

基于微波加热的馒头介电特性的分析与研究

宋春芳^{1,2}, 王燕^{1,2}, 张翰之^{1,2}, 余华杰^{1,2}, 崔政伟^{1,2}, 朱海清^{1,2}

(1. 江南大学 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 基于一种同轴探头网络分析仪技术和混合方程的途径研究微波加热馒头的介电特性。测量馒头在不同密度下的介电特性值,运用回归分析方法得出介电特性与频率的关系,通过比较馒头介电特性混合方程计算值和测量值,得到 Bottcher 方程适用于计算馒头的介电常数, Landau and Lifshitz, Looyenga 方程用于计算馒头的损耗因子。研究频率范围 915~2 450 MHz、含水率范围 40.12%~48.50% (w.b.) 和温度范围 25~100 °C 下馒头介电特性的变化规律。研究表明:馒头的介电常数随着频率的增加而减小,损耗因子随着频率的增加呈现出先减小后很缓慢增大的趋势;介电常数和损耗因子均随含水率和温度的增加而增加。馒头微波加热的穿透深度随着各影响因素的增加而减小,且在 25~100 °C 温度范围内,915 MHz 和 2 450 MHz 微波加热馒头最大厚度分别不超过 12.82 cm 和 10.62 cm。

关键词: 馒头;微波加热;介电特性;混合方程;微波穿透深度

中图分类号: TS 201.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2017)05-0466-07

Dielectric Properties of Chinese Steamed Bread Based on Microwave Heating

SONG Chunfang^{1,2}, WANG Yan^{1,2}, ZHANG Hanzhi^{1,2}, YU Huajie^{1,2}, CUI Zhengwei^{1,2}, ZHU Haiqing^{1,2}

(1. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: A method based on network analyzer with an open-ended coaxial cable and mixture equations was used to analyze dielectric properties of Chinese steamed bread by microwave heating. Dielectric properties of Chinese steamed bread were measured under the different densities. Regression analysis method was used to get the relationship between dielectric properties and frequency. By comparing the measured values of dielectric properties with the calculated ones, the Bottcher equation was obtained for the calculation of dielectric constants and the Landau and Lifshitz, Looyenga equation for loss factors. The effects of frequency (915~2 450 MHz), moisture content (40.12%~48.50% (w.b.)) and temperature (25~100 °C) on dielectric properties were studied. Results showed that dielectric constants decreased with the increased frequency, loss factors first decreased then slowly increased with the increased frequency. Both dielectric constants and loss

收稿日期: 2015-05-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(21606109, 51401086); 江苏省产学研—前瞻性联合研究项目(BY2016022-10)。

作者简介: 宋春芳(1974—), 女, 内蒙古巴盟人, 副教授, 工学博士, 硕士研究生导师, 主要从事食品工艺与机械方面的研究。

E-mail:

引用本文: 宋春芳, 王燕, 张翰之, 等. 基于微波加热的馒头介电特性的分析与研究[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(05): 466-472.

factors increased with increased temperature and moisture content. The penetration depth of Chinese steamed bread in microwave heating decreased with the increased factors. Within the temperature range of 25~100 °C, the optimal thickness of steamed buns at 915 MHz and 2 450 MHz in microwave heating was 12.82 cm and 10.62 cm, respectively.

Keywords: Chinese steamed bread, microwave heating, dielectric property, mixture equation, penetration depth

馒头在我国膳食结构中占有十分重要的地位,至今已有 1 700 年的历史^[1]。由于馒头富含碳水化合物和蛋白质,且湿度较高,容易在贮存过程中发霉变质。为了延长面包的保存期,消费者往往将面包放入冰箱冷藏,这容易导致面包老化,从而大大影响其食用品质^[2]。在过去的几十年中,微波加热被研究来控制馒头的霉菌生长和延长货架寿命^[3]。本文作者通过研究馒头的微波加热性能—介电特性来获得期望的加热特性。食品的介电特性(ε^* ,指相对于自由空间)按式(1)的关系描述的^[4]:

