

# MIKROHULLÁMÚ HŐKEZELÉSEN ALAPULÓ GYORS NEDVESSÉG-MEGHATÁROZÓ MÓDSZER STATISZTIKAI VIZSGÁLATA

RAJKÓ RÓBERT és SZABÓ GÁBOR

Élelmiszeripari Műveletek és Berendezések Tanszék

## ÖSSZEFOGLALÓ

A tanulmány a szójababban lévő antinutritív anyagok csökkentésére irányuló mikrohullámú hőkezelés alkalmazásához szorosan kapcsolódó gyors nedvességtartalom meghatározási módszer kritikai vizsgálatát végzi el. Az irodalomban megjelent adatok matematikai statisztikai elemzésével eltérő következtetésre jutottunk, mint az idézett tanulmány szerzői: az  $y = a \exp(b \cdot x)$  exponenciális függvénykapcsolat helyett az  $y = a \cdot x^b \exp(b \cdot x)$  összefüggést javasoljuk, melynek elméleti megalapozását is megadjuk; az új összefüggést alkalmazva az 1,5 percig tartó mikrohullámú kezelést találtuk a legjobban alkalmazhatónak a nedvességtartalom pontos előrebecsléséhez. Ezen új következtetések megerősítésére a KÉE K + F programja keretében egy Labotron 500-as vákuumozható, forgótányéros mikrohullámú készülékkel további kísérleteket szándékozunk elvégezni.

## 1. BEVEZETÉS

Előző kísérleteink célja a szójabab antinutritív komponensei szintjének csökkentése mikrohullámú kezeléssel, emellett az optimális eljárási- és műveletani paraméterek meghatározása korszerű kísérlettervezési módszerrel volt (Szabó et al. 1994; Szabó et al. 1995; Szabó és Rajkó 1995; Szabó et al. 1996; Rajkó et al. 1995a, 1995b; Rajkó és Szabó 1996a, 1996b; Rajkó et al. 1997;). A kísérletek során szükség volt a szójabab nedvességtartalmának pontos beállítására, ehhez pedig a nedvességtartalom mérésére is. A szójabab nedvességtartalmát szabvány szerint határoztuk meg (MSZ 6367/3-83 1984), azaz a megfelelően aprított vizsgálati mintát 130-133 °C hőmérsékletre felfűtött szárítószekrényben 3 órán át szárítottuk. Gyorsabb eljárásra már akkor szükségünk lett volna, de az erről szóló közleményt (Sharma és Hanna 1989) csak a közelmúltban sikerült megszerezni és áttanulmányozni. A gyors nedvesség-meghatározó módszer mikrohullámú berendezés segítségével, a részleges szárítás elvét felhasználva alkalmazható. Az irodalomban közölt mérési adatok gondos statisztikai vizsgálatával eltérő következtetésekre jutottunk, mint az idézett tanulmány szerzői. A továbbiakban ezeket az eltérő gondolatokat szeretnénk az olvasóval megosztani.

## 2. EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE, KÖVETKEZTETÉSEK

*Sharma és Hanna (1989) közleményében egy új és gyors nedvesség-meghatározó módszert ír le, mely mikrohullámú melegítés során a részleges szárítás elvét használja ki. 619 W effektív teljesítmény mellett különböző nedvességtartalmú szójababot szárítottak 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 és 3,0 perc időtartamig, majd kiszámolták az  $x$  lát-szólagos nedvességtartalmat a következő összefüggés segítségével:*

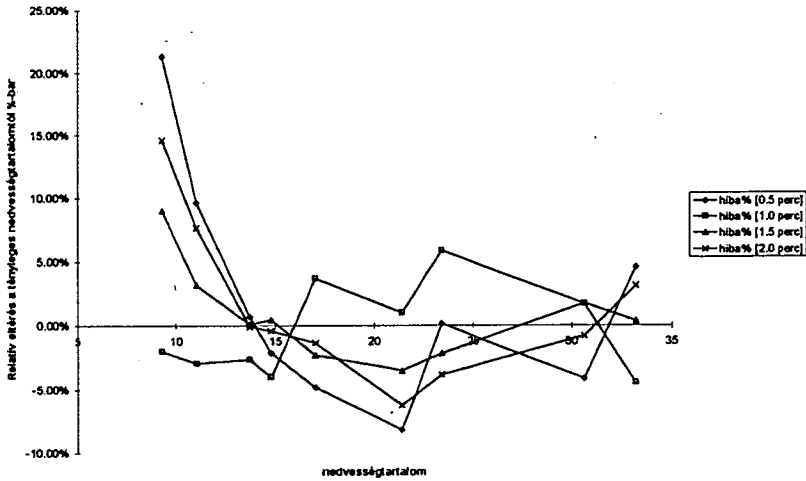
$$x = \frac{m_0 - m_t}{m_0} 100 \quad (1)$$

