FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2002. március 22-23.

BÚZA DIELEKTROMOS ÁLLANDÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA MÉRÉSSSEL

Váczy Gábor - Géczi Gábor

Abstract

Food processing by microwave heating has become attractive lately, as it is a volume, uniform, shorter time heating when compared to conventional methods. For example, here can be mentioned pre-cooking of rice, blanching of peas and corn, or enzyme-inactivation of wheat and mustard seeds. The development of this industry has been essentially empirical, as many interacting physical phenomena are involved. When modelling research is carried over, accurate knowledge of dielectric properties of food is required.

The dielectric properties of materials characterise the wave-material interaction. They are usually represented by the complex number, $\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon''$, where the real part, ε' , is associated with the ability of a material to store electric-field energy and the imaginary part, ε'' , reflects the ability of a material to dissipate electric energy in the form of heat.

In this paper, two waveguide methods for measuring the dielectric constant of non-magnetic materials at 2.45 GHz frequency are reviewed, and experimental results for mustard seeds are presented as a function of the bulk density and the moisture content.

Bevezetés

Élelmiszeripari mérnökök számára elengedhetetlen maga a permittivitás ismerete, hisz a technológiák kidolgozása az anyagok azon tulajdonságán alapszik, hogy a mikrohullámú tér hatására bennük hő keletkezik, ami az anyagok veszteségtényezőjével arányos [1...3].

$$P_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon'' \cdot E^2 \cdot V \quad (1)$$

Az (1) összefüggés megmutatja, hogy egy adott térfogatú termékben disszipálódó teljesítmény függ az ε'' , veszteségtényezőtől, mint anyagjellemzőtől, valamint f , frekvenciától (1/s), a V , anyagmennyiségtől (m^3) és az E , elektromos térerősségtől (V/m), melyeket a technológia ismeretében alakítunk ki. ε_0 - a vákuum permittivitása ($8,8542 \cdot 10^{-12}$ F/m).

Mérési módszerek

Mintával töltött TE_{10} alapmódú négyszögletes csőtvonalon a komplex dielektromos állandó a következő kifejezéssel határozható meg:

$$\varepsilon = \frac{-\frac{\gamma_\varepsilon^2}{4\pi^2} + \frac{1}{\lambda_c^2}}{\frac{1}{\lambda_g^2} + \frac{1}{\lambda_c^2}} = \frac{y_\varepsilon + \frac{\lambda_g^2}{\lambda_c^2}}{1 + \frac{\lambda_g^2}{\lambda_c^2}}. \quad (2)$$

Mivel λ_c - a terjedési mód határhullámhossza és λ_g - a levegővel töltött csőtvonalban mérhető hullámhossz adott csőtvonal és frekvencia esetén állandók, így a dielektromos állandó kiszámításához, a γ_ε - terjedési állandót vagy az y_ε - admittancia determinánsát kellett meghatároznunk. A γ_ε mérést, a komplex dielektromos állandó meghatározására, két pont módszernek nevezzük, még ha az y_ε kerül meghatározásra, akkor a két reaktív lezárás módszerről beszélünk [4,7..9].

A mérési elvét és a mikrohullámú mérőkört az 1. ábra mutatja. A négyszögletes csőtvonal, ami a vizsgálandó anyagot is magába foglalja l_ε hosszon /5/, egy csúszó rövidzárral zárható le /6/, melynek hossza l_s változtatható. A csőtvonal hasított része /2/ a minta bal oldalán kapcsolódik, amely az állóhullám vizsgálatát teszi lehetővé, "I"-el jelöljük az antenna /4/ és a minta távolságát. Az antennával összeköttetésben az állóhullámarány mérő /3/ található. A méréshez szükséges jelet az erre a célra kifejlesztett mikrohullámú szignál generátor biztosítja /1/.

1. ábra Mikrohullámú mérőkör

A két pont módszernél beállítjuk $l_s=0$, vagy $l_s = \frac{\lambda_g}{4}$, annak megfelelően, hogy rövidzárt vagy szakadást vizsgálunk. Megkeressük a kialakult állóhullám minimumhelyének távolságát a mintától (l)

és leolvassuk az állóhullámarányt (5). Rövidzár alkalmazás során a kapott értékekből a (3) transzcendens egyenletet oldottuk meg. β a fázistényező és $\beta = \frac{2\pi}{\lambda_g}$.

$$\frac{\tanh(\gamma_\epsilon l_\epsilon)}{\gamma_\epsilon l_\epsilon} = \frac{1}{j\beta l_\epsilon} \frac{1 - jS \tan(\beta l)}{S - j \tan(\beta l)}, \tag{3}$$

Szakadás esetén cotangens hiperbolikus függvény alkalmazandó a tangens hiperbolikus helyett.