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - j\varepsilon'' \quad (1)$$

式(1)中, $j = \sqrt{-1}$ 。实部 ε' 是介电常数,反映了食品在电磁场中储存电能的能力;虚部 ε'' 是电介质的损耗因子,它影响电磁能向热能的转化。食品的介电特性是由各种因素,包括频率、温度、含水率和其他食品组合成分决定的。

同轴探头技术测量频率范围宽,在食品工业中广泛应用,而且方便测量^[5]。此外,多孔材料(空气—颗粒混合物)介电特性可以通过混合方程来计算^[6-7]。只要用实验方法得到均匀且致密的馒头材料的介电特性数据,就可以使用混合方程式计算馒头的介电特性数值。现有文献中,关于馒头在频率范围 915~2 450 MHz 内的介电特性数据没有专门的报道,并且缺少馒头介电特性与影响因素之间的变化关系的研究,因此研究微波加热过程中馒头的介电特性具有重大理论和实用意义,对于进一步研究加热均匀性和控制馒头腐败具有参考价值。本文作者的研究目的主要是在不同密度下使用网络分析仪测量馒头的介电特性,得到合适的混合方程,并在频率 915~2 450 MHz、含水率 40.12%~48.50%(w.b.)和温度 25~100 °C 范围内,计算馒头的介电特性和穿透深度,并研究馒头的介电特性与影响因素之间的关系。

1 材料与方法

1.1 实验材料与制备

馒头购买于无锡当地的超市,要求当天生产、无损伤、霉斑,形状均匀、大小基本一致,试验测得其初始湿基水分质量分数为 46.83%(w.b.)。样品添加去离子水,将样品的水分调整到 48.50%,46.83%,43.61% 和 40.12%(w.b.)。不同含水率的切片样品封装在塑料袋中,放于冰箱中 5 °C 冷藏 24 h 备用。初始含水率的馒头样品被均匀压实于圆柱形的测量单元中(内径=30 mm,高度=30 mm),被压实馒头的直径与厚度分别与测试单元的直径与高度相等,整平样品表面后置于压边机下 30 min,通过改变馒头的重量得到 3 种密度的样品,分别为 0.910、1.003、1.100 g/cm³。实验时,样品置于恒温油浴锅中,达到不同温度 25、40、55、70、85 °C 和 100 °C。

1.2 仪器设备

ARB120 型电子天平,梅特勒—托利多仪器上海有限公司产品;E5061B 网络分析仪、85070E 末端开路同轴探头、85071E 测试软件,美国安捷伦公司产品;HH-1 型数显恒温油浴锅,江苏正基仪器有限公司产品。

1.3 分析测试方法

1.3.1 密度与孔隙率测定 样品表面密度可根据测量质量与体积计算得到;样品颗粒密度的测定采用比重瓶法,使用甲苯作代替溶液,重复测量 3 次取平均值。样品的孔隙率 e 根据下面公式(2)计算^[8]:

$$e = 1 - \frac{\rho}{\rho_m} \quad (2)$$

其中, ρ 为样品表面密度, ρ_m 为样品颗粒密度。

1.3.2 介电特性测定 介电特性测定系统主要由计算机、安捷伦 E5061B 网络分析仪、3.50 mm 校准测试套件、末端开路同轴探头和温度控制单元组成。测量前开机预热 30 min,将制备好的不同馒头

样品放置在测试平台上,测量时保持探头底面紧贴样品,确保在测量过程中探头不与外部空气接触并保持压力不变,通过网络分析仪测试样品的介电特性。每份样品重复测量 3 次,取平均值。