*ahol  $m_0$  a minta kezdeti tömegét,  $m_t$  a  $t$  ideig tartó mikrohullámú kezelés után mért tömeget jelenti. Az adatokat ábrázolták, majd megállapították, hogy az exponenciális kapcsolattal igen magas determinációs együttható értékeket ( $R^2 > 0,96$ ) kapva leírható az összefüggés az  $y$  valódi és az  $x$  részleges nedvességtartalom értékek között:*

$$y = a \exp(bx) \quad (2)$$

*ahol  $a$  és  $b$  függvényillesztéssel meghatározandó regressziós paraméterek.*

*A közölt mérési adatokkal újra elvégeztük az illesztéseket és kiderült, hogy Sharma és Hanna (1989) linearizálták a (2) egyenletet, majd ezután végezték el a lineáris legkisebb négyzetek módszerével (LLNM) a paraméterbecslést. Ahogy az irodalomból (Kemény és Deák 1990) és korábbi közleményeinkből (Rajkó 1994b; Rajkó és Szabó 1995a; Rajkó és Szabó 1995b; Rajkó és Szabó 1995c) kitűnik ez nem megengedhető, hiszen így torzított becsléseket kapunk. A helyesen súlyozott LLNM helyett a Microsoft Excel, verzió 5.0a táblázatkezelő programban található Solver eljárással nemlineáris legkisebb négyzetek módszerét (NLNM) kivitelezve határoztuk meg az  $a$  és  $b$  paramétereket. Természetesen az így kapott determinációs együtthatók kedvezőbbé váltak ( $R^2 > 0,977$ ), az illesztést felhasználva a becsült értékek eltérését a tényleges értékektől az 1. ábrán mutatjuk be. A tendencia nem változott és mi is azt állapítottuk meg, hogy az 1 perces mikrohullámú kezelés mérési eredményéből célszerű a tényleges nedvességtartalmat meghatározni.*



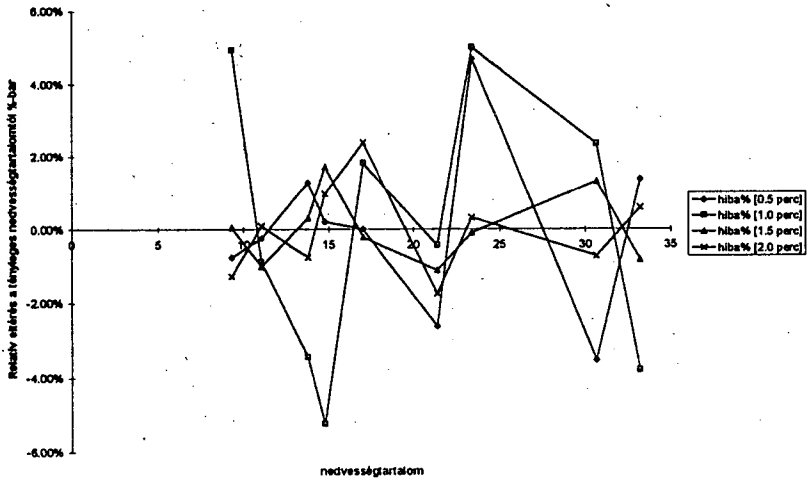
1. ábra Az NLNM-mel illesztett (1) függvénnyel becsült és a tényleges nedvességtartalom közötti relatív eltérések (%-ban)

