

微波食品包装在改善其加热缺陷方面的研究进展

王坤¹, 卢立新^{1,2}

(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 国家轻工业包装制品质量监督检测中心, 无锡 214122)

摘要: 分析了食品微波加热中所存在的缺陷, 系统地总结了从包装方面改善其缺陷的 3 种方法, 即感受器、场强屏蔽装置及引导装置。分别阐述了这 3 种方法的研究机理及实现方法, 综述了国外在这 3 个方面的研究进展, 对金属优化微波包装的发展进行了总结及展望。

关键词: 微波包装; 微波加热; 微波食品; 金属; 感受器; 屏蔽; 引导

中图分类号: TB487; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)09-0139-04

Research Progress of Microwave Food Packaging in Improving Their Heating Defects

WANG Kun¹, LU Li-xin^{1,2}

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. China National Control and Test Center for Packaging Quality, Wuxi 214122, China)

Abstract: The defects of food microwave heating were analyzed. The methods to improve its shortcomings from packaging were systemically summarized, which were sensor, shielding device, and guiding device. The mechanism and implementation of the three methods were introduced. Research progresses in three methods were summarized. The development of microwave packaging with metal was prospected.

Key words: microwave packaging; microwave heating; microwave food; metal; sensor; shielding; guiding

随着生活水平的日益提高,微波炉的使用越来越普及。据统计,我国微波炉家庭使用量已将近 50%,而美国已达到 90%。食品微波加热,由于其具有方便、快速、安全的优点,已成为人们最为喜爱的烹饪加热方法之一^[1]。这种加热方法也仍存在着缺陷和不足,这也就妨碍了微波炉的进一步利用,阻碍了微波食品的发展。

微波加热的食品质量仍不能和传统加热的相比。传统加热,也就是指的是烤箱或炉中的加热方法。这种加热方法中,食品外部环境温度通常都大于食品内部的温度,热量是从温度较高的外表面传入温度较低的食品内部,并且食品外部的温度高于水的沸点(100℃),食品内部水分不蒸发。最终得到的食品,内部口感湿嫩,外表酥脆焦黄,深受人们的喜爱^[2]。

微波加热和传统加热原理不同。微波炉中的微波是一种高频率的电磁波,频率为 915 MHz 或 2 450

MHz,能够穿透到食品内部,使偶极分子和蛋白质的侧链以极高的频率振荡,引起分子的电磁振荡等作用,增加分子的运动,导致热量的产生,从而加热食物^[3]。在微波炉腔内,为了防止腔壁过热,腔内空气每分钟需多次被外面的空气替换。微波加热中的食品,至少在加热过程的后阶段,温度要比外环境的高,而这就驱使水蒸汽从食品内部向外部转移。这一特性,使得微波加热的食品内部水分流失,食物干硬,口感差,外部粘湿,色泽、卖相差。相对于传统加热食品的质感、味道、卖相特征,微波加热食品这一特性成为其发展的一大阻碍^[4]。

微波加热的食品还存在着加热温度不均匀性。目前,家庭用微波炉的磁控管普遍位于微波炉腔内的上角,所发射的电磁波经腔壁发射,炉腔内电磁强度不均匀,并且食品在微波炉中的加热特性,使得普通托盘(塑料、陶瓷、玻璃)盛放或者普通包装的食物,在

收稿日期: 2012-03-01

作者简介: 王坤(1987—),女,河南泌阳人,江南大学硕士生,主攻包装工程。

通讯作者: 卢立新(1966—),男,江苏宜兴人,江南大学教授,主要研究方向为食品包装技术与安全。

微波加热中,存在着微波加热不均匀问题。主要表现在:食品边缘过热,甚至出现焦化,而食品中心区域则出现加热不足现象,也就是欠热。再加上多组分食品中,食物本身的介电常数就不同,介电损耗因子不同,同样时间后,温度更不会一样。这一特性,往往使得消费者得不到想要的加热效果,生产微波食品的厂商兑现不了食品质量承诺。综上所述,微波加热食品的温度不均匀性也成为了其进一步发展的障碍^[5]。

如果能解决微波加热食品中所存在的这些缺陷,可想而知,消费者对微波加热食品的质量感到满意,生产微波食品的厂商兑现了食品质量承诺,微波加热食品将得到飞速的发展。由此,对于微波食品加热中所存在的缺陷的改善研究势在必行,且意义重大^[6]。

