

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KAPCSÁNDI VIKTÓRIA

**MOSONMAGYARÓVÁR
2015**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI
NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
BIOLÓGIAI RENDSZEREK MŰSZAKI INTÉZETE
MOSONMAGYARÓVÁR

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi
Multidiszciplináris Doktori Iskola
Pulay Gábor Élelmiszertudományi Doktori Program

Doktori Iskola vezetője:

Prof. Dr. Neményi Miklós, CMHAS
egyetemi tanár

Programvezető:

Prof. Dr. habil. Szigeti Jenő, CSc
egyetemi tanár

Témavezetők:

Prof. Dr. Neményi Miklós, CMHAS
egyetemi tanár

Dr. Lakatos Erika, PhD
egyetemi docens

**Mikrohullámú kezelés hatása a *Saccharomyces cerevisiae*
élettevékenységére, a szőlőmust erjedésére és a cellulózbontás
folyamatára**

Készítette:

Kapcsándi Viktória

MOSONMAGYARÓVÁR
2015

1. KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Kutatásai során a szerző elsőként a 2,45 GHz-es mikrohullámú sugárzás hatását vizsgálta az élő sejtekre valamint enzimekre. A mérések során elsősorban *Saccharomyces cerevisiae* kezelésével próbálta detektálni és meghatározni a mikrohullámú sugárzás nem termikus hatásának mértékét. A kutatásokat annak reményében végezte, hogy választ kaphat arra, hogy a mikrohullám hatással van-e a sejtek szaporodási- és erjesztési tulajdonságaira. Mikrohullámú gőzrobbantás és enzimatis hidrolízis alkalmazásával is foglalkozott. Enzimaktivitási mérések is a vizsgálatok célja volt, amely szintén számos iparág (pl.: bioetanol előállítás) számára nyújthatnának alapot további fejlesztésekhez.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Mikrohullámú kezelés

Kutatásaink során a mikrohullám élő sejtekre (*Saccharomyces cerevisiae*) való hatását vizsgáltuk. A méréseink során a MARS mikrohullámú roncsoló berendezést használtuk, amely alkalmas szilárd és folyadék minták kezelésére is.

2.2. A *Saccharomyces cerevisiae* pusztulási és szaporodási vizsgálatai

A kísérletek során mikrohullámú sugárzásnak tettük ki a *Saccharomyces cerevisiae* élesztőt, és ezután vizsgáltuk annak pusztulási és szaporodási tulajdonságait. A mikrohullámú kezelések során különböző

teljesítményeket (50-, 100-, 400-, 600-, 900 W) és kezelési időket (30-, 60-, 90-, 120 perc) alkalmaztunk, és ezután határoztuk meg a pusztulási görbéket. A szaporodási görbék meghatározása során 50- és 400 W-os teljesítményt és 37 °C-os hőmérsékletet alkalmaztunk 60 perces besugárzási idővel. A szaporodás intenzitását optikai denzitás méréssel detektáltuk.

2.3. Glükózbontási vizsgálatok

Az élesztő glükóz bontási méréseit is elvégeztük, amely során laboratóriumi fermentorban és irányított erjesztő berendezésben végeztük kísérleteinket. A mérések során 50 W-os teljesítményt és 60 perces kezelési időt alkalmaztunk, a hőmérsékletet pedig 37 °C-ban maximalizáltuk. Kontroll mintához is viszonyítottuk eredményeinket, amely semmilyen kezelést nem kapott. A glükóz fogyását spektrofotométerrel mértük.

2.4. Szőlőmust erjedési folyamatainak vizsgálata

A must mikrohullámú kezelése során 50 W-os teljesítménnyel, 45 perces kezelési idővel és 37 °C-os hőmérséklettel dolgoztunk. Azért választottuk ezeket a kezelési paramétereket, hogy az eredményeket valós közegben is vizsgálhassuk és igazolhassuk az alacsony teljesítményű mikrohullám non-termális hatását. A szőlőmust erjesztési kísérletei során 3 kísérletsorozatot állítottunk be, ahol különböző kezeléseket alakítottunk ki. Az első sorozat alkalmával kontroll (kezeletlen), élesztővel beoltott, mikrohullámmal kezelt, és kombinált (élesztő+mikrohullám) mintákat alakítottunk ki. A második mérésorozat alkalmával hagyományos, főzőlapos kezeléseket is alkalmaztunk. A második sorozatban kontroll (nincs kezelés), élesztővel beoltott, hagyományosan kezelt, mikrohullámmal

kezelt, élesztős beoltást és mikrohullámú kezelést, valamint élesztős beoltást és hagyományos kezelést kapott mintákat alakítottunk ki. A harmadik mérés során fagyasztott mintával dolgoztunk. Az erjedés során az alkohol-, cukor- és savtartalom mérését végeztük el.

2.5. Szőlővenyige mikrohullámú előkezelése és enzimes bontása

A szőlővenyige cellulózbontása során fizikai-kémiai kezeléseket alkalmaztunk úgymint gőzrobbantást, autoklávos kezelést, hagyományos kezelést, majd ezekhez a mintákhoz enzimet adagoltunk. A cellulóz bontás mértékét a cukortartalom növekedésének detektálásával követtük nyomon.

