



ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 54.

NUMBER 1.

**Mosonmagyaróvár
2012**

UNIVERSITY OF WEST HUNGARY
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár
Hungary

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
Mosonmagyaróvári
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Közleményei

Volume 54. Number 1.

**Mosonmagyaróvár
2012**

Editorial Board/Szerkesztőbizottság:

Benedek Pál DSc
Kovács Attila József PhD
Kovácsné Gaál Katalin CSc
Kuroli Géza DSc
Manninger Sándor CSc
Nagy Frigyes PhD
Neményi Miklós CMHAS
Pinke Gyula PhD
Porpáczy Aladár DSc
Reisinger Péter CSc
Salamon Lajos CSc
Schmidt János MHAS
Schmidt Rezső CSc
Tóth Tamás PhD
Varga László PhD
Varga-Haszonits Zoltán DSc
Varga Zoltán PhD *Editor-in-chief*

Address of editorial office/A szerkesztőség címe:
H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

Publisher/Kiadja:
University of West Hungary Press/Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.



Alacsony teljesítményű mikrohullámú sugárzás hatása a cellobiáz enzim működésére

LAKATOS ERIKA – KOVÁCS ATTILA J. – KAPCSÁNDI VIKTÓRIA – NEMÉNYI MIKLÓS

Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatási célunk a második generációs bioetanol-előállítás során egyre inkább kiemelkedő jelentőségű celluláz enzimkomplex egyik tagjának, a cellobiáz (β -glükozidáz) enzim specifikus aktivitásának növelése alacsony, 50 W teljesítményű inverter (folyamatos) mikrohullámú besugárzás révén. Annak érdekében, hogy a mikrohullámú kezelés nem termikus hatását tudjuk vizsgálni, a vizsgálandó mintákat kontrollként konduktív úton is felmelegítettük, a mikrohullámú kezelésekkkel azonos melegítési paraméterek alkalmazása mellett. Az enzim működését a kezelt minták megváltozott glükózkoncentrációjának mérése révén követtük nyomon. Az eredmények alapján a mikrohullámmal kezelt oldatokban (pufferoldatban szuszpendáltatott enzim-szubsztrát komplex) a keletkezett glükóz mennyisége megközelítőleg 26%-kal haladja meg a kontrollként, főzőlapon felmelegített mintákban lévő glükóz mennyiségét.

Továbbiakban vizsgáltuk ez enzimaktivitás változását abban az esetben is, ha csak a pufferoldatot; a pufferoldatot és a szubsztrátot; illetve a pufferoldatot és az enzimet kezeltük mikrohullámmal. A kezelést követően az oldatokat minden esetben enzim-szubsztrát pufferoldat rendszerre egészítettük ki. Az eredmények alapján a mikrohullámmal besugárzott pufferoldatba behelyezett enzim aktivitása a kezelés után átlagosan 16%-kal volt magasabb a kontroll mintához képest. Amennyiben a pufferoldatba szubsztrátot (cellobiózt) is helyeztünk és úgy végeztük el a kezeléseket, majd a kezeléseket után adtuk hozzá az oldathoz az enzimet, gyakorlatilag nem tapasztaltunk különbségeket az előbb említett mérésekhez képest. A következő mérési sorozatban a pufferoldat-enzim szuszpenziót melegítettük fel mikrohullámmal és főzőlapon, majd ezt követően adtuk hozzá a szubsztrátot. Ebben az esetben a mikrohullámmal melegített oldatban a kezelés után átlagosan 18%-kal magasabb enzimaktivitást detektálhattunk, mint a főzőlapon melegített oldatban. További méréseket végeztünk, amelyek során arra kerestük a választ, hogy a kezelt puffer-enzim oldat megőrzi-e aktivitásának megváltozását a kezelést követő 48, illetve 96 óra múlva. Tapasztalataink szerint 48 óra és 96 óra múlva a mikrohullámmal kezelt oldatban lévő enzim még mindig átlagosan 20%-kal hatékonyabban bontja a glükózt, mint a hagyományos módon, főzőlapon kezelt mintában lévő enzim.