有关微波加热食品所存在的这些缺陷问题,最早是在 20 世纪 50 年代美国的学者提出并开始研究的。除了从微波炉本身进行改进外,解决这一问题的另一重要方法是在微波包装中的利用活性包装,也就是金属优化的微波包装^[7]。迄今为止,国外已有大批研究者对其进行了相关的探索和改进,在这一方面也已发表了非常多的专利。对此,文中将对已出现的改善微波食品加热缺陷的包装方法进行综述。

截止到目前为止,所研究的微波包装可以被分为 3 类:感受器、场强屏蔽装置和引导装置^[2]。下面将从这 3 方面分别来介绍。

1 感受器

前面已介绍,微波加热的第一大缺陷就是加热过程中,因为食品内部温度高于食品外部,从而达不到传统加热外焦里嫩的效果。为了使微波加热食品更接近与传统加热的食品的特征,研究人员引进了感受器这一元件,其目的是使食品在微波炉中加热时,感受器所接触的食品表面温度高于水的沸点。

感受器就是能吸收微波能量,并转化为热量传递给食品的装置。其作用就是通过感受器使微波能转化为热能,并与食品接触促进食品的外表加热,使食品即使在微波炉中,也能类似于传统的烹饪,食品表面会出现褐变和脆化,从而改变微波食品加热中的第一大缺陷^[2]。

针对感受器元件的原理,人们开始研究各种经济实用的实现方法,最终 Oscar Seifert^[8] and Larry Brastad^[9]找出了这一技术的关键突破。2 位专家所

研究出的感受器基本结构见图 1。



图 1 感受器基本结构

Fig. 1 Basic structure of the sensor

由图 1 可以看出,感受器的基本结构组成:支撑结构、金属膜、粘合剂、底面。支撑结构这里选取的是薄纸板,底面为 PET 薄膜。这一技术的核心是底面 PET 薄膜非食品接触面上带有非常薄的金属层,通过粘合剂使其粘结到薄纸板这一支撑结构上。

20 世纪 70 年代,美国出现了第一批可商业化的置于加热餐具上的感受器。这些餐具使用了耐用材料,可清洗和重复利用,用于加热披萨。这类餐具又大又重,价格较为昂贵,使用中需要预热,这使得微波食品方便快速的优点打了大大的折扣。这些餐具主要分为 2 类。一类是在食品非接触面涂布导电材料的陶瓷盘,陶瓷对于微波可以说是透明的,餐盘上的涂层材料可吸收微波能量,使得餐具温度升高,进而加热食品表面,但是这种餐具没有温度限制的特性,容易使食品表面干化,甚至出现焦化。另一种是在食品非接触面涂布微波吸收材料的金属盘,这种餐具的优势在于磁性材料的居里温度,从而限制了餐盘的温度,不至于使食品表面出现焦化^[10]。

现如今,可商业化的感受器中,蒸汽沉积镀铝电阻涂层的 PET 感受器占支配地位。这类 PET 感受器,在微波加热中,会自动产生温度限制,不至于使食品表面焦化感受器中的 PET 薄膜经过双向拉伸。当其放入微波炉中,感受器吸收微波能量转化为热能,使其温度升高,当上升到一定温度时($> 215\text{ }^{\circ}\text{C}$),PET 薄膜收缩,在易撕裂处产生裂缝,随之金属膜也产生间隙,因为微波的电磁波是旋转的,所以这些间隙是纵横交错,也就产生了一个个有间隔的小区域,使表面产生容抗,吸收系数 A 随之减小,从而温度得到了限制^[11]。

为了得到更好性能和更便宜的感受器,研究人员做了许多尝试来替换 PET 感受器。Prosise^[12]等

(1994)描述了多种可印刷或涂布的感受器。实现样式及形状的灵活多样性是这类感受器的优点。涂布可采取水基、溶剂基、热熔系统的形式,导电粒子以粉粒、片、珠、纤维等的形式添加在其中。Parker and Tighe^[13]研究了粒子的尺寸、形状及在粘合剂中的密集度对涂层阻抗的影响。如何实现温度的限制以阻止过度加热限制了涂布感受器的使用。