A mikrohullámú gőzrobbantásos kísérletek során először előkísérleteket végeztünk, ahol különböző nyomásértékek mellett (1; 1,5; 2; 5; 11; 15; 25 bar) határoztuk meg a glükóz kihozataalt. A kezeléseket mellett kontrollként kezeletlen mintához adagoltunk cellulózbontó enzimet (*Trichoderma reesei*-eredetű). A venyige kezelése során a mikrohullámú teljesítményt 1600 W-ra, a kezelési időt 5 percre a maximális hőmérsékletet pedig 150 °C-ra állítottuk be. A gőzrobbantás során az aprított venyigéből 20 g-ot (edényenként 10 g) a MARS mikrohullámban alkalmazott teflon edényzetébe helyeztük és hozzáadtunk 70 ml Na-acetát-ecetsav pufferoldatot.

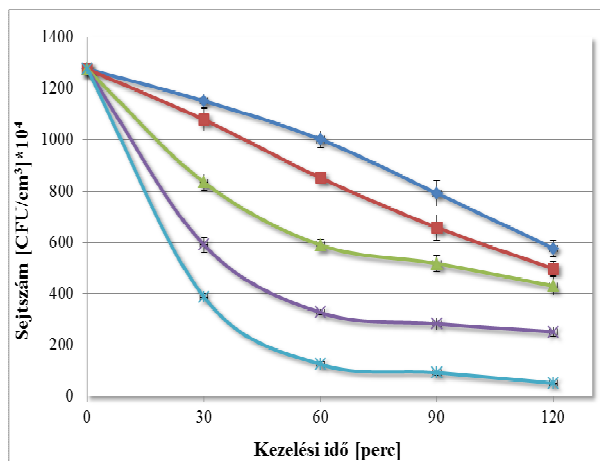
A kezelési paraméterek változtatása mellett többféle kísérleti mintát alakítottunk ki: (1) mikrohullámmal gőzrobbantott venyige és hozzá kezeletlen enzim adagolása, (2) mikrohullámmal gőzrobbantott venyige és hozzá mikrohullámmal kezelt enzim adagolása, (3) autoklávban kezelt venyige és hozzá kezeletlen enzim adagolása, valamint (4) hagyományosan kezelt venyige és hozzá kezeletlen enzim adagolása.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A *Saccharomyces cerevisiae* besugárzási vizsgálatának eredményei

3.1.1. Sejtpusztulási vizsgálatok

Az 50 W-os teljesítményen kezelt élesztő pusztulási intenzitásából látszik, hogy a különböző kezelési idők függvényében arányosan növekszik a pusztulás intenzitása. Ezen a teljesítményszinten az élesztők még a 120 perces besugárzás hatására sem pusztultak el teljes mértékben (1. ábra).



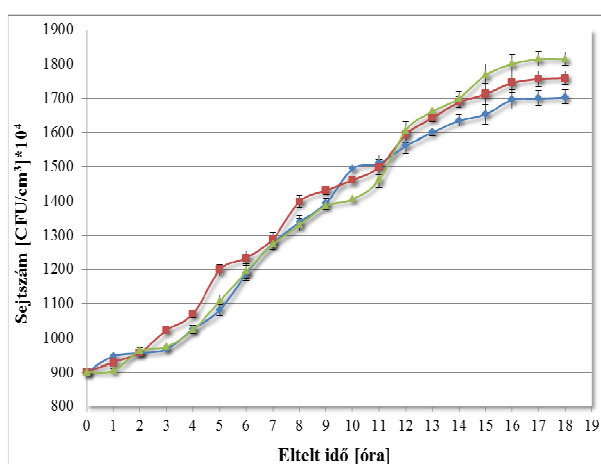
1. ábra: A *Saccharomyces cerevisiae* pusztulási görbéje 50-(◆), 100-(■), 400-(▲), 600-(✕) és 900 W-os(✱) mikrohullámú sugárzás hatására.

Az eredményekből látszik, hogy minél rövidebb ideig kezeltük a mintákat, annál nagyobb a különbség a pusztulási arányok között. Minél hosszabb ideig alkalmazzuk a mikrohullámú sugárzást, annál jobban csökkennek ezek a különbségek. Ebből arra következtethetünk, hogy annak ellenére, hogy bár az alacsonyabb hőmérsékletű és teljesítményű mikrohullámú kezelés az élesztők szempontjából előnyösebb, magasabb

teljesítményen már nem érdemes kezelni őket, a magas pusztulási és roncsolódási arány miatt.

3.1.2. Szaporodási vizsgálatok

A pusztulási vizsgálatok mellett, méréseket végtünk a *Saccharomyces cerevisiae* szaporodási tulajdonságaira vonatkozóan is. A szaporodási vizsgálatok során először meghatároztuk az élesztő szaporodási görbéjét, amely után különböző minták szaporodását hasonlítottuk össze (2. ábra). A mikrohullámú teljesítmény 400 W volt, a kezelési idő 60 perc, míg a mikrohullámú készülékben beállított végső hőmérséklet 37 °C.

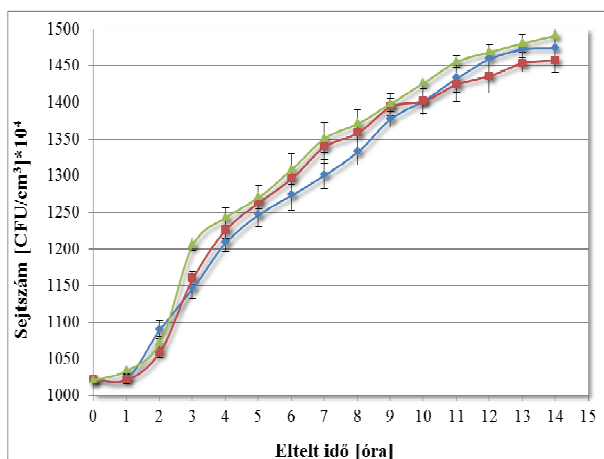


2. ábra: A *Saccharomyces cerevisiae* szaporodási görbéje különböző kezelések hatására a kontroll (—◆—), a kezelt víz (—■—) és az együtt kezelt (—▲—) minták esetén.