Kulcsszavak: mikrohullám, enzim, cellobióz, bioetanol.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A Földön cellulóz évente megközelítőleg 4×10^{10} tonna mennyiségben képződik, összes mennyisége 7×10^{11} tonna, így a legnagyobb mennyiségben előforduló, növényi biomasszából származó szénhidrátforrás. A másodlagos biomasszaforrások, mint a mezőgazdasági, ipari hulladékok is hatalmas mennyiségben tartalmaznak cellulózt (Coughlan és Mayer 1992). Az utóbbi években egyre inkább megnőtt az érdeklődés a cellulóz ipari felhasználása iránt. Ez a folyamatosan megújuló energiaforrás nyersanyaga lehet a vegyiparban, az élelmiszeriparban és nem utolsósorban alapját képezheti a bioetanol-előállításnak (László *et al.* 2007). Ez utóbbi területen kiemelt jelentőséggel bírnak a második generációs, hemicellulóz, – egyes szerzők szerint lignocellulóz (Chen és Qiu 2010, Balat 2011) – alapú bioetanol előállításának hatékonyságát megcélzó kutatások. Az etanol előállítása során a cellulózt első lépésként glükózzá kell alakítani. A lebontása történhet savval magas hőmérsékleten és esetleg magas nyomáson, illetve enzimek segítségével (Reczey *et al.* 1996). Ez utóbbi eljárás környezetvédelmi és energetikai szempontok alapján is egyre nagyobb szerephez jut. A folyamat során celluláz enzimrendszert alkalmaznak, mellyel elkerülik a melléktermék-képződést és magasabb glükózhozamot érnek el, mint a hagyományos savas hidrolízises eljárással. A cellulózból történő etanol-előállítás sikere nagyrészt a lignocellulóz előkezelésén (Zhu *et al.* 2006, Lu *et al.* 2011, Xu *et al.* 2011), illetve hatékony celluláz enzimkomplex alkalmazásán is múlik. A celluláz enzimrendszerben (endoglükánáz, cellobiohidroláz, cellobiáz) a β -glükozidázok (cellobiáz, EC 3.2.1.21.) szerepe a köztermék cellobiáz lebontása, ami gátló hatású az enzimrendszer többi tagjára nézve. Ilyen módon a β -glükozidázok szerepe nem elhanyagolható a cellulóz enzimatis lebonatásában (Gasztonyi és Lásztity 1992, Jáger 2003). Az enzimek aktivitásának megváltoztatására számos irodalmi forrás szerint sikeresen alkalmaztak alacsony teljesítményű mikrohullámú besugárzást (Szabó *et al.* 1998, Parker *et al.* 1996, Lin és Lin 1998, Bradoo *et al.* 2002, Nogueira *et al.* 2010). Ezen eredmények alapján arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az alacsony teljesítményű mikrohullámú sugárzás milyen hatást gyakorol a β -glükozidáz/cellobiáz enzim működésére. Célunk volt egy kezelési protokoll kidolgozása, amely során az alkalmazott enzim aktivitásának növe- lése révén magasabb glükózkoncentrációt kívántunk elérni. A hidrolízis során felszabadult glükóz bekerülve az alkoholos fermentációs folyamatokba tápanyagforrásként szolgálhat az élesztőknek. A hidrolízis és a fermentáció külön-külön, illetve kellő mennyiségű glükóz esetén, együttesen (szimultán) is megvalósítható. Annak ellenére, hogy a szimultán folyamat a résztvevő enzimek és mikroorganizmusok miatt bonyolultabb szabályozási rendszert igényel, idő- és költséghatékonyabb etanol-előállítás valósítható meg általa (Zhu *et al.* 2005, Nikolic *et al.* 2009).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatok során Na-acetát–ecetsav pufferoldatot (0,1 M, pH 4,6) használtunk. A pufferoldatban szuszpendáltattuk 4 g D-(+)-cellobiáz szubsztrátot, valamint 2 ml 1,4-(1,3:1,4)-B-D-Glucan-4glucano-hydrolase (Sigma-Aldrich, ATCC 26921) enzimet.

