FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

A TEJ DIELEKTROMOS JELLEMZŐJÉNEK VIZSGÁLATA

Váczy Gábor

ABSTRACT

Our research have been conducted on microwave pasteurization as an option, being complemented, knowing the physical characteristics of milk is with vital importance. The milk fat content has got major influence on dielectric properties. According to that we are observing the dielectric constant so called permittivity of the commercially used milk having 2.8, 1.5 and 0.1 fat content.

For our measurements we implemented a cavity measuring circle, providing us reliable and correct measurement results in the special case of low loss factor matters like milk is.

The ϵ' -value in demand has been determined using the geometrical parameters of the sample holder and the determined resonance frequency.

Thus from the results we are able to draw a clear conclusion for the dielectric constant variation in function of the milk fat content.

ÖSSZEFOGLALÓ

Mikrohullámú pasztörözés lehetőségét vizsgáljuk, amihez elengedhetetlen a tej fizikai jellemzőinek ismerete. Nagymértékben befolyásolja a dielektromos tulajdonságokat a tej zsírtartalma. Ezért ennek függvényében vizsgáltuk a kereskedelmi forgalomban kapható; 2.8, 1.5 és 0.1 % zsírtartalmú tejek dielektromos állandóját vagy permittivitását (ϵ').

Méréseinkhez egy üregrezonátoros mérőkört hoztunk létre, ami kis veszteségtényezőjű anyagok -ilyen a tej is - esetén biztosít pontos mérési eredményt. A keresett ϵ' értéke a mintatartó geometria méreteinek, illetve a meghatározott rezonanciafrekvencia felhasználásával került meghatározásra. Eredményekből jól látható a valós dielektromos állandó változása a zsírtartalom függvényében.

1. BEVEZETÉS

Terminológia szerint a tej hőkezelése a termelői és a feldolgozott tejnek, az abban esetleg előforduló kórokozók elpusztítása és az egyéb mikrobák számának erőteljes csökkentése céljából végrehajtott hőkezelése meghatározott idő - hőmérséklet összefüggés szerint történik.

Tejfeldolgozás során legelterjedtebben alkalmazott hőközlés a pasztörizálás. A minőség megőrzésének korszerű eljárásainak egyike az UHT (ultra magas hőmérsékletű) hőkezelés, ami a hagyományosnál magasabb kezelési hőmérsékletet, és rendkívül gyors felmelegítést és visszahűtést jelent.

Másik eljárás dielektromos fűtéssel oldja meg a hőközlést. Itt a kezelendő tejet nagyfrekvenciájú változó áramú elektromágneses térbe helyezik. Az elektromágneses tér hatására az anyag részecskéi mozgásba jönnek, átrendeződnek és mozgási energiájuk egy része hővé alakul. Magas frekvenciánál tehát az anyag ún. dielektrikumként viselkedik.

A frekvenciasávtól függően, kétféle fűtési mód különböztethető meg:

- nagyfrekvenciás dielektromos fűtés ($f = 10\text{--}50\text{ MHz}$)
- mikrohullámú dielektromos fűtés ($f = 2450\text{ MHz}$)

A technológiák során az elektromos tér hatására bennük hő keletkezik, ami az anyagok veszteségtangensével arányos.

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

ahol:

- f - a frekvencia (1/s)
- ε_0 - a vákuum permittivitása ($8,8542 \cdot 10^{-12}\text{ F/m}$)
- ε' - a dielektromos állandó
- $\tan \delta$ - a veszteségi szög tangense
- E - az elektromos térerősség (V/m)
- V - az anyag térfogata (m^3)

Az (1) összefüggés megmutatja, hogy egy adott térfogatú termékben disszipálódó teljesítmény függ a valós dielektromos állandótól és a veszteség tangenstől, mint anyagi jellemzőtől valamint frekvenciától, a mennyiségtől és a térerősségtől, melyeket a technológia ismeretében alakítunk ki.

Mint az (1) összefüggésből látható, technológia ismeretében a mérhető paraméter az anyagi jellemző. Tejminták mikrohullámú dielektromos tulajdonságairól először **de Loor** és **Meijboom** számol be. A tej kisfrekvenciás dielektromos állandójára 69,5-ös értéket kaptak.