2 场强屏蔽和引导装置

时间短是微波食品加热的优势,但微波加热后,食品边缘区域温度过高,甚至有时会出现食物焦化现象,产生有毒物质,危害人体健康;中间区域温度过低,以至于端上餐桌时,还会有不熟的情况出现。这就是微波加热中存在的第二大缺陷。这是因为,微波炉的电磁波是从微波炉右上角的磁控管发射,直接射入食物周边,能量一部分经食物吸收转化为热能,另一部分反射回来,经炉壁的反射,再次射入食物周边,如此反复。这使得微波加热的食品边缘温度过高,而食物中间区域温度过低是因为底部电磁波经过反复的吸收,反射,再吸收,再反射,到底中心区域时,电磁能量已所剩无几。

为了改善这一缺陷,研究人员引进了场强屏蔽和引导装置。这2种装置的最基本原理都是利用金属元件改变食品内部电磁场的分布^[14]。众所周知,金属容器对于微波具有非透过性,也就是说,微波炉中的具有一定厚度的金属容器,对微波具有完全反射性,不但不能加热食品,反而由于反射的高频率电磁波,形成高频电路,使发射微波的磁控管阳极产生高温,烧到发红而破坏掉。然而,金属在微波中存在特殊性——变化电磁场中,金属元件会产生感应电动势,这一特殊性使得金属优化的微波包装成为了微波食品包装的活性包转。

食物(或非磁化材料)在微波场中对微波能的吸收可由下列方程描述:

$$P=1/2\omega\epsilon''\epsilon_0|E|^2$$

其中: P 为单位体积上吸收的能量; ω 为角频率; ϵ'' 为相对介电损耗; ϵ_0 为真空介电常数; $|E|^2$ 为单位面积上的电场强度。有上式可知,微波能量的吸收取决于食品的介电常数和食品内的电场强度。进而可知,引起食品微波加热非均匀性最重要、最根本的原因是食品内部电场强度不均匀。由此,我们可以通过

改变食品内部电场强度来改变食品吸收能量。变化磁场中,金属导体会产生感应电动势。按照一定形状排布的金属元件则可以引导电磁能的重新分布。在包装容器上设置一定形状的金属元件,可以引导电磁能到所需要的位置上,改善微波加热温度的不均匀性。

场强屏蔽装置就是利用金属薄片或者是金属膜围在食品包装盒或托盘的边缘,阻止边缘对电磁波的吸收,目的是防止食品边缘的过度加热。场强引导装置就是利用了金属薄片在微波食品包装的底部或者是盖上进行一定的排布,引导电磁波,到所需要的点上,控制或预测能量的分布,目的是均匀有效地分布食品内的微波能量,提高食品加热后温度的均匀性。这2种装置使用在同一包装上,可以有效地改善微波食品加热中的第二大缺陷。

近来,场强屏蔽和引导装置已经被用于了微波食品包装容器中,见图2^[15]。

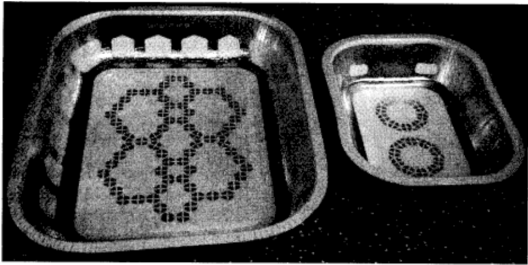


图2 金属片优化后的微波包装容器
Fig. 2 Microwave packaging container after optimization with sheet metal

用质量为1 kg的炒面来进行试验,经过金属片优化后的微波包装容器和普通的微波包装容器相比,前者加热后的温度均匀性远大于后者。

近来,场强屏蔽和引导装置多用于多组分微波食品包装,例如快餐。多组分食品中的蔬菜和肉类介电常数大不相同。通常相同的微波加热时间内,蔬菜温度过高,而肉类达不到食用温度。利用金属片优化的微波包装容器,可以改变微波加热中蔬菜和肉类中的磁场强度,进而使两者加热后达到均匀的温度^[16]。

3 总结及展望

微波食品包装中,正确使用金属镀膜或者金属片,可以有效地改善微波食品加热所存在的缺陷,但是,金属在微波炉加热中存在危险性,使大部分研究

者望而生畏。微波加热中,金属容器反射回去的高频微波形成了电子技术上的“高频短路”,这会导致发射微波的磁控管阳极产生高温,进而损坏微波炉。这使得金属优化微波食品包装的研究人员极少,阻碍了其发展。并且在实际的加工生产中,加工工艺的滞后,以及生产成本的增加,也大大妨碍了其发展速度。