A mikrohullámú kezeléseket FISO száloptikával kiegészített Panasonic NNF 653WF típusú mikrohullámú készülékben (Québec, Canada) végeztük. A mikrohullámú besugárzás során az enzimsuszpenzióban egyenletes hőeloszlást kívántunk megvalósítani, azaz törekedtünk arra, hogy a mikrohullám hatásai egyenletesen érvényesüljenek, ezért a kezeléseket vízcsapdák alkalmazásával végeztük. A forgótányér középpontjára helyeztük a 60 mm magas és 85 mm átmérőjű teflon mintatartó edényt, amibe 200 ml enzimsuszpenzió került. A mintatartó edény körül négy darab 10 mm magas, 38 mm átmérőjű teflon edénybe 12 °C-os, egyenként 90 g csapvizet töltöttünk, amelyek így alkották a vízcsapdát. A besugárzott energia (leadott magnetron teljesítmény 50 W) jelentős része ($\approx 83\%$) a vízcsapdában nyelődött el (Lakatos *et al.* 2005), így a 25 perces besugárzási idő ellenére is csak 45 °C-ig emelkedett a vizsgálandó minták hőmérséklete (felfűtés sebessége $v = 1,8$ °C/perc, az anyagban disszipált teljesítmény 42,5 mW/ml).

Annak érdekében, hogy össze tudjuk hasonlítani a mikrohullámú és a hagyományos főzőlapon történő melegítés hatását (azaz a mikrohullám nem termikus hatását vizsgálni tudjuk), kontrollként ugyanolyan enzim-szubsztrát szuszpenziót melegítettünk Yellowline Mst basic C típusú fűtőlapos mágneses keverővel, hasonló melegítési paraméterek (kiindulási hőmérséklet, hőkezelési idő, felfűtési sebesség) alkalmazása mellett.

Az enzimaktivitás megváltozását az oldatok glükózkoncentrációjának megváltozása révén követtük nyomon. Előkísérletek során standard glükózoldatok és a glükóz GOD/PAP stabil folyékony reagens (Diagnosticum Zrt.) felhasználásával lineáris összefüggést állítottunk fel a standard oldatok glükózkoncentrációja és az oldatok spektrofotométerben (Hitachi UV/VIS fotométer), 505 nm-en mért abszorbanciája között ($R^2 = 0,998$).

$$C_g = 3,6099ABS - 0,2232 \quad (1)$$

C_g : keletkezett glükóz koncentrációja (g/l)

ABS : az oldatok 505 nm-en mért abszorbancia értéke.

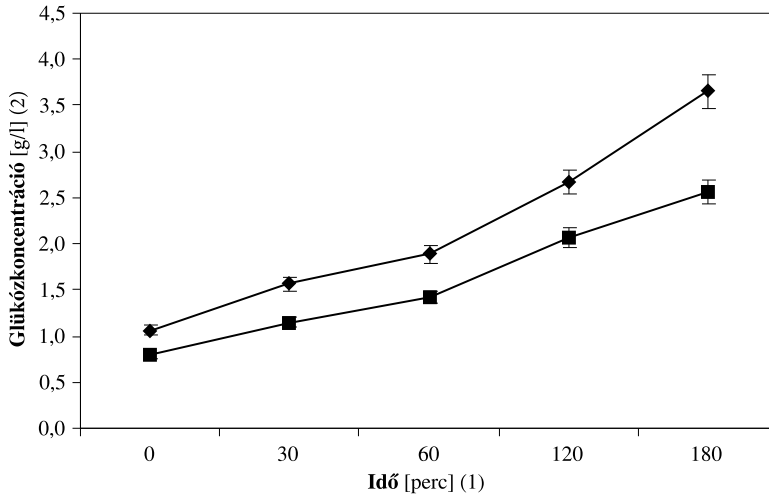
Méréseink során mind a mikrohullámmal, mind a főzőlapon melegített mintákból közvetlen a kezeléseket után 1 ml mintát kivettünk. A mintához 10 ml glükóz GOD/PAP reagenst adtunk. Az így kapott oldatot 10 percig 37 °C-os vízfürdőben inkubáltuk, majd mértük az oldatok abszorbanciáját 505 nm-en. A kapott abszorbanciaértéket behelyettesítve a kalibrációs egyenes (1) egyenletébe meghatároztuk az oldatok glükóztartalmát.