Az eredményekből látszik, hogy a lappangási-, gyorsuló- és exponenciális szakaszok között nincs szignifikáns különbség. A kontroll minta mutatja a legnagyobb különbséget, amely a mérés 13. órájától különbséget mutat a másik két mintától. A mérés 14. órájától szembetűnőbb a különbség a minták között. Ugyan a görbék lefutása hozzávetőlegesen azonos, azonban megállapítható, hogy a végső sejtszámok tekintetében

különbségek mutatkoztak a kezelések között. A legnagyobb különbség annál a mintánál mutatkozik, ahol a vizet együtt kezeltük az élesztővel.

Az alábbi mérések során kontroll, hagyományosan kezelt és mikrohullámmal kezelt minták szaporodási görbéjét mértük ki. A 3. ábrán látszik, hogy 50 W-os teljesítmény alkalmazása mellett a mikrohullámmal kezelt minta nem mutat szignifikáns különbséget a másik két mintához képest.



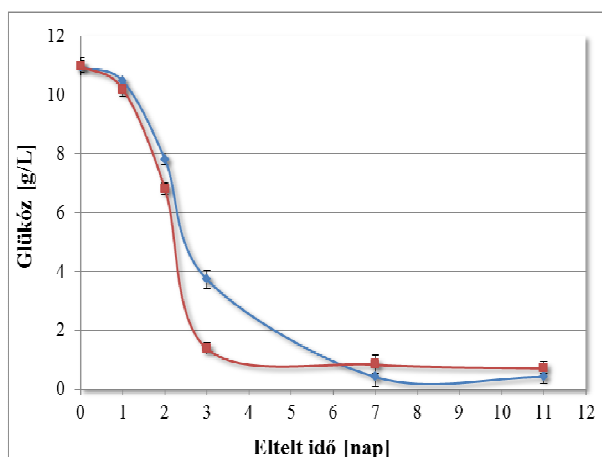
3. ábra: A *Saccharomyces cerevisiae* szaporodási görbéje különböző kezelések hatására a kontroll (—◆—), a hagyományos (—■—) és a mikrohullámmal kezelt (—▲—) minták esetén.

A szaporodási kísérletek eredményei alapján elmondható, hogy a mikrohullámú kezelés oly módon van hatással az élesztők életciklusára, hogy a szaporodási szakasz végére a kezelések hatására magasabb végső sejtszámok tapasztalhatók.

3.1.3. Glükózbontási kísérletek

A szaporodási görbék meghatározása után olyan kísérleteket állítottunk be, ahol az élesztő glükóz bontási aktivitását mértük. Az 4. ábrán

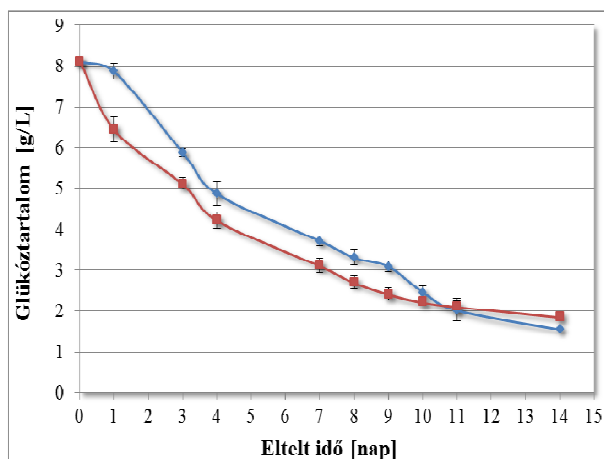
a kontroll és a mikrohullámú sugárzást kapott minta erjesztési aktivitását hasonlítottuk össze MINIFORS fermentorban.



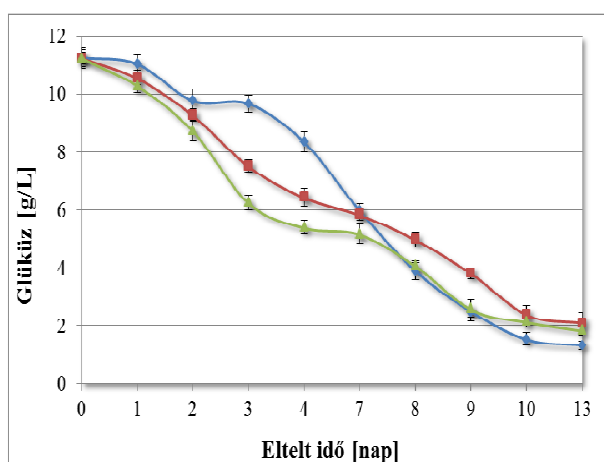
4. ábra: A kontroll (—◆—) és a mikrohullámmal (—■—) kezelt élesztő erjesztési aktivitásának változása.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a mikrohullámmal kezelt minta cukortartalma gyorsabban csökken, tehát az élesztők aktivitása nagyobb volt. Ez alapján arra következtethetünk, hogy az alacsony teljesítményű mikrohullámú sugárzás hatással van az élesztők erjesztési aktivitására. Az erjedés első szakaszában a legintenzívebb az erjedési folyamat, ami a kontroll mintáról is elmondható ugyan, de a kezelt mintánál hosszabb ideig tart.