1.3.3 介电混合方程 馒头为多孔材料(空气—颗粒混合物),通过测量得到馒头的空隙率为 (0.75 ± 0.03) ,也就是馒头约仅有 25% 的颗粒物质,这也是在测量介电特性的过程中重复率低的主要原因之一,故介电混合方程常被用来计算多孔材料如馒头的介电特性。通过筛选,选用其中的 4 个方程用来计算馒头的介电常数 ε' 和损耗因子 ε'' ,它们分别为 Lichtenecker 方程 (LE)、Complex Refractive Index 混合方程 (CRIME)、Landau and Lifshitz, Looyenga 方程 (LLE) 和 Bottcher 方程 (BE):

$$\ln \varepsilon = v_1 \ln \varepsilon_1 + v_2 \ln \varepsilon_2 \quad (3)$$

$$\varepsilon = [v_1(\varepsilon_1)^{\frac{1}{2}} + v_2(\varepsilon_2)^{\frac{1}{2}}]^2 \quad (4)$$

$$\varepsilon = [v_1(\varepsilon_1)^{\frac{1}{3}} + v_2(\varepsilon_2)^{\frac{1}{3}}]^3 \quad (5)$$

$$\frac{\varepsilon - \varepsilon_1}{3\varepsilon} = v_2 \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon} \quad (6)$$

式中, ε 为多孔材料的介电特性; ε_1 和 ε_2 分别为空气和颗粒样品的介电特性; v_1, v_2 为相应组分的体积,且有 $v_1 + v_2 = 1$ 。馒头为空气和颗粒馒头材料的混合物,在上面的方程中,空气的介电特性 $\varepsilon_1 = 1 - j_0$,对应的体积 v_1 为馒头的孔隙率;馒头压缩后的体积为 v_2 ; ε_2 为颗粒馒头材料的介电特性。用实验方法直接获得颗粒馒头材料(不含空气)的介电特性非常困难,可以通过密度与介电特性的关系来计算。

1.3.4 微波穿透深度 耗散功率衰减到 $1/e$ (欧拉数 $e \approx 2.718$) 的深度定义为微波的穿透深度(单位:米),可按式(7)计算:

$$d_p = \frac{c}{2\pi f \sqrt{2\varepsilon' [\sqrt{1 + (\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'})^2} - 1]}} \quad (7)$$

其中, c 为真空光速, 3×10^8 m/s; f 为电磁波频率, Hz。

1.3.5 数据分析 应用 OriginPro 8.0 软件对实验数据进行绘图和统计分析。计算介电常数和损耗因子与频率之间的关系,进行回归分析,得到基于各影响因素下介电常数和损耗因子的回归分析结果和相关系数 R^2 。

2 结果与讨论

2.1 混合方程的选择

含水率为 46.83% 和 25 °C 室温下,运用网络分析仪对 3 种密度下馒头介电特性进行测量,并通过 OriginPro 8.0 软件对 915~2 450 MHz 频率范围内的介电常数与损耗因子进行回归分析,得到介电常数、损耗因子和频率之间的关系可以描述为:

$$\varepsilon' = A + \frac{B}{f} \quad (8)$$

$$\varepsilon'' = C + \frac{D}{f} \quad (9)$$

其中 A, B, C 和 D 皆为常数,见表 1。各常数与馒头的密度 ρ 存在线性关系:

$$A = 87.50\rho - 65.35 \quad R^2 = 0.998 \quad (10)$$

$$B = 2\,053.10\rho - 1\,705.30 \quad R^2 = 0.993 \quad (11)$$

$$C = 35.78\rho - 30.29 \quad R^2 = 0.989 \quad (12)$$

$$D = 4\,119.80\rho - 3\,360.50 \quad R^2 = 0.993 \quad (13)$$

表 1 馒头在不同密度下对应的常数

Table 1 Constants for Chinese steamed bread at different densities

$\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	A	B	R^2	C	D	R^2
0.910	14.27	163.02	0.991	2.90	369.49	0.997
1.003	22.40	372.48	0.994	4.36	808.96	0.992
1.100	30.89	543.95	0.998	9.68	1\,153.03	0.991