A mikrohullámmal és főzőlapon hőkezelt mintákat 37 °C-os vízfürdőben tároltuk. A tárolás során 30, 60, 120 és 180 perc elteltével szintén 1–1 ml mintát vettünk az oldatokból, és a fent bemutatott módon meghatároztuk a minták glükóztartalmát. A mérések során a statisztikai vizsgálatokat 95%-os szignifikancia szinten végeztük el.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Az enzimsuszpenzió mikrohullámú és főzőlapon történő hőkezelése után közvetlenül (0 perc), majd a 37 °C-on történő inkubáció során 30, 60, 120 és 180 perc elteltével vettünk mintát, és a mért abszorbanciaértékeket felhasználva kiszámítottuk az oldatok

glükózkoncentrációját. A méréseket hat ismétlésben hajtottuk végre, az 1. ábrán az eredmények átlagát tüntettük fel. A mikrohullám hatására az enzimműködés megközelítőleg 26%-kal volt intenzívebb, mint az azonos körülmények között, de főzőlapon melegített minták esetében.

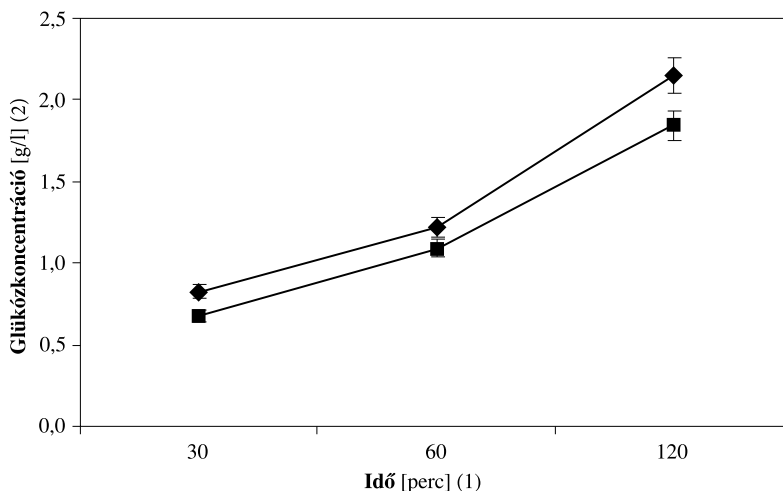


1. ábra A mikrohullámmal (◆) és a főzőlapon (■) kezelt enzimszuszpenzió aktivitásának változása a kezelés után

Figure 1. The activity changes of cellulase enzyme, substrate (D – (+) - cellobiose) in buffer suspension treated by microwave (◆) and conventional heat treatment (■)
(1) time [min], (2) concentration of glucose [g/l]

A továbbiakban vizsgáltuk, hogy abban az esetben is lesz-e különbség a kétféle melegítési mód között (mikrohullám, főzőlapon), ha csupán a pufferoldatot kezeljük, majd a melegítést követően adjuk hozzá a szubsztrátot és az enzimet. A méréseket ebben az esetben is hat ismétlésben végeztük el (2. ábra). Látható, hogy amennyiben csak a pufferoldatot melegítjük, majd ezek után helyezük bele az enzimet és a szubsztrátot, akkor is mutatkozik különbség a mikrohullámmal és a főzőlapon melegített minták glükóztartalma között, a mikrohullámmal besugárzott oldatba behelyezett enzim átlagosan 16%-kal több glükózt állított, mint a főzőlapon melegített mintába behelyezett enzim. Meg kell jegyezni, hogy ebben a mérésorozatban a kezeléseket követően 180 perccel már nem volt mérhető különbség a minták glükóztartalma között. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a mikrohullám nem termikus hatása a pufferoldatban is érvényesül. (Annak érdekében, hogy az elektromágneses sugárzás pufferoldatra gyakorolt hatását tisztázzuk, még további mérésekre van szükség.) Vizsgáltuk a pufferoldat és a szubsztrát együttes hőkezelésének hatását is. Ezek az eredmények hasonló értékeket mutattak, mint csak a pufferoldat kezelését követő méréseknél (átlagos különbség ekkor is 16%). Ennek oka abban keresendő, hogy a mikrohullámú besugárzás az általunk alkalmazott teljesítményértékek mellett nem képes a

szubsztrát kémiai kötéseit megbontani (Datta és Anantheswaran 2001), azaz a mikrohullám nem tudja a cellobiózt bontani, ezért nem mutatkozott különbség a két mérési sorozat között.