A Minifors fermentorban elvégzett kísérletek után, nagy fermentorban is elvégeztük a mérést (5. ábra), azzal a különbséggel, hogy itt a mikrohullámú kezelési idő 7 óra volt, és a kezelt- és a kontroll minta mennyisége 70 liter volt. Majd ez után összehasonlítottuk a két módszert is (6. ábra).



5. ábra: A kontroll (—◆—) és a mikrohullámmal (—■—) kezelt élesztő erjesztési aktivitásának változása.

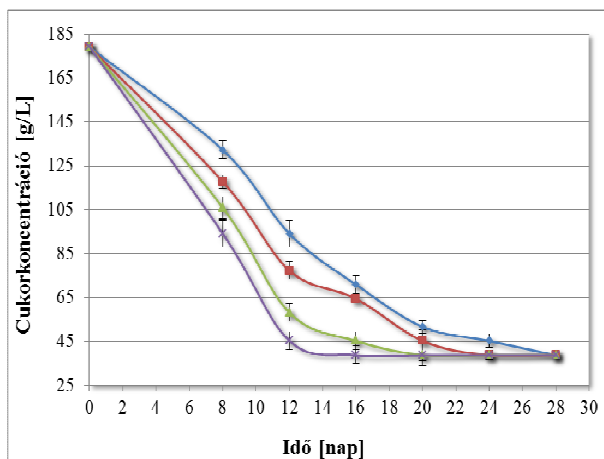


6. ábra: Az élesztő erjesztési aktivitásának változása a kontroll (—◆—), az erjesztés előtt kezelt (—▲—), és a folyamatosan kezelt (—■—) minták esetén.

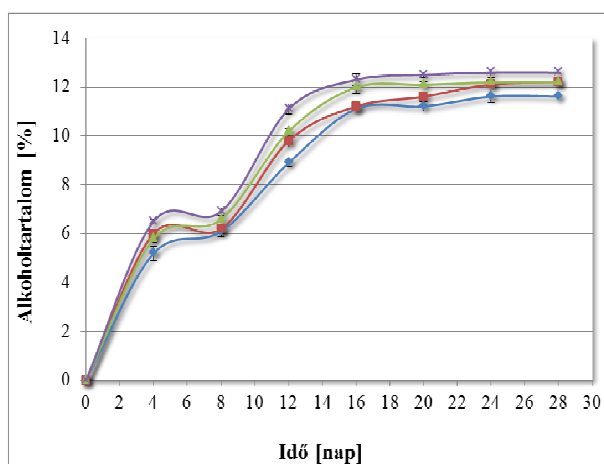
A mérések mindhárom beállított kísérlet során hasonló eredményeket hoztak. Az erjedés első szakaszában a kontroll minta cukorfogyása kevésbé volt intenzív a mikrohullámmal kezelt mintákhoz képest. Az erjedés utolsó harmadában a minták cukortartalma kiegyenlítődtől megfigyelhető azonban, hogy a kontroll minta végső eredményei lettek a legalacsonyabbak.

3.2. Mikrohullámú kezelés hatása a szőlőmust erjedésére

A must mikrohullámú kezelése során 50 W-os teljesítménnyel, 45 perces kezelési idővel és 37 °C-os hőmérséklettel dolgoztunk.

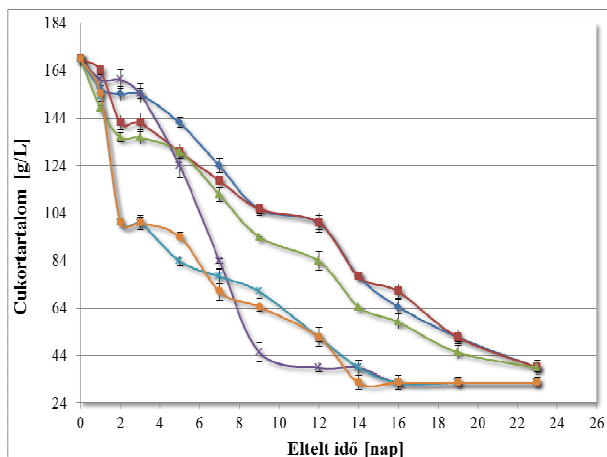


7. ábra: A must cukortartalmának változása az erjedés során a kontroll (◆), a mikrohullámmal kezelt (■) az élesztővel beoltott (▲) és a mikrohullámmal és élesztővel kezelt (×) minta esetén.

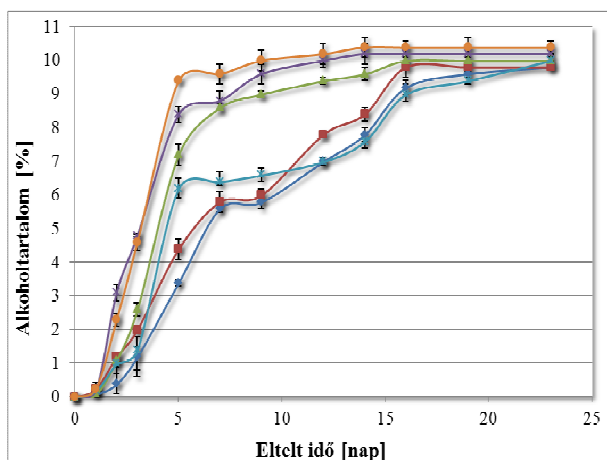


8. ábra: A must alkoholtartalmának változása az erjedés során a kontroll (◆), a mikrohullámmal kezelt (■) az élesztővel beoltott (▲) és a mikrohullámmal és élesztővel kezelt (×) minta esetén.