随着微波食品包装中金属优化微波包装技术的不断发展和完善,金属化塑盒包装在微波食品包装中会越来越受欢迎。一方面金属优化微波包装可重复多次使用,环保,节能;另一方面这种包装克服了微波食品加热中存在的缺陷和不足。

未来金属优化的微波食品包装可以从以下几个方面发展。

1) 感受器、场强屏蔽装置和引导装置的综合研究。为了使一些高级食品达到更好的微波加热效果,可以综合利用感受器、场强屏蔽装置和引导装置设计这类食品的包装^[17]。

2) 金属优化的微波包装的建模研究。通过计算机的模拟,可以帮助设计者建立最优化包装系统,更好地达到特定包装的目的^[18]。

3) 实际生产中的加工工艺,可替代材料等的研究,降低生产成本,使其商业化。

参考文献:

- [1] 郝发义. 浅谈微波食品包装的发展[J]. 包装装潢印刷, 2007(1): 52—53.
HAO Fa-yi. Shallow Talk on the Development of Microwave Food Packaging[J]. Printing Technology, 2007(1): 52—53.
- [2] MATTHEW W, PETER S. Development of Packaging and Products for Use in Microwave Ovens Book[M]. UK: Woodhead Publishing, 2009.
- [3] 齐成. 浅谈微波食品包装[J]. 中国包装, 2006(6): 71—72.
QI Cheng. A Few words on the Microwave Food Packaging[J]. China Packaging, 2006(6): 71—72.
- [4] BUFFLER C R. Perceived Rapid Cooling of Microwave Foods[J]. Microwave World, 1991, 12(2): 16—18.
- [5] 林道. 国际市场对微波炉用金属塑料复合罐需求增加[J]. 包装工程, 1994, 15(6): 279.
LIN Dao. Increased Demand of the International Market for Plastic Cans Compositied with Metal[J]. Packaging Engineering, 1994, 15(6): 279.
- [6] 王京海. 微波食品包装材料的性能及应用[J]. 包装工程, 1998, 19(6): 23—25.
WANG Jing-hai. The Properties and Application of Microwave Food Packaging [J]. Packaging Engineering, 1998, 19(6): 23—25.
- [7] WELCH A E. Microwave Heating Apparatus and Method of Heating a Food Package; US, 2714070[P]. 1955.
- [8] SEIFERTH O. Food Receptacle for Microwave Cooking; US, 4641005[P]. 1987.
- [9] BRASTAD W. Packaged Food Item and Method for Achieving Microwave Browning Thereof; US, 4267420[P]. 1981.
- [10] MacMASTER G H. Microwave Browning Utensil; US, 3946187[P]. 1976.
- [11] Georges ROUSSY. Permittivity and Permeability Measurement of Microwave Packaging Materials[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2004(3): 24—30.
- [12] PROSISE R. Microwave Susceptor Incorporating a Coating Material Having a Silicate Binder and an Active Constituent; US, 5343024[P]. 1994.
- [13] PARKER T, TIGHE L. The Evolution of Conductive Coatings[J]. Tappi Journal, 1990(12): 86—92.
- [14] KEEFER R M. Container for Microwave Heating Including Means for Modifying Microwave Heating Distribution, and Method of Using Same[P]. US Patent 4841568 [P]. 1989.
- [15] BALL M D, KEEFER R. Materials Choices for Active Packaging[J]. Microwave World, 1993(1): 14—20.
- [16] JI H. Food Packaging for Microwave Heating; US, 6231903[P]. 2001.
- [17] 奎亚特 C L, 雷蒙 M N. 可微波加热的食品用于储存和微波加热食品的包装方法: 中国, 101142931[P]. 2008.
KWIAT C L, RAMON M N. A Packaging Method for Microwave Heating Food Used to Store and Microwave Heating Food; China, 101142931[P]. 2008.
- [18] CHEN H, TANG J, LIU F. Simulation Model for Moving Food Packages in Microwave Heating Processes Using Conformal FDTD Method[J]. Journal of Food Engineering, 2008(8): 294—305.