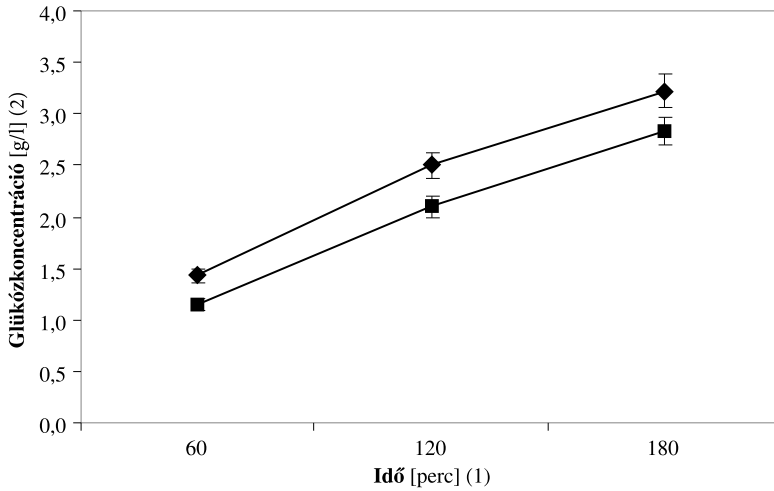
2. ábra A glükóztartalom változása kizárólag a pufferoldat mikrohullámú (◆) és főzőlapos (■) kezelése után

Figure 2. The change of glucose content only buffer solution after microwave (◆) and conventional heat treatment (■) (1) time [min], (2) concentration of glucose [g/l]

A következőkben vizsgáltuk a puffer- és enzimoldat egyszerre történő hőkezelésekor bekövetkező változásokat. A hőkezelések a korábban leírtak szerint történtek. Ebben az esetben a hőkezelést követően adtuk hozzá a szubsztrátot az oldatokhoz, majd mértük a glükózkonzentrációt. Ezen mérések során is tudtunk különbséget detektálni a különböző módon felmelegített minták között, a különbség átlagosan 18%-kal több glükóz a mikrohullámmal kezelt mintákban. A méréseket most is hat ismétlésben végeztük, ebben az esetben azonban 30 perccel a kezelés után még nem tudtunk különbséget detektálni a minták glükóztartalmát illetően, viszont az enzimaktivitás a kezelést követően 180 perccel még mérhető volt (3. ábra).

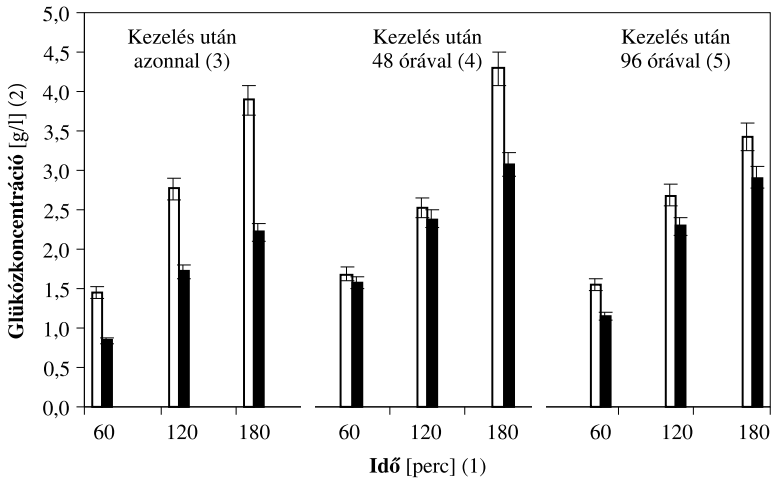
Az utolsó mérésorozatban a mikrohullámmal és konduktívan kezelt, majd a kezelést követően 48, illetve 96 óráig 8 °C-on tárolt enzimszuszpenziók aktivitásának megváltozását összehasonlítottuk a frissen kezelt mintákkal. Az elvégzett 6 ismétlés során kapott átlageredményeket a 4. ábra szemlélteti. Ebben az esetben a 60. a 120. és a 180. percben vettünk mintát az oldatokból (a szubsztrát behelyezését követően 30 perc elteltével még nem volt mérhető különbség az oldatok glükóztartalmát illetően).

A mérési eredmények statisztikai kiértékelésénél, az alkalmazott t-próba alapján minden esetben 95%-os szinten tudtunk igazolni szignifikáns különbséget a mikrohullámmal, illetve a főzőlapon melegített minták enzimaktivitása között.