Ofofi és Komolprasert (1988) tanulmányából nyert levezetések egy merész általánosítással a regressziós függvénykapcsolatot megváltoztattuk:

$$y = a x^c \exp(b x) \quad (3)$$

ahol  $a, b$  és  $c$  regressziós paraméterek. Ofofi és Komolprasert (1988) a hőeloszlást vizsgálta élelmiszerekben elektromágneses tér hatására. A (3) egyenlethez hasonló formulát nyertek, az  $y$  helyett az  $E^2$  elektromos térerősség négyzetét és  $x$  helyett a  $t$  időt szerepeltetve. Mivel a  $t$  idő és  $T$  hőmérséklet között is egyszerű hatványfüggvény kapcsolat van, így jogosnak tűnik az az elképzelésünk, hogy az élelmiszerekbe bejutó elektromágneses hullám térereje az időben (így a hőmérséklettel is) analóg módon változik az ellentétes irányú szárítási folyamat során az eltávozó nedvességgel a részleges nedvesség függvényében. Az analógia akkor teljes, ha elektromágneses hullámot (mikrohullámot) használunk melegítésre, hiszen minél nagyobb a nedvességtartalom annál inkább elnyelődik a hullám és annál inkább fejt ki effektív szárító hatást a belső hőmérséklet emelkedése.

A (3) függvényt felhasználva alkalmaztuk a NLNM-ét, a számított relatív eltéréseket a 2. ábrán mutatjuk be.



2. ábra Az NLNM-mel illesztett (3) függvénnyel becsült és a tényleges nedvességtartalom közötti relatív eltérések (%-ban)

Az illesztés során az  $R^2$  determinációs együttható sosem lett kisebb, mint 0,99! Ebből a tényből persze nem szabad messze menő következtetéseket levonni, hiszen a minták száma (9) nem változott, míg a becsülendő paraméterek száma eggyel nőtt. A 2. ábrát összehasonlítva az 1. ábrával jól látszik, hogy a (3) összefüggés alkalmazásával az eltérések jelentősen csökkentek, sőt az 1 perces kezelés helyett a 1,5 perces tartó mikrohullámú besugárzást lehet a legjobbnak nyilvánítani.

Természetesen a bemutatott eredmények a felhasznált adatok csekély száma miatt nem egyértelműen bizonyító erejűek, ezért tervezzük a kísérletek kiszélesítését és komolyabb matematikai statisztikai elemzések elvégzését (hibaterjedés (Meloun et al. 1992), becslések konfidencia intervallumának meghatározása, stb.), valamint a kemometriai módszerekkel történő kiértékelést, melyek alkalmazásában már némi tapasztalatra tettünk szert (Horváth et al. 1989; Rajkó et al. 1989; Rajkó 1994a; Rajkó 1995; Rajkó 1996a, 1996b), hiszen a vázolt eljárás során is a kalibrációs mérések helyes kiértékeléséről van szó. Remény van tehát arra, hogy egy gyors, szabványosítható nedvességtartalom meghatározási módszert dolgozzunk ki.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány elkészülését az OTKA T-017714 sz. pályázata támogatta.

## IRODALOM

- Horváth, I., Rajkó, R., Huhn, P. (1989):** Robusztus regressziós módszerek alkalmazása a lineáris kalibrációs modellben, *I. Magyar Kémiai Folyóirat*, **95**, pp.327-335
- Kemény, S. és Deák, A. (1990):** Mérések tervezése és eredményeik kiértékelése. *Műszaki Könyvkiadó, Budapest.*
- Meloun, M., Militky, J., Forina, M. (1992):** *Chemometrics for analytical chemistry. Vol. 1: PC-aided statistical data analysis.* Ellis Horwood, New York, etc.
- MSZ 6367/3-83 (1984):** Élelmzési, takarmányozási, ipari magvak és hántolt termények vizsgálata. Nedvességtartalom meghatározása.
- Ofoli, R.Y., Komolprasert, V. (1988):** On the thermal modeling of foods in electromagnetic fields. *Journal of Food Processing & Preservation*, **12**, pp.219-241
- Rajkó, R. (1994a):** Treatment of model error in calibration by robust and fuzzy procedures. *Analytical Letters*, **27(1)**, pp.215-228
- Rajkó, R. (1994b):** Lineáris és linearizált függvénykapcsolatok kiértékelése. *Élelmiszeripari Főiskola, Tudományos Közlemények*, **17**, pp.44-52
- Rajkó, R. (1995):** Új paraméterbecslő eljárások alkalmazása az analitikai méréskiértékelés gyakorlatában. *Egyetemi Doktori Értekezés, JATE, Szeged.*
- Rajkó, R. (1996a):** Adatkiértékelés minősége az élelmiszeriparban. II. Nemzetközi Élelmiszertudományi Konferencia, KÉE ÉFK Szeged.
- Rajkó, R. (1996b):** Calibration problems in analytical measurement. *EUROANALYSIS IX, European Conference on Analytical Chemistry, Bologna, Italy.*
- Rajkó, R., Szabó, G. (1995a):** Linearizált függvénykapcsolatok kiértékelése az aprítás és szűrés műveletekre vonatkozóan. *Élelmiszeripari Főiskola, Tudományos Közlemények*, **18**, pp.9-18
- Rajkó, R., Szabó G. (1995b):** Robusztus módszerek a minőségbiztosítás és a minőségellenőrzés gyakorlatában. *Élelmiszeripari és Vegyipari Gépek a Gyakorlatban '95 Konferencia és Kiállítás, Gyula*, pp. 76-82
- Rajkó, R., Szabó, G. (1995c):** Novel data processing methods in food science. *9th World Congress of Food Science and Technology, Budapest.*
- Rajkó, R., Szabó, G. (1996a):** Szójabab mikrohullámú kezeléséhez művelettani paraméterek optimalizálása kísérlettervezéssel. *Agrár főiskolák Szövetségének Tudományos Közleményei*, **19/1**, pp.134-148
- Rajkó, R., Szabó, G. (1996b):** Experimental design in food industry. *12th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA'96, Praha, Czech Republic.*
- Rajkó, R., Horváth, I., Huhn, P. (1989):** Paraméterbecslés a fazzi halmazok segítségével. *Magyar Kémiai Folyóirat*, **95**, pp.323-326
- Rajkó, R., Szabó G., Kovács, E., Papp, T., Hotya, Zs. (1995a):** Szójabab tripszininhibitor aktivitásának csökkentése mikrohullámú kezeléssel. *Élelmiszeripari Főiskola, Tudományos Közlemények*, **18**, pp.45-56