Kutatásunk során a tej dielektromos anyagi jellemzőjét vizsgáltuk annak függvényében, hogy az felhasználható-e a mikrohullámú pasztörözés szabályozására.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Tej, mint kis veszteségtényezőjű anyag üregrezonátoros mérési módszerrel került vizsgálatra, ami ilyen anyagok esetén biztosít pontos mérési lehetőséget. A tej minőségét meghatározó paraméter a zsírtartalom, amely egyben befolyásolja a dielektromos jellemzőket is. Ezért vizsgáltuk a tej permittivitását a zsírszázalék függvényében. Mintaként kereskedelmi forgalom kapható; 2.8, 1.5 és 0.1 % zsírtartalmú tejekezt választottunk.

Tejet egy hengeres mintatartóba helyeztük úgy, hogy azt teljesen kitöltse. Ezt helyezzük az üregrezonátor belső terébe.

Méréseink során a dielektromos állandó vagy permittivitás (ε') került meghatározásra a mintatartó geometria mérteinek, illetve a mért frekvencia figyelembevételével. Mérés során megkeressük a maximális feszültséghez tartozó frekvencia értéket (rezonanciafrekvencia), s abból számoljuk a dielektromos állandót.

Az 1. sz. ábrán a mérőkör látható, a mérés menetének bemutatásával.

1. ábra Mérőkör, a mérés menete

3. EREDMÉNYEK

A mért értékekből a következő képlet segítségével határozzuk meg a permittivitást (ϵ').

$$\epsilon' = \left[\frac{C}{f_r \cdot D} \right]^2 \tag{2}$$

ahol:

- C - a fénysebesség (3×10^8 m/s)
- D - mintatartó belső átmérője (0,01 m)
- f_r - rezonanciafrekvencia

Táblázatban a méréssorból megállapítható maximális feszültség értékhez tartozó rezonanciafrekvencia értékek, valamint az ebből számolt dielektromos állandók láthatóak.

Zsírtartalom (%)	Kitérés (mV)	Rezonancia-frekvencia (GHz)	ϵ'
2,8	40	3,466	74,917
1,5	24	3,462	75,091
0,1	51	3,431	76,454

Rezonanciafrekvencia értékek ismeretében, több mérés eredményeként mutatja a tej dielektromos állandóját a zsírtartalom függvényében a 2. sz. ábra.

2. ábra Tej dielektromos állandója a zsírtartalom függvényében

A 2. sz. ábrán jól látható, hogy a permittivitás értéke hogyan változik a zsírtartalom növekedésével. Minden egyes mérési sorozat során a növekvő zsírtartalom esetén a permittivitás szignifikánsan csökken.

Elmondhatjuk, hogy kifejlesztésre került egy üregrezonátoros mérőkör, ami a kisvesztességű anyagok, főleg élelmiszerek (tej) dielektromos állandójának meghatározására alkalmas. Azonban élelmiszeripari technológiák fejlesztéséhez elengedhetetlen a permittivitás értéke mellett a veszteségtényező, vagy veszteségtangens ismerete. Jelenleg azon fáradozunk, hogy a mérőkör alkalmas legyen ezek meghatározására is, illetve lehetőségünk legyen a minták dielektromos jellemzőit a hőmérséklet változás függvényében is vizsgálni.

IRODALOM

- (1) De Loor, G.P. and F.W. Meijboom. (1966.): The dielectric constant of foods and other materials with high water contents at microwave frequencies. Journal Food Technology 1: 313. p.
- (2) Mudgett, R.E., A.C. Smith. D.I.C. Wang and S.A. Goldblith, (1974.): Prediction of dielectric properties in nonfat milk at frequencies and temperatures of interest in microwave processing. J. Food Sci. 39:52-54. p.
- (3) Gábor Géczi and Péter Sembery, (2002.): Connections for Determining the Dielectric Properties of Agricultural Products. Hungárián Agricultural Research, Vol. 11, No.2: 17-20. p.