3. ábra A glükóztartalom változása kizárólag az enzim-pufferoldat mikrohullámú (◆) és főzőlapos (■) kezelése után

Figure 3. The change of glucose content only enzyme-buffer solution after microwave (◆) and conventional heat treatment (■)
(1) time [min], (2) concentration of glucose [g/l]



4. ábra A mikrohullámmal (□) és a főzőlapon kezelt (■) enzimszuszpenzió aktivitásának változása a kezelést követően, illetve 48 és 96 órával később

Figure 4. The change of enzyme activity in microwave (□) and conventional heat treated (■) enzyme suspension direct after treatment, 48, and 96 hours later
(1) time [min], (2) concentration of glucose [g/l], (3) directly after treatment, (4) 48 hours after treatment, (5) 96 hours after treatment

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a mikrohullámmal kezelt cellobiáz enzim a kezelést követően 96 óra elteltével is megnövekedett aktivitást mutat a főzőlapon kezelt cellobiáz enzimszuszpenzióhoz képest. A növekedés mértéke 48 óra elteltével, illetve 96 óra elteltével egyaránt megközelítőleg 20%.

Eredményeink alapján megállapítható, hogy az alacsony teljesítményű elektromágneses sugárzás megváltoztathatja az enzimaktivitást. Esetünkben a vizsgálatok során a mikrohullámmal kezelt minták esetében magasabb glükózkoncentrációt értünk el, mint a konduktív, főzőlapos kezelések során. A keletkezett glükóz potenciális tápanyagforrása a fermentációs folyamatokban résztvevő élesztőknek, magasabb koncentráció esetében gyorsabb és/vagy hatékonyabb etanol-előállítást tesz lehetővé. A puffer és az enzim szubsztrát nélküli kezelésének jelentősége abban áll, hogy amennyiben meg lehet növelni a mikrohullámú besugárzással az enzimek aktivitását, olyan enzimkészítményeket lehet előállítani, ami besugárzás után is tárolhatók, és felhasználásuk későbbi időpontban is lehetséges.

The effect of low intensity microwave radiation on cellobiase enzymes activity

ERIKA LAKATOS – ATILA J. KOVÁCS – VIKTÓRIA KAPCSÁNDI – MIKLÓS NEMÉNYI

University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Our research aim was to enhance the activity of β -glucosidase enzyme in connection to the 2nd generation bioethanol production by using only physical methods (a special designed inverter type microwave oven was used running on 50 W). In order to study the non-thermal effect of microwave treatment samples were heated with the same parameters as microwave heating by conventional convective method (hot plate) as standard. The enzyme activity changes were followed by the increased glucose concentration. Based on the results the produced glucose of the microwave treated solution was 26% higher than in the solution heated up on a hot-plate.

Further the changes the enzyme activity was investigated even in cases where only the buffer, the buffer and the substrate, or a buffer solution and the enzyme were treated by microwave radiation. After treatment, the solutions was added the enzyme-substrate-buffer system in each case. Based on the results of treating only the buffer solution after treatment with the enzyme activity was an average 16% compared to the control sample. If the substrate (cellobiose) and buffer were treated together and after this treatment the

enzyme was added to the solution. In this case there was a not difference compared with the aforementioned measurements. In the next test series, the enzyme-buffer suspension was heated in a microwave and hot plate and then was added to the substrate. In this case, in the solution that was heated by microwave the enzyme activity was an average 18% higher than the a hot plate heated solution. Hence, it can be concluded that microwave affected not only the buffer solution but the enzyme, too.

Supplementary measurements were carried out in which the change of enzyme activity was investigated directly after treatment, and 48 and 96 hours later. Based on our results the microwave-treated enzyme can broken the cellobiose 20% more effectively 48 hours and 96 hours after treatment than in the hot-treated enzyme.

Keywords: microwave, enzyme, cellobiose, bioethanol.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatások a TÁMOP 4.2.1/B – 09/KONV-2010-0006 számú projekt támogatásával valósultak meg.

