content was 13.6%, consequently there is no need for additional drying of high energy demand