通过测量得到颗粒馒头的密度为 $\rho_m = (1.217 \pm 0.050) \text{ g}/\text{cm}^3$,则颗粒馒头在 46.83% 含水率和 21 °C 室温条件下的介电常数和损耗因子见式(14)、(15)。

$$\varepsilon'_m = 39.64 + \frac{758.42}{f} \quad (14)$$

$$\varepsilon''_m = 12.65 + \frac{1\,583.26}{f} \quad (15)$$

代入混合方程,计算馒头样品的 ε' 和 ε'' 数值。在 46.83% 含水率和 21 °C 室温条件下,馒头样品的测量值 ($\rho_m = (1.21 \pm 0.05) \text{ g}/\text{cm}^3$) 和计算值见图 1。从图 1 可见,由 Bottcher 方程计算得到的馒头的介电常数与测量值最接近,而由 Landau and Lifshitz, Looyenga 方程计算得到的损耗因子与测量值最为接近。故选用 Bottcher 方程计算馒头的介电常数,选用 Landau and Lifshitz, Looyenga 方程计算馒头的损耗因子。

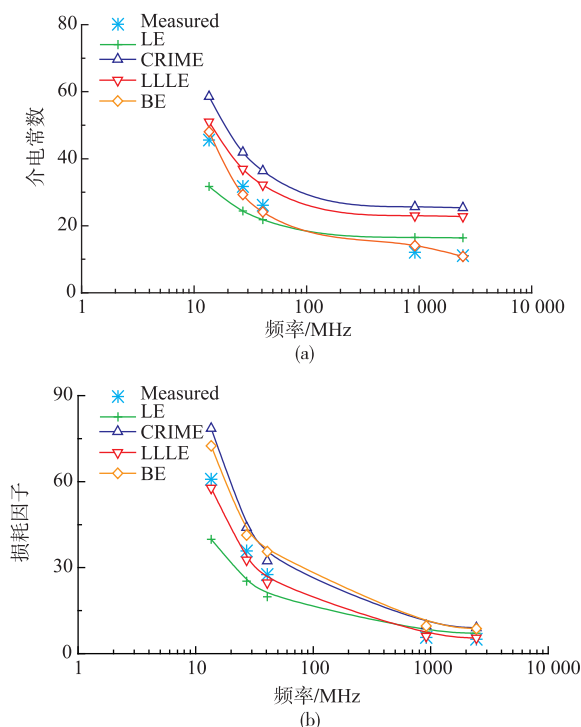


图1 馒头的介电特性的测量值与计算值

Fig. 1 Measured and calculated dielectric properties for Chinese steamed bread

2.2 频率对介电特性的影响

在频率 915~2 450 MHz、含水率 40.12%~48.50%和温度 25~100 ℃范围内,馒头的介电特性可由网络分析仪测量的压实馒头 ($\rho=0.910 \text{ g/m}^3$)介电特性值以及选择的混合方程计算得到。

如图 2(a)所示,在 46.83%(w.b.)和 25~100 ℃范围内,由馒头的介电常数 ϵ' 在 3.28~4.66 范围内。在同一温度下,馒头的介电常数随着频率的增加而减小,如 70 ℃馒头的介电常数从 4.22(915 MHz)下降到 3.86(2 450 MHz),下降了 8.53%。如图 2(b)可见,在 46.83%(w.b.)和 25~100 ℃范围内,馒头的损耗因子 ϵ'' 在 2.05~3.38 范围内。温度一定时,馒头的损耗因子随着频率的增加呈现出先减小后很缓慢增大的趋势,如 70 ℃时损耗因子先由 3.04(915 MHz)减小到 2.32(1 815 MHz)再上升到 2.37(2 450 MHz)。相同频率下,损耗因子随温度的升高而增加。离子传导和偶极子旋转是工业微波加热的主要两种损耗机理^[9],离子传导过程中的损耗因子与频率之间呈对数关系,这种关系可从图 2(b)看出。

