

微波技术应用于食品工业中存在的 key 问题分析

刘 锋 芮汉明

(华南理工大学轻工与食品学院, 广州, 510640)

摘 要 微波作为一种新技术, 已越来越广泛的应用于食品工业之中。我国的微波技术研究起步较晚, 在食品工业中的应用尚存在许多的不足。文中就其出现的一些 key 问题进行了分析, 并提出了解决问题的思路 and 方案。

关键词 微波, 食品工业, 应用

近年来, 微波技术因其加热速度快、节能、高效、易控制等诸多优点已越来越广泛的应用于食品工业中。但我国微波技术的研究起步较晚, 尚存在许多难题未能解决。并且由于微波设备的设计是以电磁波传输理论和机械设计原理为基础, 从业人员对食品的专业知识和加工特性不甚了解; 而食品行业的专业人士往往对微波和机械知识也未能有深入的掌握, 两者未能很好的结合, 致使微波技术并未充分的在食品工业中发挥其应有的作用。

因此, 不但要充分发挥微波技术在食品工业中应用的优势, 同时也要看清它存在的问题和不足, 并通过不断的改进和完善使之更好的为食品工业服务。本文就微波技术在食品工业应用中存在的一些 key 问题进行了分析, 并提出了解决问题的思路 and 方案。

1 微波技术在食品工业应用中存在的共性问题

1.1 加热不均匀

微波加热不均匀的现象在多数食品微波加工中都会出现, 其主要受以下因素影响。

1.1.1 食品组分

食品中各组分的分子极性不同, 介电常数不同, 它们对微波的吸收就会产生差异, 从而导致食品物料各部分升温的不同; 此外, 由于微波加热过程物料传热传质同向, 食品内部水分含量小于表面, 所以食品中心温度往往要高于表面温度。因此, 在食品微波加工时, 应尽量保证物料成分均一; 对于热传导能力差的非流动性物料, 可采用间歇式微波处理或与传统热处理方式相结合的方法。

1.1.2 食品物料的形状和大小

微波加热具有尖角效应, 食品的尖角部分会最快

被加热且容易变焦; 球形的食物比其他形状的食物更容易聚集微波而升温; 微波对不同的食品有不同的穿透深度, 过厚的物料内部吸收微波能很少, 往往不能被充分加热。因此, 微波加工的物料应尽量平整、均匀, 且不易过大过厚; 对于形状不规则的食品, 可用微波反射材料包裹尖角部分, 防止局部过热。

1.1.3 微波设备及工艺设计

腔体内微波通过反射、折射、吸收、穿透后多重叠加的结果有可能影响食物各部分的受热情况。要获得尽可能均匀的加热效果, 除了解决微波设备谐振腔模式、腔体形状、尺寸设计和耦合问题外, 还要在物料的铺放形式、输送方式设计等方面充分考虑。为避免微波加热时“热点”的产生, 大多数微波炉内都有物料旋转盘, 有的厂家还设计了“转波炉”, 使微波以旋转的形式进入谐振腔。

1.2 微波场中食品温度的测量

在微波加热过程中, 由于强电磁场的存在, 使微波场中食品温度的测量成为一个技术难题。现今人们已开发出了如下几种测温方法。

1.2.1 热电偶、热电阻温度传感器

这 2 种传感器具有稳定、可靠、廉价等优点, 但由于其本身和传输线是金属材料, 在高频电磁场下会产生感应电流, 由于集肤效应和涡流效应, 使其自身温度升高, 对温度测量造成严重干扰, 温度示值会产生很大误差或无法进行稳定的温度测量^[1]。

1.2.2 光纤温度传感器

光纤测温是 1970 年代发展起来的新型测温技术, 有着诸多独特的优点, 如抗电磁干扰、体积小、重量轻、耐压、耐腐蚀、特别适合于易燃、易爆、空间受严格限制及强电磁干扰等恶劣环境下使用。但其稳定性较差, 造价高, 限制了其推广应用^[1]。

