FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2002. március 22-23.

BÚZA DIELEKTROMOS ÁLLANDÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA ELMÉLETI ÚTON

Géczi Gábor- Váczy Gábor

Abstract

Use of electrical properties of grain for moisture measurement has been the most prominent agricultural application for dielectric properties data. Besides, the permittivities of the products can be used by the radio-frequency and microwave heating for seed treatment, improvement of nutritional and keeping qualities of some products, and controlling insects in grain.

For practical use, the dielectric properties of usual interest are the permittivity ϵ' and the dielectric loss factor ϵ'' , the real and imaginary parts, respectively, of the relative complex permittivity, $\epsilon = \epsilon' - i\epsilon'' = |\epsilon| \exp(-i\delta)$, where δ is the loss angle of the dielectric. The property of the agricultural crops are the changes of food value, composition or the water content, or bulk density year by year. Together with these, the dielectric properties change as well. During the research we would like to know, the dielectric properties of the crops can be determine as a function of the bulk density and moisture content.

We present the air and the wheat seeds two-components system's correlation, and we look for the relationship between the permittivity and moisture content, with the use of our measuring results.

Bevezetés

A legtöbb anyag dielektromos jellemzői számos tényező hatására változhatnak. A higroszkópos anyagokban, mint amilyenek a mezőgazdasági termékek is, az anyagban lévő víz mennyisége általában domináns tényező. A dielektromos jellemzők függenek továbbá a változó elektromos mező frekvenciájától, az anyag hőmérsékletétől, az anyag sűrűségétől és szerkezetétől. A szemcsés illetve a részecske természetű anyagokban a levegő-szemcse keverék halmazsűrűsége még egy további tényező, amely befolyásolja dielektromos jellemzőiket. Természetesen az anyagok dielektromos jellemzői függenek kémiai összetételüktől és főleg az állandó dipólusmomentumtól, mely a vízzel hozható összefüggésbe és minden más molekulától, melyek az anyagok szerkezetét alkotják.

Ha csupán adott szemestermény méretének érettségtől, fajtától vagy évjárártól való eltéréseit vesszük alapul belátható, hogy halmazsűrűségük és ezzel együtt dielektromos tulajdonságaik kezelés szempontjából vagy akár nedvességtartalom meghatározás céljából eltérőek, félrevezetőek lehetnek.

Keverék egyenletek

A dielektromos keverék egyenletek arra használhatók, hogy megbecsüljük a tömör anyag dielektromos jellemzőit a levegő-szemcse állapotú keverék dielektromos jellemzőiből, amely keverék levegőből és az adott tömör anyag szemcséiből épül fel. Ahhoz, hogy ezeket az egyenleteket használni lehessen, ismerni kell a minta komplex permittivitását annak térfogatsűrűségén, ρ_h , és a tömör anyag fajsúlyát vagy sűrűségét, ρ_m . A szemcsék által a keverék teljes mennyiségéből képviselt töredék részt v_2 -t, ezután a ρ_h/ρ_m kifejezés adja meg.

Számos jól ismert dielektromos keverék egyenletet vettünk számításba. Az ϵ a keverék komplex permittivitását jelöli, ϵ_1 a közeg komplex permittivitása, amelyben az ϵ_2 -es komplex permittivitású szemcsék találhatók elosztva, továbbá v_1 és v_2 a komponensek által képviselt részmennyiségek ebben a sorrendben, ahol $v_1 + v_2 = 1$. A felsorolt négy keverék egyenlet mindegyike használható arra, hogy megbecsüljük a tömör anyag komplex permittivitását a levegő-szemcse keverék komplex permittivitásának értékéből azáltal, hogy behelyettesítjük $1 - i0$ (nincs veszteség) ϵ_1 -re, a levegő permittivitására, és azután megoldjuk ϵ_2 -re. [1]

Komplex Refraktív Index egyenlet:

$$(\epsilon)^{1/2} = v_1 \cdot (\epsilon_1)^{1/2} + v_2 \cdot (\epsilon_2)^{1/2} \quad (1)$$

Landau és Lifshitz, Looyenga egyenlet:

$$(\epsilon)^{1/3} = v_1 \cdot (\epsilon_1)^{1/3} + v_2 \cdot (\epsilon_2)^{1/3} \quad (2)$$

Negyedik gyökös egyenlet:

$$(\epsilon)^{1/4} = v_1 \cdot (\epsilon_1)^{1/4} + v_2 \cdot (\epsilon_2)^{1/4} \quad (3)$$

Böttcher egyenlet:

$$\frac{\epsilon - \epsilon_1}{3 \cdot \epsilon} = v_2 \cdot \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 + 2 \cdot \epsilon} \quad (4)$$

Mérési és számítási eredmények

Adott halmazsűrűségű és nedvességtartalmú búza minta komplex dielektromos állandóját négyzetes csőtápvonalon határoztuk meg két pont módszer segítségével. [3]. Mérési és számítási eredményeinket a 1.számú táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban látható búzamag permittivás értékeit, a mérési eredményből számoltuk ki a különböző keverék egyenletek segítségével. Az értékeket diagramban is ábrázoltuk, mely az 1.ábrán látható. Mind a táblázat, mind a 1. ábra szépen mutatja, hogy a keverék egyenletek közül a Landau és Lifshitz, Looyenga egyenlet (2) megoldásával nyert értékeknek van a legkisebb szórása. Többek között S.O.Nelson is igazolta szénpor-levegő és más mintákon végzett kísérletekkel, hogy a kétkomponensű rendszerek számításaihoz a már említett (2) összefüggés a legalkalmasabb[2].