A két reaktív lezárás módszer esetén beállítunk két különböző hosszúságot (l_{s1} és l_{s2}) az állítható lezáró szakaszon, majd meghatározzuk a lezárás bemeneti admittanciáit (y_1 , y_2) és az anyag bemeneti admittanciáit ($y_{in,\epsilon,1}$), ($y_{in,\epsilon,2}$) az állóhullám vizsgálatával. Ezek után az admittancia determináns a (4) egyenlet segítségével számítható.

$$y_\epsilon = \frac{y_2 y_{in,\epsilon,2} (y_1 - y_{in,\epsilon,1}) - y_1 y_{in,\epsilon,1} (y_2 - y_{in,\epsilon,2})}{y_1 - y_2 - (y_{in,\epsilon,1} - y_{in,\epsilon,2})} \tag{4}$$

Egyszerűsíthető a mérés, ha $l_{s1}=0$ és $l_{s2} = \frac{\lambda_g}{4}$ értékeket állítunk be (rövidzár és szakadás) így a (4)-es egyenlet a következőképpen egyszerűsödik:

$$y_\epsilon = y_{in,\epsilon,1} y_{in,\epsilon,2} \tag{5}$$

Az admittancia determinánsokat a szokásos kifejezéssel számíthatjuk (6), ahol Γ_n - a reflexió tényező és $\Gamma_n = \frac{S-1}{S+1}$.

$$y_{in,\epsilon,n} = \frac{(1 + \Gamma_n \cdot \cos(2\beta l_n)) + \Gamma_n \cdot j \cdot \sin(2\beta l_n)}{(1 - \Gamma_n \cdot \cos(2\beta l_n)) + \Gamma_n \cdot j \cdot \sin(2\beta l_n)} \tag{6}$$

A szükséges számítások elvégzéséhez, illetve a transzcendens függvény megoldásához számítógép programokat készítettünk.

Eredmények

1.sz. táblázat

$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	8 %	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	12 %	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	16 %	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	20 %
0,751	2.73-0.22j	0,723	2.75-0.32j	0,691	2.84-0.36j	0,682	2.95-0.46j
0,814	2.91-0.25j	0,770	2,92-0,36i	0,797	3,21-0,47i	0,714	3,09-0,50i
0,890	3,18-0,29i	0,890	3,34-0,46i	0,897	3,63-0,55i	0,835	3,61-0,66i
1,030	3,65-0,38i	0,951	3,58-0,51i	0,995	4,05-0,68i	0,908	3,92-0,74i
1,123	4,05-0,43i	1,090	4,15-0,64i	1,072	4,41-0,77i	1,021	4,49-0,91i

2.sz. táblázat

$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	8 %	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	12 %	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	16 %	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	20 %
0,751	2.73-0.22j	0,723	2.75-0.32j	0,691	2.85-0.36j	0,682	2.94-0.44j
0,814	2.91-0.24j	0,770	2,92-0,36i	0,797	3,20-0,46i	0,714	3,10-0,51i
0,890	3,19-0,29i	0,890	3,35-0,46i	0,897	3,63-0,55i	0,835	3,62-0,67i
1,030	3,65-0,38i	0,951	3,56-0,50i	0,995	4,04-0,66i	0,908	3,90-0,71i
1,123	4,03-0,42i	1,090	4,16-0,64i	1,072	4,40-0,78i	1,021	4,50-0,93i

A búza dielektromos állandóját 2.45 GHz frekvencián, két reaktív lezárás módszerrel mérve az 1. táblázat, még két pont módszerrel meghatározva a 2. táblázat mutatja, 5 különböző halmazsűrűség értéken és 8-20% nedvességtartalom mellett. Az értékek gyakorlatilag azonosnak mondhatók, mind amellet jó egyezőséget mutatnak korábbi szakirodalmi adatokkal is [5,6].

Végezetül elmondhatjuk, hogy kifejlesztettünk egy megbízható, csőtápvonalas mérési módszert nagy veszteségű anyagok, főleg élelmiszerek dielektromos állandójának meghatározására. A mérések eredményei az élelmiszeripari technológiák fejlesztéséhez hathatóan alkalmazhatóak.

Felhasznált irodalom

- [1] *** *Microwave Processing of Materials*, Publication NMAB-473 (National Materials Advisory Board), National Academy Press, Washington D.C., 1994. pp.18-38.
- [2] P. Sembery, G. Géczi, M. Kovács, M. Douba, "High frequency and microwave dielectric properties of basic food materials", *Hungarian Agricultural Engineering* 12/1999, Gödöllő, pp. 15-19.
- [3] M. Sucher, J. Fox (eds.), *Handbook of Microwave Measurements*, Polytechnic Press, Brooklyn, 1963.vol.II, pp.503-510.
- [4] R. E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, McGraw-Hill Book Company, 1992. pp. 64-138.
- [5] Stuart O. Nelson, "Factors Affecting the Dielectric Properties of Grain", *Transactions of the ASAE*-1982, pp. 1045-1056.
- [6] Based on research by S. O. Nelson and others, "Dielectric Properties of Grain and Seed", *ASAE STANDARDS* 1993, pp. 439-446.
- [7] G. Géczi - P. Sembery - A. De Sabata, "Dielectric Constant Measurement for Wheat", *Proceedings of the Symposium on Electronics and Telecommunications* 2000, pp 198-200.
- [8] Géczi G. - Dr. Sembery P. - Váczy Gábor - A. De Sabata 2001. Termények dielektromos állandójának meghatározása 2.45 GHz frekvencián, csőtápvonalas módszerek segítségével. *Műszaki Kémiai Napok '01*. Veszprém ISBN 9630064677 p. 82-87.
- [9] P.Sembery - G.Géczi - G.Váczy 2001. Measurement Methods of Dielectric Properties of Mustard Seeds at Microwave Frequency, *Hungarian Agricultural Research*, Vol. 10, Nr.3, p.16-18.

Váczy Gábor Ph.D. hallgató

2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

Szent István Egyetem Gödöllő

gvaczy@mailbox.hu

Géczi Gábor egyetemi tanársegéd, Ph.D. hallgató

2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

Szent István Egyetem Gödöllő

geczi.aet.mgk@mgk.gau.hu