1.2.3 热敏电阻-高阻导线温度传感器

这种温度传感器具有抗电磁干扰、灵敏度高、廉

第一作者: 硕士研究生。

收稿日期: 2006-05-16, 改回日期: 2006-06-27

价等优点,但其稳定性、互换性和线性度较差,以及高阻导线的机械强度差,对高精度测量很难达到要求^[2]。

1.2.4 红外测温仪

红外测温是非接触式测量,不会影响被测目标的温度分布、响应快、灵敏度高、测温范围宽。但它仅能测量食品表面的温度,且易受光学干扰,如被测物体的发射率、外来光及气雾等的影响^[2]。

综上所述,合理的微波场测温方法仍待进一步探索。抗强电磁场干扰、稳定性好、造价低的温度传感器将是今后研究的主要方向。

1.3 微波食品的包装材料

1.3.1 微波食品包装材料未标准化、规范化

在国内,虽然包装材料种类很多,但对于微波食品包装材料的研究尚不完善。微波食品主要有3类:微波灭菌后可常温贮存的熟制食品;选料调制后冷冻冷藏的制品,食用时直接微波解冻和加热;风味点心类小食品。这3类微波食品对包装材料性质的要求各不相同,但市场上并没有统一的标准去规范。根据包装材料的耐寒、耐热、耐水、耐油、通透、密封、卫生、环保等性质,对各类微波食品的包装材料制定相应的标准,使微波包装材料规范化,是有待解决的问题。

1.3.2 金属包装材料的应用

在微波场中,金属物品能反射微波,容易损坏微波设备元件和造成食品加热不均,因此,各商家纷纷告诫消费者“严禁将金属物品放入微波炉”。但实际上,若能合理的利用,金属在微波食品包装中也有应用前景的。如微波感受材料:用真空镀膜工艺把微细的金属粒子喷涂在聚脂薄膜上,金属微粒在微波电磁场的激励下产生涡流电流,使得金属微粒之间的低耗介质迅速升温,因此可以把微波能迅速转化为热能,可作为加热板使用^[3];又如微波屏蔽材料:在食品中用锡纸包裹受热过快的部位(如尖角),可防止受热不均。

2 微波技术在食品加工中存在的典型问题

2.1 微波烘焙

2.1.1 物料表面难以形成烘焙食品特有的质地和色泽

微波加热时,由于水分由里向外蒸发扩散,食品表面水分含量高于中心而温度低于中心,因此表面难以形成硬皮并发生美拉德或焦糖化反应形成烘焙食

品特有的香味和金黄色^[4]。为此,可以将微波技术与传统烘焙方式结合,在微波炉中安装用于烧烤烘焙的电烤炉,也可采用微波-热风、微波-红外线^[5]、微波-卤素灯^[6]等联合焙烤的方式,既能发挥微波加热快速省时的优点,也能利用热风喷射、红外线和卤素灯辐照等使食品表面形成硬皮和烘焙色泽;其次,可采用薄涂层技术,此类材料在微波场中几秒钟内可达到250℃左右的高温,使食物表面产生金黄的色泽^[3];还可以在食品表面涂覆由水、面粉、面包屑、淀粉、膨松剂、蛋清等调料混合而成的可食用涂层,涂层成膜性和持水性好,配合膨松剂可产生外脆内软的效果,涂层中所含的色素和褐变剂可使食物表面产生诱人的色泽。

2.1.2 口感和风味不足

烘焙食品的主要成分是淀粉,支链淀粉螺旋结构内部的憎水基团易与食品中极性风味物质结合,将其包埋在内而难以释放。传统长时间的高温烘焙过程易使淀粉-风味物质复合物被破坏,有利于风味物质的释放;而微波烘焙加热时间短,风味物质仍被封锁在螺旋结构中,造成食品风味的不平衡。此外,由于微波加热过程中食品升温迅速,直链淀粉和支链淀粉或支链淀粉之间会出现结晶区域,持水性降低,导致微波烘焙食品放置后由于水分流失而变得口感干硬、粗糙^[7]。为此,可在食品中添加一定量的乳化剂、变性淀粉和胶体等,能有效的防止风味物质被包埋、制品持水性下降、口感变劣等问题。