Ssz.	Mért értékek				Számított értékek				
	w %	ρ_m g/cm ³	ρ_h g/cm ³	$\varepsilon=\varepsilon'-\varepsilon''i$	v_2	Búzamag dielektromos állandója keverék egyenletek segítségével			
						(1)	(2)	(3)	(4)
1	8	1,318	0,751	2,73-0,22i	0,5698	4,60-0,50i	4,88-0,57i	5,06-0,61i	4,80-0,54i
2			0,814	2,91-0,25i	0,6176	4,59-0,51i	4,84-0,57i	4,99-0,61i	4,74-0,53i
3			0,890	3,18-0,29i	0,6753	4,66-0,52i	4,88-0,57i	5,01-0,60i	4,76-0,53i
4			1,030	3,65-0,38i	0,7815	4,69-0,55i	4,83-0,59i	4,91-0,61i	4,72-0,55i
5			1,123	4,05-0,43i	0,8520	4,79-0,55i	4,89-0,57i	4,94-0,59i	4,80-0,55i
6	12	1,277	0,723	2,75-0,32i	0,5659	4,67-0,74i	4,97-0,84i	5,16-0,91i	4,89-0,80i
7			0,770	2,92-0,36i	0,6032	4,72-0,76i	5,00-0,86i	5,17-0,92i	4,90-0,80i
8			0,890	3,34-0,46i	0,6969	4,78-0,79i	4,99-0,86i	5,12-0,91i	4,87-0,81i
9			0,951	3,58-0,51i	0,7445	4,83-0,80i	5,00-0,86i	5,11-0,90i	4,88-0,80i
10			1,090	4,15-0,64i	0,8536	4,90-0,81i	5,00-0,85i	5,06-0,87i	4,92-0,81i
11	16	1,236	0,691	2,84-0,36i	0,5595	4,94-0,85i	5,28-0,98i	5,50-1,06i	5,19-0,92i
12			0,797	3,21-0,47i	0,6446	4,96-0,91i	5,23-1,01i	5,39-1,08i	5,09-0,94i
13			0,897	3,63-0,55i	0,7255	5,05-0,89i	5,26-0,97i	5,38-1,02i	5,12-0,90i
14			0,995	4,05-0,68i	0,8051	5,09-0,95i	5,24-1,00i	5,33-1,04i	5,12-0,95i
15			1,072	4,41-0,77i	0,8677	5,14-0,96i	5,24-1,00i	5,30-1,02i	5,15-0,95i
16	20	1,202	0,682	2,95-0,46i	0,5672	5,12-1,07i	5,48-1,23i	5,70-1,34i	5,37-1,16i
17			0,714	3,09-0,50i	0,5944	5,16-1,09i	5,50-1,24i	5,71-1,34i	5,37-0,16i
18			0,835	3,61-0,66i	0,6948	5,26-1,15i	5,51-1,26i	5,67-1,34i	5,36-1,17i
19			0,908	3,92-0,74i	0,7553	5,27-1,14i	5,47-1,23i	5,59-1,28i	5,32-1,14i
20			1,021	4,49-0,91i	0,8491	5,37-1,17i	5,49-1,23i	5,56-1,26i	5,38-1,17i

1. ábra Búzamag permittivitása 2,45 GHz frekvencián, 20 °C-on, az 1. számú táblázat alapján,
/ + - Komplex Refraktív Index, * - Landau, Lifshitz, Looyenga, O - Negyedik gyökös, x - Böttcher e./

Az 1. ábrából kitűnik, hogy a különböző nedvességtartalmú mintákból meghatározott dielektromos állandók elkülönülnek egymástól. Nem véletlen, hiszen korábbi méréseinkből is láthattuk, hogy a nedvességtartalom növekedése, mind a dielektromos állandó, mind a veszteségtényező növekedését idézi elő. A 2. ábrán a nedvességtartalom függvényében ábrázoltuk a Landau és Lifshitz, Looyenga egyenlettel számított búzamazg permittivitás értékeit.

2. ábra Dielektromos jellemzők a nedvességtartalom függvényében. / ϵ' - ♦, ϵ'' - ■ /

A 2. ábrán feltüntetett egyenletek segítségével, valamint alkalmazva a Landau és Lifshitz, Looyenga összefüggést nagy pontossággal tudjuk megbecsülni különböző nedvességtartalmú és halmazsűrűségű búza permittivitását. Egyelőre, csak az általunk vizsgált búzafajtára nyújtanak kielégítő eredményeket, de jelenleg több búzafajtával és más mezőgazdasági terménnyel is folynak kísérletek. Számításaink alkalmasak lehetnek mikrohullámmal működő mérőberendezések - pl. nedvességmérő műszer - ellenőrzésére, beállítására.

Felhasznált irodalom

[1] S. O. Nelson, Dielectric Properties of Agricultural Products, IEEE Transactions on Electrical Insulation, 1991, Vol. 26 No. 5, pp. 845-866.

[2] S. O. Nelson Measurement and Computation of Powdered Mixture Permittivities, Proceedings of the 17th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference 1: 8-11, 2000

[3] G. Géczi - P. Sembery - A. De Sabata, "Dielectric Constant Measurement for Wheat", Proceedings of the Symposium on Electronics and Telecommunications 2000, pp 198-200.

Géczi Gábor	egyetemi tanársegéd, Ph.D. hallgató	Szent István Egyetem Gödöllő
	2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.	geczi.aet.mgk@mgk.gau.hu
Váczy Gábor	Ph.D. hallgató	Szent István Egyetem Gödöllő
	2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.	gvaczy@mailbox.hu