运用 OriginPro 8.0 软件对实验数据进行回归分析,在 46.83%(w.b.)和 25~100 ℃范围内,得到基于

频率的馒头介电常数和损耗因子的回归分析结果和相关系数 R^2 (见表 2)。

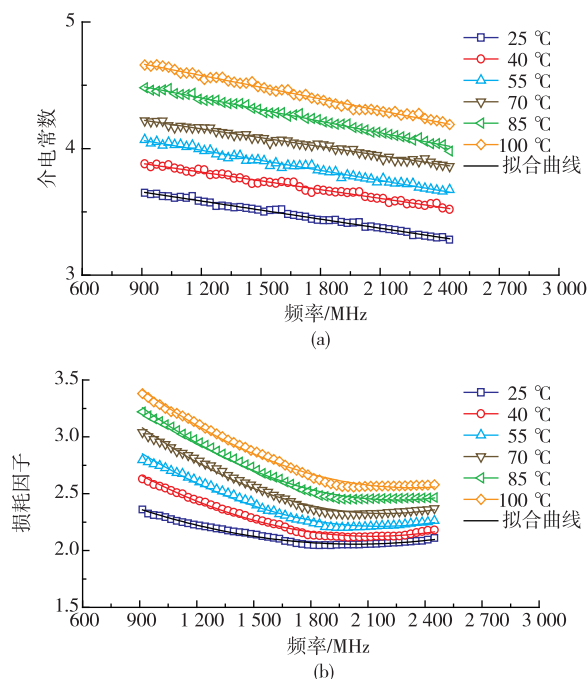


图2 馒头的介电常数与损耗因子随频率的值

Fig. 2 Frequency-dependent of Chinese steamed bread dielectric constants and loss factors

2.3 含水率和温度对介电特性的影响

在 2 450 MHz 频率下,馒头的介电特性与含水率和温度的关系如图 3 所示。温度一定时,介电常数和损耗因子均随含水率的增加而增加,以 25 ℃为例,含水率从 40.12%增加至 48.50%时,馒头的介电常数从 2.76 增加到 3.52,增幅为 27.54%,损耗因子从 1.87 增加到 2.33,增幅为 24.60%。在含水率增加的情况下,馒头整体代谢加速并且内部离子的活动性增强,此时样品的介电常数和损耗因子会随着含水率的增加而增加^[10]。

如图 3 所示,同一水分含量下,馒头的介电常数和损耗因子均随着温度的升高而增加,以 46.83%(w.b.)为例,温度从 25 ℃升至 100 ℃时,馒头的介电常数从 3.28 增加到 4.19,增幅为 27.74%,介电损耗因子从 2.11 上升到 2.52,增幅为 19.43%。温度升高导致布朗运动加剧,增加静态介电常数,因此介电常数随温度的升高而增加^[11]。馒头的损耗因子与馒头中的溶解离子有关,在 915~2 450 MHz 频率范围内,离子极化下的损耗因子随温度的升高而增加^[12]。

表 2 基于频率、含水率和温度下馒头介电特性的回归分析结果

Table 2 Regression analysis about frequency, moisture content and temperature dependence of dielectric properties for Chinese steamed bread