2.2 微波真空干燥

2.2.1 数学模型的描述困难

数学模型对干燥过程的优化和控制具有重要的意义,但微波真空干燥的传热传质过程为非稳态的固-气相变过程,涉及各物料成分、密度、导热系数、水分含量等物性系数,量多面广,对其进行全面的数学模拟描述很困难^[8]。因此,食品物性和微波作用相互关系的研究和先进的在线检测手段对于微波真空干燥理论的研究至关重要。

2.2.2 真空状态下气体高频放电

真空状态下,气体分子易被电场电离而发生高频放电,此现象的发生,不仅会消耗微波能,而且会损坏部件并产生较大的微波反射,缩短磁控管使用寿命;如果击穿放电发生在食品表面,则会使食品焦糊。因此真空度的选择非常重要,并非越高越好。

2.2.3 干燥参数的测量及工艺控制的困难

干燥过程的不同阶段,物料含水量不同,所需微

波能也不相同。但干燥过程的许多工艺参数如物料温度、水分含量等难以通过常规方法在线准确测得,因此很难进行微波能变化的控制及干燥终点的判断。这就需要对先进的测量技术与仪器的开发,并针对不同食品进行大量细致的研究,将理论与实践经验结合起来控制干燥进程。此外,由于密封的要求,微波真空干燥难以大规模连续化操作,许多大型的隧道式微波设备无法在此领域应用。因此,解决微波设备的密封和微波泄漏问题也就成了微波真空干燥技术能否连续化工业生产的关键。

2.3 微波萃取

2.3.1 萃取残留问题

微波萃取采用有机溶剂,萃取后会出现溶剂残留问题,从而影响了产品的质量;与超临界萃取相比,微波萃取还需附加过滤装置除去固体残渣^[9]。有人提出将超临界流体与微波辐照结合运用的萃取技术^[10],对解决微波萃取中的溶剂残留问题提供了新思路。

2.3.2 萃取溶剂选择问题

微波萃取效率与萃取目标组分、溶剂的性质显著相关^[11]。通常,温度高有利于萃取,因此微波萃取溶剂需有较高的介电常数而能对微波具有强烈的吸收作用。具有高介电常数的甲醇、乙醇、水等极性溶剂容易被微波加热,而介电常数很低的纯甲苯、己烷等非极性溶剂则一般不能直接作为微波萃取的溶剂,使用时需混合一定浓度的极性溶剂(如丙酮、水等)^[9]。当提取物料中热敏性或挥发性很高的成分时,萃取温度就不能过高,此时应当选择介电常数较低的非极性溶剂,使微波透过溶剂直接作用在目标组分上^[12]。

2.3.3 微波辐射衰减问题

微波穿透食品内部时,其强度呈函数性衰减,导致物料加热不均匀,内外反应程度不一,影响了萃取效果。因此,萃取时应充分搅拌,并且选择合适的微波频率和萃取液深度;有厂家设计了“变频微波炉”,由于低频微波穿透力强,可通过对微波频率的改变来改善微波辐射衰减问题。

2.3.4 微波萃取设备设计问题

目前用于萃取的微波设备很少,如何合理的将萃取工艺与微波设备、在线检测仪器等设备联用,是一个有待于解决的问题。这就需要各行各业加强合作,让各领域的专业知识充分的互相渗透。

2.4 微波解冻

2.4.1 局部过热

冷冻食品比较特殊,物料内水吸收微波能要比冰快得多,先融化的水迅速升温,导致局部过热,而冰冻部位可能还未及解冻。另外,在冻结食品中,并不是所有的水都形成冰,仍约有5%~10%的水呈液体状态存在,由于食品冻结时的溶质重新分布,使得这部分水以较高的浓度存在,对微波能的吸收能力较强,这也将导致微波解冻不均。此外,若产品在冰冻期间温度有波动,反复冻融形成“盐水袋”(指盐在某一区域聚集),盐水袋选择性吸收能量,在完全解冻之前首先融解,从而导致周围区域的过热损害^[13]。过热将导致食品脱水过度 and 品质热劣变^[14],为改善微波解冻时食品温度的均匀性,Tong等设计了一套带有温度反馈控制系统的微波设备,通过这套设备,可将食品物料维持在所需的温度梯度范围内^[15]。