IRODALOM

- Balat M.* (2011): Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical. *Energy Conversion and Management*. **52**, 858–875.
- Bradoo, S. – Rathi, P. – Saxena, R. K. – Gupta, R.* (2002): Microwave-assisted rapid characterization of lipase selectivities, *Journal of Biochemical, Biophysical Methods* **51**, 115–120.
- Chen H. – Qiu W.* (2010): Key technologies for bioethanol production from lignocellulose. *Biotechnology Advances*. **28**, 556–562.
- Couglan, M. P. – Mayer, F.* (1992): In the Prokaryotes: handbook on the biology of bacteria. Chapman and Hall, New York.
- Datta, A. K. – Anantheswaran, R. C.* (2001): Handbook of Microwave Technology for Food Applications. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Gasztonyi K. – Lásztity R.* (1992): Élelmiszer-kémia 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Jáger Sz.* (2003): *Aspergillus carbonarius*-ből izolált extracelluláris β -glükózidáz működési mechanizmusának vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni egyetem, Debrecen.
- Lakatos E. – Kovács A. J. – Neményi M.* (2005): Homogenous microwave field creation. *Hungarian Agricultural Engineering*. **18**, 80–81.
- László Zs. – Beszédes S. – Kertész Sz. – Hodúr C. – Szabó G. – Kiricsi I.* (2007): Bioethanol from sweet sorghum. *Hungarian Agricultural Engineering* **20**, 15–17.
- Lin, G. – Lin, W. Y.* (1998): Microwave promoted lipase catalyzed reactions. *Tetrahedron Letters* **39**, 4333–4336.
- Lu, X. – Xi, B. – Zhang, Y. – Angelidaki, I.* (2011): Microwave pretreatment of rape straw for bioethanol production: Focus on energy efficiency. *Bioresource Technology*. **102**, 7937–7940.
- Nikolic, S. – Mojovic, L. – Rakin, M. – Pejin, D.* (2009): Bioethanol production from corn meal by simultaneous enzymatic saccharification and fermentation with immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. *Fuel* **88**, 1602–1607.
- Nogueira, B. M. – Carretoni, C. – Cruz, R. – Freitas, S. – Melo, A. P. – Costa-Félix, R. – Pinto, J. C. – Nele, M.* (2010): Microwave activation of enzymatic catalysts for biodiesel production. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* **67**, (1–2) 117–121.

- Parker, M. C. – Besson, T. – Sylvain, L. – Legoy, M. D. (1996): Microwave radiation can increase the rate of enzyme-catalyzed reactions in organic media. *Tetrahedron Letters* **37**, (46) 8383–8386.
- Reczey K. – Szengyel Zs. – Eklund R. – Zacchi G. (1996): Cellulase production by *T. reesei*. *Bioresource Technology* **57**, 25–30.
- Szabó G. – Rajkó R. – Kovács E. – Vidal C. (1998): Designed experiments for reducing antinutritive agents in soybean by microwave energy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **45**, 3565–3569.
- Xu, J. – Chen, H. – Kádár Zs. – Thomsen, A. B. – Schmidt, J. E. – Peng, H. (2011): Optimization of microwave pretreatment on wheat straw for ethanol production. *Biomass and Bioenergy* **35**, 3859–3864.
- Zhu, S. – Wu, Y. – Yu, Z. – Zhang, X. – Wang, C. – Yu, F. – Jin, S. (2006): Production of ethanol from microwave-assisted alkali pretreated wheat straw. *Process Biochemistry* **41**, (4) 869–873.
- Zhu, S. – Wu, Y. – Yu, Z. – Zhang, X. – Wang, C. – Yu, F. – Jin, S. – Zhao, Y. – Tu, S. – Xue, Y. (2005): Simultaneous Saccharification and Fermentation of Microwave/Alkali Pre-treated Rice Straw to Ethanol. *Biosystems Engineering* **92**, 2229–2235.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

KAPCSÁNDI Viktória – LAKATOS Erika – KOVÁCS Attila J. – NEMÉNYI Miklós
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
E-mail: kapocs@mtk.nyme.hu
lakatose@mtk.nyme.hu
kovacsaj@mtk.nyme.hu
nemenyim@mtk.nyme.hu

Az Acta Agronomica Óváriensis 2012/1. számának megjelenését a
TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 számú projekt és a
Magyar Hallgatók az Európai Egyetemeken Alapítvány
támogatta.

ISSN 1416-647x

Kiadásért felelős
a Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar dékánja

Megjelent
a Competitor-21 Kiadó Kft.
9027 Győr, Külső Árpád út 35.
gondozásában
ügyvezető igazgató:
Andorka Zsolt