基于频率的回归分析:			
M/% 46.83	T/°C	介电常数(ϵ')	损耗因子(ϵ'')
	25	$\epsilon' = 3.66 - 0.01f (R^2 = 0.992)$	$\epsilon'' = 2.42 - 0.10Ln(f) (R^2 = 0.989)$
	40	$\epsilon' = 3.89 - 0.01f (R^2 = 0.987)$	$\epsilon'' = 2.79 - 0.17Ln(f) (R^2 = 0.990)$
	55	$\epsilon' = 4.07 - 0.01f (R^2 = 0.987)$	$\epsilon'' = 3.02 - 0.21Ln(f) (R^2 = 0.993)$
	70	$\epsilon' = 4.23 - 0.01f (R^2 = 0.991)$	$\epsilon'' = 3.29 - 0.25Ln(f) (R^2 = 0.990)$
	85	$\epsilon' = 4.50 - 0.01f (R^2 = 0.993)$	$\epsilon'' = 3.50 - 0.27Ln(f) (R^2 = 0.991)$
	100	$\epsilon' = 4.68 - 0.01f (R^2 = 0.990)$	$\epsilon'' = 3.68 - 0.29Ln(f) (R^2 = 0.991)$
基于含水率的回归分析:			
T/°C 25	f/MHz		
	915	$\epsilon' = 0.10M - 0.88 (R^2 = 0.991)$	$\epsilon'' = 0.02M + 0.84 (R^2 = 0.995)$
	2 450	$\epsilon' = 0.11M - 1.84 (R^2 = 0.992)$	$\epsilon'' = 0.03M + 0.86 (R^2 = 0.995)$
基于温度的回归分析:			
f/MHz 2 450	M/%		
	40.12	$\epsilon' = 0.01T + 4.39 (R^2 = 0.999)$	$\epsilon'' = 0.01T + 3.39 (R^2 = 0.999)$
	43.61	$\epsilon' = 0.01T + 4.56 (R^2 = 0.998)$	$\epsilon'' = 0.01T + 3.50 (R^2 = 0.998)$
	46.83	$\epsilon' = 0.01T + 4.74 (R^2 = 0.996)$	$\epsilon'' = 0.01T + 3.66 (R^2 = 0.993)$
	48.50	$\epsilon' = 0.01T + 5.11 (R^2 = 0.997)$	$\epsilon'' = 0.01T + 3.77 (R^2 = 0.997)$

注: M 为含水率; T 为温度; f 为频率。

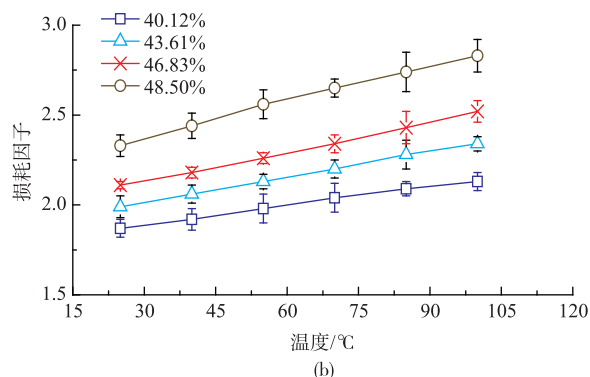
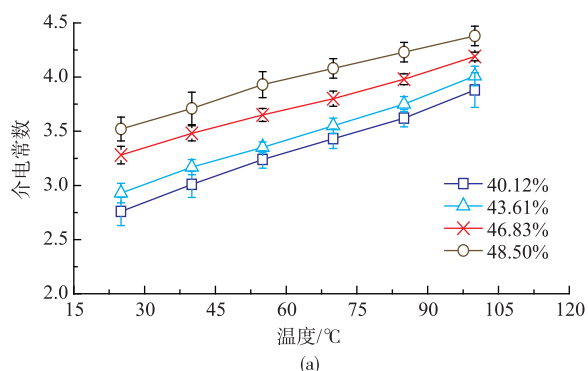


图 3 馒头介电常数与损耗因子随含水率和温度的值

Fig. 3 Moisture content-dependence of Chinese steamed bread dielectric constants and loss factors