- Rajkó, R., Szabó, G., Kovács, E., Papp, T., Hotya, Zs. (1995b):** Kísérlettervezés szójabab mikrohullámú termikus kezelésének optimalizálásához. *Az MTA ÉKB, a MÉTE és a KÉKI 275. Tudományos Kollokviuma, Budapest.*
- Rajkó, R., Szabó, G., Vidal-Valverde, C., Kovács, E. (1997):** *Designed experiments for reducing enzyme activity of soyabean by microwave energy. Journal of Agricultural and Food Science, in press.*
- Sharma, N., Hanna, M.A. (1989):** *A microwave oven procedure for soybean moisture content determination. Cereal Chemistry, 66(6), pp.483-485*
- Szabó, G., Rajkó R. (1995):** *A mikrohullámú technika alkalmazása élelmiszeripari műveletekben-eljárásokban. Élelmiszeripari és Vegyipari Gépek a Gyakorlatban '95 Konferencia és Kiállítás, Gyula, pp. 83-91*
- Szabó, G., Rajkó, R., Kovács, E. (1995):** *Novel experimental methods for reducing enzyme activity by microwave energy. 9th World Congress of Food Science and Technology, Budapest.*
- Szabó, G., Rajkó, R., Papp, T. (1996):** *A mikrohullámú technika alkalmazása élelmiszeripari műveletekben-eljárásokban. II. Nemzetközi Élelmiszertudományi Konferencia, KÉE ÉFK Szeged.*
- Szabó, G., Rajkó, R., Kovács, E., Papp, T., Hotya, Zs. (1994):** *Mikrohullámú termikus kezelés hatása a szójabab minőségére. Élelmiszeripari Főiskola, Tudományos Közlemények, 17, pp.12-22.*

**STATISTICAL INVESTIGATION OF A RAPID METHOD FOR  
MOISTURE CONTENT DETERMINATION  
BY MICROWAVE HEATING**

R. RAJKÓ and G. SZABÓ

University of Horticulture and Food Industry  
College of Food Industry  
H-6701 Szeged, POB 433

**ABSTRACT**

*The paper shows the critical investigation of a rapid method for moisture content determination by microwave heating connected to our previous research to decrease antinutritive agents in soybean. Based on careful statistical analysis of the published data, we conclude rather different results, then the authors of the cited literature have done. Instead of the exponential relationship  $y = a \exp(b x)$  we recommend to use  $y = a x^b \exp(b x)$ , theoretical foundation of this latter relationship is also given. Using this new equation, the microwave exposure time 1.5 min was found as the best to estimate actual moisture content. Of course, several additional experiments need to strength these new conclusions with our vacuumable, rotating microwave equipment Labotron 500.*