A második mérésorozat (9. ábra) alkalmával mintáinkat kiegészítettük hagyományos hőkezelési (főzőlap) mérésekkel, annak érdekében, hogy kizárhassuk a mikrohullámú sugárzás által kiváltott termális hatást.



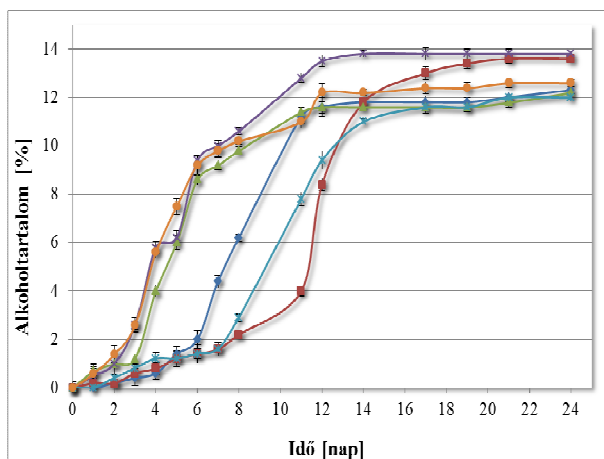
9. ábra: A must cukortartalmának változása az erjedés során a kontroll (◆), a mikrohullámmal kezelt (■) az élesztővel beoltott (▲) a mikrohullámmal és élesztővel kezelt (×), a hagyományosan kezelt (*), valamint a hagyományosan és élesztővel kezelt minta (●) esetén.



10. ábra: A must alkoholtartalmának változása az erjedés során a kontroll (◆), a mikrohullámmal kezelt (■) az élesztővel beoltott (▲) a mikrohullámmal és élesztővel kezelt (×), a hagyományosan kezelt (*), valamint a hagyományosan és élesztővel kezelt minta (●) esetén.

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy mindkét mérőszorozat hasonló eredményeket hozott. A kezelések hatására a minták cukortartalma gyorsabban csökkent, az erjedési idő pedig a legjobb esetben 40%-kal megrövidült. Ezek valószínűleg az élesztős beoltásnak és a kezelések által kiváltott minimális hőhatásnak tudhatók be. Elmondható, hogy az erjesztés előtt rövid és maximum 37 °C-ig tartó hőkezelés fajélesztő alkalmazása mellett pozitívan befolyásolja az erjedés paramétereit, az erjedési idő rövidül, míg az alkohol kihozatal növekszik.

A harmadik musterjesztési kísérlet során az alkoholtartalom detektálására helyeztük a hangsúlyt. Azt mértük, hogy változik az alkoholtartalom a fermentáció során a különböző kezelések hatására. A különbség ennél a mérőszorozatnál az volt, hogy fagyasztott mustmintákkal dolgoztunk (11. ábra).



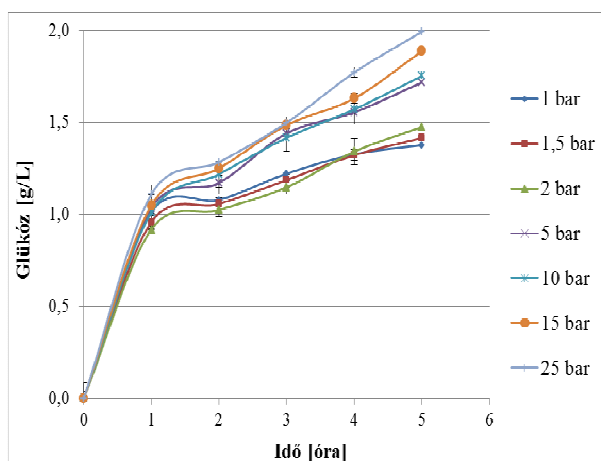
11. ábra: Fagyasztott must alkoholtartalmának változása az erjedés során a kontroll (◆), a mikrohullámmal kezelt (■), az élesztővel beoltott (▲), a mikrohullámmal és élesztővel kezelt (×), a hagyományosan kezelt (∗), valamint a hagyományosan és élesztővel kezelt minta (●) esetén.

Az erjedés lefolyását tekintve szintén azonosnak mondható a csak élesztős kezelést kapott minta, azonban ennek a legalacsonyabb az

alkoholtartalma az élesztős beoltást kapott minták közül. Az a három minta, amely nem kombinált kezelést kapott (kontroll, hagyományos, mikrohullám) az erjedés lefutását tekintve érdekes képet mutat. Az erjedés nagyon lassan indul be. Ez azzal magyarázható, hogy a fagyasztás során a mustban lévő természetes vadélesztők regenerációjához több idő kellett.

3.3. A szőlővenyige mikrohullámú és enzimes kezeléseinek eredményei

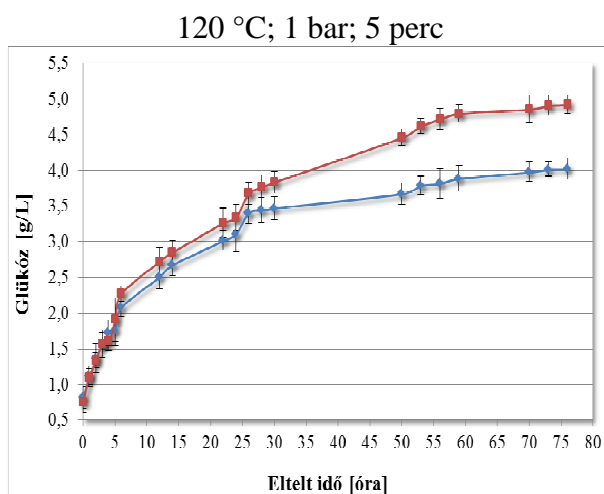
A szőlővenyige mikrohullámú kezelése (1600 W, 5 perc), és enzimes bontása során előkísérleteket végeztünk (12. ábra), ahol különböző nyomásokon való kezelés után (1; 1,5; 2; 5; 10; 15; 25 bar) mértük (5 órán keresztül) a keletkezett glükóz mennyiségét.