运用 OriginPro 8.0 软件对实验数据进行回归分析,得到基于含水率和温度的馒头介电常数和损耗因子的回归分析结果和相关系数 R^2 (见表 2)。

2.4 微波穿透深度

基于频率、含水率和温度的微波穿透深度见图 4。如图 4(a)所示,在含水率 46.83% (w.b.) 且温度一定时,馒头微波加热的穿透深度随着频率的增加而减少,如 25 °C,穿透深度由 12.00 cm (915 MHz) 下降到 6.46 cm (2 450 MHz)。由式 8 可知,微波在材料中的穿透深度与频率成反比,故在 915~2 450 MHz 频率范围内,穿透深度呈下降趋势。如图 4(b)所示,频率为 2 450 MHz 时,在 25~100 °C 温度范围内,穿透深度随含水率的增大而减小,从 8.64 cm (40.12% (w.b.)) 减小到 4.18 cm (48.50% (w.b.)); 在同一含水率下,穿透深度随温度的升高也呈减小的趋势,如 43.61% (w.b.) 时,微波穿透深度由 7.65 cm (25 °C) 减小到 5.64 cm (100 °C),减少了 26.27%。由于湿食品内部介电常数和损耗因子均相对较高,故在含水率高的情况下,电磁波在食品中的穿透深度不会太深^[13]。

为了获得均匀食品微波加热,食品的厚度不得超过穿透深度的 2~3 倍^[14]。在 25~100 °C 温度范围内,考虑选用最小的穿透深度,则馒头微波加热的厚度

在频率 915 MHz 和 2 450 MHz 时分别为 12.82 cm 和 10.62 cm。

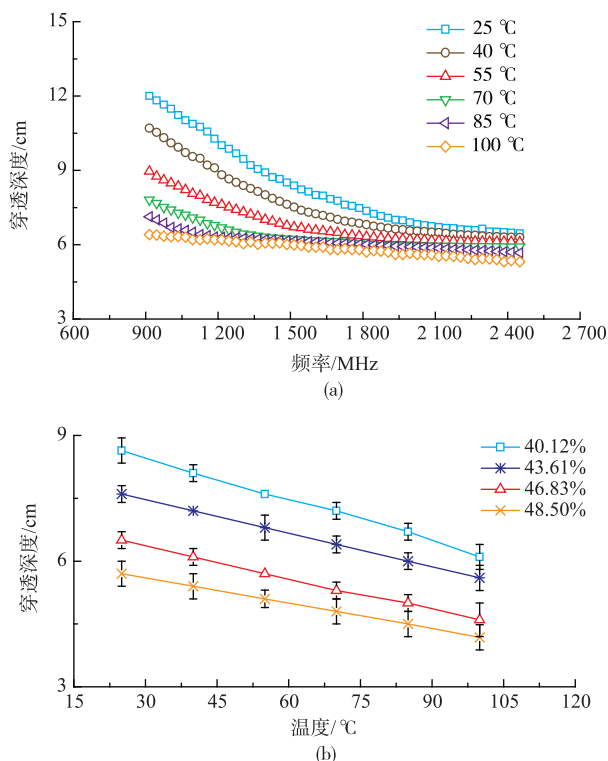


图 4 基于频率、含水率和温度的穿透深度

Fig. 4 Frequency, moisture content and temperature dependence of penetration depth

3 结 语

通过带有开路式同轴电缆的网络分析仪测量 3 个密度下馒头的介电特性,并与混合方程方法计算得到介电特性进行比较。通过比较得到:Bottcher 方程可用于计算馒头的介电常数;Lifshitz, Looyenga 方程可用于计算馒头的损耗因子。

运用混合方程和测量值计算得到频率 900~2 450 MHz、含水质量分数 40.12%~48.50% (w.b.) 和温度 25~100 °C 范围内,馒头的介电特性和穿透深度随频率、含水率和温度的变化规律。得出介电常数随着频率的增加而减小,损耗因子随着频率的增加呈现出先减小后很缓慢增大的趋势,中间出现拐点;介电常数和损耗因子均随含水率和温度的增加而增加。微波加热时的穿透随着各影响因素(频率、含水率和温度)的增加而减小,并且馒头微波加热的最大厚度在频率 915 MHz 和 2 450 MHz 时分别不超过为 12.82 cm 和 10.62 cm。

参考文献:

- [1] WU Peng. The influencing factors on Chinese steamed bread [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2012, 27(5): 107-111. (in Chinese)
- [2] LIU Yanghong, TANG Juming, MAO Zhihui, et al. Comparison between combined radio frequency and hot air treatment and hot air treatment on bread fresh-keeping [J]. *Transactions of the Chinese society of Agricultural Engineering*, 2009, 25(9): 323-328. (in Chinese)
- [3] LAKINS D G, ECHEVERRY A, ALVARADO C Z, et al. Quality of and mold growth on white enriched bread for military rations following directional microwave treatment [J]. *Journal of Food Science*, 2008, 73(3): 99-103.
- [4] METAXAS A C, MEREDITH R J. Industrial microwave heating [M]. London: Peter Peregrinus Ltd, 1993.
- [5] VENKATESH M S, RAGHAVAN G S V. An overview of dielectric properties measuring techniques [J]. *Canadian Biosystems Engineering*, 2005, 47(7): 15-7, 30.
- [6] NELSON S O. Review: Dielectric properties of agricultural products measurements and applications [J]. *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, 1991, 26(5): 845-869.
- [7] NELSON S O, DATTA A K. Dielectric properties of food materials and electric field interactions. In: Datta, A.K., Anantheswaran, R.C. (Eds.), *Handbook of Microwave Technology for Food Applications*. Marcel Dekker [M]. New York: Marcel Dekke, 2001: 69-114.
- [8] RAHMAN M S. Mass-volume-area-related properties of foods. In: Rao, M.A., Rizvi, S.S.H., Datta, A.K. (Eds.), *Engineering*

- Properties of Foods[M]. Boca Raton, CRC Press, 1-39.
- [9] ZHU X, GUO W, WU X. Frequency- and temperature-dependent dielectric properties of fruit juices associated with pasteurization by dielectric heating[J]. **Journal of Food Engineering**, 2012, 109(2):258-266.
- [10] GUO Wenchuan, WANG Jing, ZHU Xinhua. Moisture content prediction of oat seeds based on dielectric property [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2012, 28(24):272-279. (in Chinese)
- [11] TANG J, FENG H, LAU M. Microwave heating in food processing. In: Yang, X.H., Tang, J. (Eds.), *Advances in Bioprocessing Engineering*[M]. New Tersey: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2002: 1-44.
- [12] GUAN D, CHENG M, WANG Y, et al. Dielectric properties of mashed potatoes relevant to microwave and radio-frequency pasteurization and sterilization processes[J]. **Journal of Food Science**, 2004, 69(1):30-37.
- [13] 徐树来, 郑先哲译. 食品微波加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008: 17.
- [14] SCHIFFMANN R F. Microwave and dielectric drying. In: Majumdar, A.S. (Ed.), *Handbook of Industrial Drying* [M]. New York: Marcel Dekker, 1995.

会 议 消 息

会议名称(中文): 第十三届海峡两岸菌物学学术研讨会

所属学科: 动植物微生物学, 细胞生物学, 病毒与免疫学

开始日期: 2017-08-02 结束日期: 2017-08-04

所在城市: 辽宁省 大连市

主办单位: 中国菌物学会、台湾真菌学会

承办单位: 大连民族大学、中国科学院微生物研究所

全文截稿日期: 2017-07-10

联系人: 赵志慧

联系电话: 15164027686

E-MAIL: zzh@dlnu.edu.cn

会议网站: http://www.msconfungi.org.cn/templates/T_Contents/index.aspx?nodeid=8&page=ContentPage&contentid=793

会议背景介绍: 为促进海峡两岸菌物学的发展, 加强两岸菌物学专家的交流互动, 经中国菌物学会和台湾真菌学会商议决定, 第十三届海峡两岸菌物学学术研讨会将于 2017 年 8 月 2-4 日在大连召开。

征文范围及要求: 海峡两岸第十三届菌物学研讨会学术论文征文内容包括菌物分类与系统发育、食用真菌和工业真菌、病原真菌和虫生真菌、菌物基因组及 DNA 条形码、药用真菌及代谢活性物质等菌物学各个领域。论文以摘要等形式择优收入大会论文集。写作格式请见附件格式要求准备。