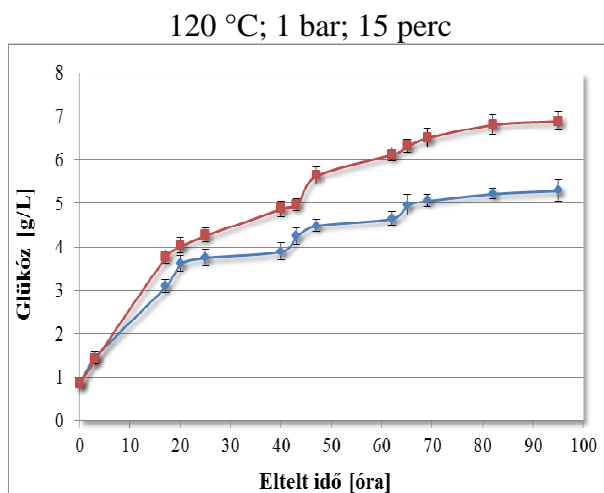
12. ábra: A különböző nyomásokon kezelt szőlővenyigéből keletkezett glükóz mennyisége

Az előkísérletek elvégzése után olyan méréseket állítottunk be, ahol a cellulózbontás folyamatát nem 5 órán át, hanem addig követtük nyomon, amíg a glükóz termelés már nem folytatódott tovább. A mikrohullámú előkezelések mellé autoklávus és hagyományos kezeléseket is beállítottunk. A szőlővenyige kezelésén kívül további változtatást jelentett, hogy bizonyos

esetekben az enzimet is mikrohullámú kezelésnek vetettük alá. A mérések során a mikrohullámú teljesítmény, hőmérséklet, nyomásérték, és a kezelési idők változtatásával különböző kezeléseket alakítottunk ki.

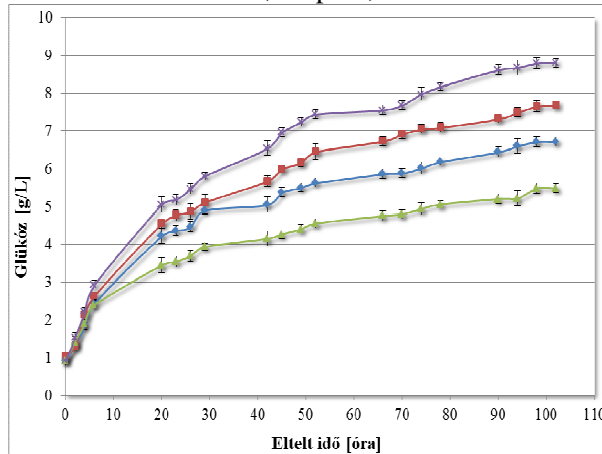


13. ábra: Az autoklávban 430,- (—◆—) és mikrohullámmal 400 W-on (—■—) kezelt venyige enzimes bontása.



14. ábra: A venyige enzimes kezelése mikrohullám+kezeletlen (—◆—) enzim és mikrohullám+kezelt (—■—) enzim esetében 400 W-on.

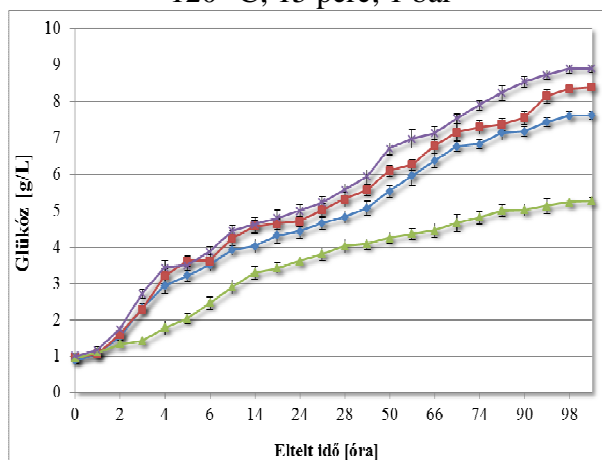
120 °C; 15 perc; 1 bar



15. ábra: A venyige enzimes bontása hagyományos+kezeletlen enzim (—▲—); autokláv+kezeletlen enzim (—◆—); mikrohullám+kezeletlen enzim (—■—); mikrohullám+kezelt enzim (—×—) esetén különböző teljesítményeken.

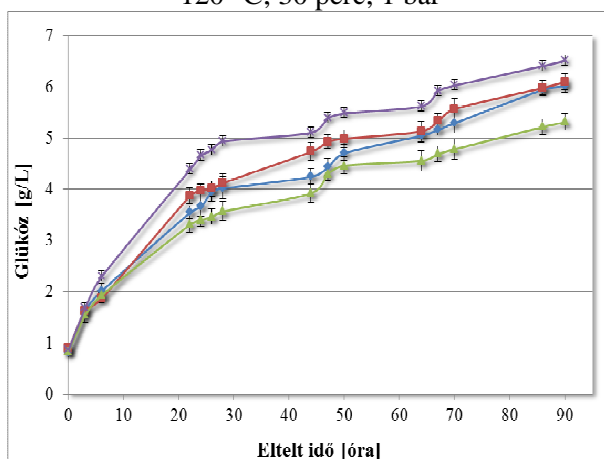
Az eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy a mikrohullám hatással van az enzim aktivitására és cellulózbontó képességére. Ennél a mérésnél (15. ábra) az autokláv 430 W-on, a mikrohullám pedig 1600 W-os teljesítményen működött, ezért változtattunk a mikrohullámú teljesítményen (16. ábra).

120 °C; 15 perc; 1 bar



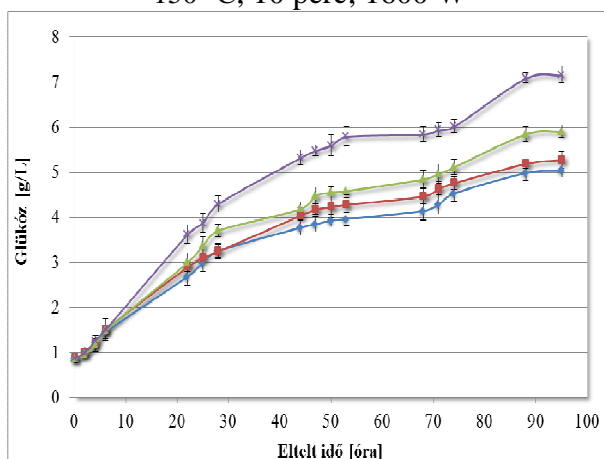
16. ábra: Négy különböző kezelést kapott venyige enzimes bontása 440 W-on hagyományos+kezeletlen enzim (—▲—); autokláv+kezeletlen enzim (—◆—); mikrohullám+kezeletlen enzim (—■—); mikrohullám+kezelt enzim (—×—) esetén.

120 °C; 30 perc; 1 bar

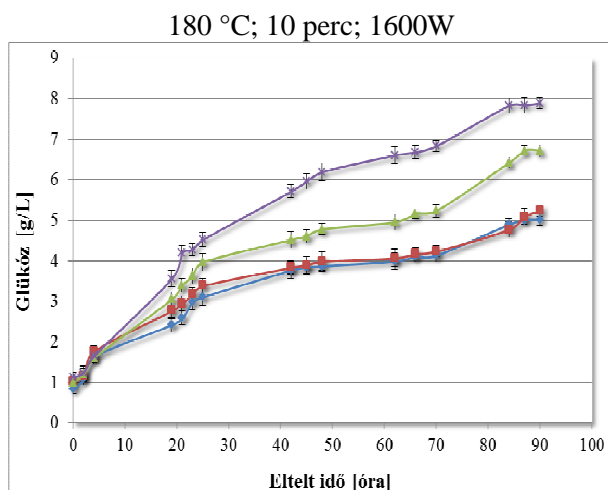


17. ábra: Négy különböző kezelést kapott venyige enzimes bontása 440 W-on hagyományos+kezeletlen enzim (—▲—); autokláv+kezeletlen enzim (—◆—); mikrohullám+kezeletlen enzim (—■—); mikrohullám+kezelt enzim(—×—).

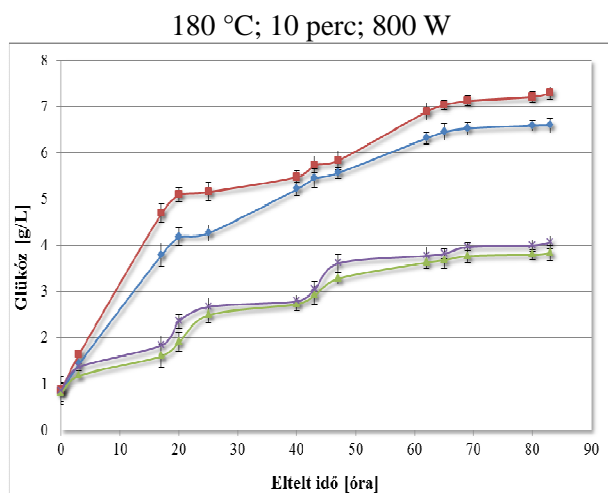
150 °C; 10 perc; 1600 W



18. ábra: A 2 baron, mikrohullám+kezeletlen enzim (—◆—), mikrohullám+kezelt enzim (—■—), és az 5 baron, mikrohullám+kezeletlen enzim (—▲—)és mikrohullám+kezelt enzimes (—×—) minták eredményei.



19. ábra: A 2 baron, mikrohullám+kezeletlen enzim (—◆—), mikrohullám+kezelt enzim (—■—), és az 5 baron, mikrohullám+kezeletlen enzim (—▲—) és mikrohullám+kezelt enzimes (—×—) minták eredményei.



20. ábra: A venyige glükóz kihozatala 1 bar (—▲—) és 2 baros mikrohullám+kezeletlen enzim (—◆—), valamint 1 bar (—×—) és 2 baros (—■—) mikrohullám+kezelt enzimes kezelés esetén.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a kezelési idő, mikrohullámú teljesítmény és hőmérséklet változtatásával jelentős különbségeket lehet produkálni glükóz kihozatal szempontjából. Ezen

paraméterek változtatásával befolyásoltuk a hidrolízis hatékonyságát. Ez az arány tovább növelhető akkor, ha a hidrolízishez alkalmazott enzimet is mikrohullámú előkezelésnek vetjük alá, ami egyértelműen alátámasztja azt, hogy a sugárzással növelhető az enzim aktivitása. A kezeletlen és előkezelt enzimes kísérletek során legkevesebb 1,1 %, valamint maximum 22,1 %-os különbség mutatkozott. További összefüggésként elmondható, hogy a 30 perces kezelés már soknak mondható mind a kenyere, mind az enzim kezelés során, ugyanis nem hozott olyan nagy különbségeket a minták között (kezelt-, kezeletlen enzim: 6,8 % különbség). A 2 és 5 bar nyomású kezeléseket 150-, és 180 °C-os hőmérsékleten összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az alacsonyabb hőmérsékleten való kezelés nagyobb százalékos eltéréseket eredményezett a hidrolízis végére.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

1. Bizonyítottam, hogy 2,45 GHz-es frekvenciájú, 50-900 W-os (0,095-0,19 W/cm³) mikrohullámú teljesítmény alkalmazásával a *Saccharomyces cerevisiae* pusztulási intenzitása jelentősen növekszik az idő függvényében, 30-120 perces kezelések között.
2. A maximum 37 °C-on 45-60 percig tartó, 50 W teljesítményű mikrohullámú besugárzás serkenti a *Saccharomyces cerevisiae* szaporodását, glükóz fermentáló aktivitását és musterjesztő képességét, aminek következtében számottevően lerövidül a szőlőmust alkoholos erjedésének időszükséglete.
3. A szőlővenyige mikrohullámú gőzrobbantása során megnövekedett glükóz-kihozatal érhető el, ha a *Trichoderma reesei*-eredetű celluláz [1,4-(1,3;1,4)-β-D-glükán-4-glükánhidroláz] enzimet is mikrohullámú kezelésnek vetjük alá. Már 400-440 W teljesítményű, 15 percig tartó mikrohullámú besugárzás érdemlegesen megnöveli az enzimaktivitást.
4. Bizonyítottam, hogy a szőlővenyige gőzrobbantása során azonos paraméterek mellett (400-440 W, 120 °C, 5-30 perc, 1 bar) hatékonyabban végezhető el a szőlővenyige gőzrobbantással, mint autoklávus kezeléssel.

5. PUBLIKÁCIÓS LISTA

IDEGEN NYELVEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

1. **Kapcsándi V., Kovács A.J., Neményi M., Lakatos E. (2015):** Investigation of a non thermal effect of microwave treatment, Acta Alimentaria 45 vol 3. (*In press*)

MAGYAR NYELVEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

1. **Lakatos E.; Kovács A. J.; Kapcsándi V.; Neményi M. (2012):** Alacsony teljesítményű mikrohullámú sugárzás hatása a cellobiáz enzim működésére, Acta Agronomica Óváriensis 54 (1) pp. 3-11.
2. **Kapcsándi V.; Lakatos E.; Fábry Zs. N.; Neményi M. (2012):** Narancslé mikrohullámú hőkezelése, Acta Agronomica Óváriensis 54 (2) pp. 39-44.
3. **Kapcsándi V.; Neményi M.; Lakatos E. (2013):** Alacsony teljesítményű mikrohullám hatása a must erjedésére. Review of Faculty of Engineering; Analecta Technica Szegedinensia. University of Szeged Faculty of Engineering pp. 73-78.; ISSN 1788-6392

TUDOMÁNYOS KONFERENCIÁK TELJES TERJEDELEMBEN MEGJELENT ANYAGAI

1. **Kapcsándi V.; Lakatos E.; Kovács A.J.; Neményi M. (2012):** Alacsony teljesítményű mikrohullámú sugárzás hatása olaszrizling must erjedésére. (In: Kovácsné Gaál Katalin (szerk.) XXXIV. Óvári Tudományos Nap: A magyar mezőgazdaság - lehetőségek, források, új gondolatok. Mosonmagyaróvár, 2012.10.05. pp. 62-67. ISBN:978-963-9883-93-2)

2. **Kapcsándi V.; Neményi M.; Lakatos E. (2013):** Low-power microwave radiation effect of fermentation of grape must. Science for Sustainability. International Scientific Conference for PhD Students. University of West Hungary. Győr, March 19-20. 2013. pp. 361-365.
3. **Kapcsándi V.; Neményi M.; Lakatos E. (2013):** Effect of microwave treatment of the grape must fermentation process. Food Science Conference 2013 – With research for the succes of Darányi Program. Budapest. 2013. 7-8th. 11. pp. 72-75. Teljes anyag cd-n. ISBN: 978-963-503-550-2
4. **Kapcsándi V. , Neményi M. , Kovács A. J. , Lakatos E. (2014):** Frissen préselt és fagyasztott must alkoholtartalmának vizsgálata a fermentáció folyamán különböző kezelések esetén, In: XXXV. Óvári Tudományos Nap: A magyar és nemzetközi agrár- és élelmiszer-gazdaság lehetőségei, Mosonmagyaróvár, Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar (2014.11.13), 2014. pp. 36-40. (ISBN:978-963-334-193-3)

TUDOMÁNYOS KONFERENCIA KIADVÁNYOKBAN MEGJELENT ÖSSZEFOGLALÓK

1. **Lakatos E., Kovács A.J., Kapcsándi V., Neményi M. (2015):** Influence of the cellobiase enzyme activity by microvawe radiation, 2nd International Conference on Food and Biosystems Engineering, 28-31 May 2015, Greek, Mykonos island p. 165 (Abstract)

TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ KÖZLEMÉNYEK

1. **Kapcsándi V. (2010):** A biogáztermelés alapjai. MezőHír. XV. 4. sz. pp. 80-82.
2. **Kapcsándi V. (2010):** Működő biogázüzemek Magyarországon. MezőHír. XV. 6. sz. pp. 111-113.