2.4.2 内外解冻程度不一

食品在冻结状态至解冻过程中,介电常数显著增加,能量的穿透深度减小,若物料过厚,容易造成内外解冻程度不一,外层的解冻进一步加速了温度的提高,也将造成外部的过热。因此,在微波解冻时,应根据冷冻食品的大小和形状,选择合适的微波频率,并采用低功率间歇式长时解冻工艺,以使物料内温度均匀;还可在微波炉内附加排湿装置,及时排除融化的水。

3 结 语

微波作为一种在食品工业中应用的新技术,其应用越来越广泛。虽然目前尚存在一些不足,但随着研究的进一步深化,食品的微波加工工艺也将逐渐得以改善。微波技术在食品工业中的应用涉及多学科的知识,只要各学科能加强合作、充分渗透,微波技术的应用必将拥有更加广阔的前景。

参 考 文 献

- 1 崔凤英.微波场的温度测量[J].计量技术,2003(3):18~19
- 2 邹建.微波场中温度传感方法[J].压电与声光,2003,15(2):170~174
- 3 罗伟云.微波烘焙与烧烤——现代微波食品技术的新突破[J].微波学报,1998(2):181
- 4 Sumnu G. A review on microwave baking of foods [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2001 (36):117~127
- 5 Sumnu G. Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking of cakes [J]. Journal of Food Engineering,

- 2005, 71(2):150~155
- 6 Keskin S O. Bread baking in halogen lamp-microwave combination oven [J]. Food Research International, 2004, 37(5): 489~475
 - 7 郭 桦. 微波在烘焙食品中的应用技术[J]. 食品科技, 2002(11):17~21
 - 8 张国琛. 微波真空干燥技术在食品工业中的应用与展望 [J]. 大连水产学院学报, 2004, 19(4):292~296
 - 9 Wang Lijun. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants [J]. Trends in Food Science & Technology, 2006, 17(6):300~312
 - 10 张宏康. 微波萃取技术在食品工业中的应用[J]. 粮油食品科技, 1999, 7(5):30~32
 - 11 Csiktusnadi C A K. Optimisation of the microwave-assisted extraction of pigments from paprika (*Capsicum annuum* L.) powders [J]. Journal of Chromatography, 2000, 889 (1):41~49
 - 12 唐永良. 微波萃取技术概述[J]. 贵州化工, 2004, 29(4): 8~9
 - 13 邱德生. 微波在冷冻食品解冻中的应用[J]. 冷饮与速冻食品工业, 1998(4):22~23
 - 14 Bing Li, Dawen Sun. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods-a review [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 54(3):175~182
 - 15 Tong C H. A microwave oven with variable continuous power and a feedback temperature controller [J]. Biotechnology Progress, 1993(9):488~496
 - 16 唐永良. 微波萃取技术概述[J]. 贵州化工, 2004, 29(4): 8~9
 - 17 邱德生. 微波在冷冻食品解冻中的应用[J]. 冷饮与速冻食品工业, 1998(4):22~23
 - 18 Bing Li, Dawen Sun. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods-a review [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 54(3):175~182
 - 19 Tong C H. A microwave oven with variable continuous power and a feedback temperature controller [J]. Biotechnology Progress, 1993(9):488~496

Analysis of the Key Problems Exist in the Microwave Technology's Applications in Food Industry

Liu Feng Rui Hanming

(College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT Microwave technology has been wildly applied in food industry in recent years. But in our country there are still plenty of problems which have not been improved due to insufficient researching. This article analyzed some key problems exist in the applications of microwave technology and put forward some available suggestions.

Key words microwave, food industry, application, problems

政策法规标准

食品中“铅镉含量”国际新标准出台

总部设在日内瓦的国际食品规范委员会日前对食物中铅、镉的限定最高含量设定新的国际标准,以提高食品安全。根据新标准,每千克精白米中镉的含量最高不能超过0.4mg;在除牡蛎和扇贝外的贝壳类以及鱿鱼、章鱼等头足类海产品中,镉的含量不能超过2mg/kg,铅的含量最高不能超过0.3mg/kg。

国际食品规范委员会在一份声明中说,食物中铅含量过高能导致贫血、肝损伤和神经失调,镉含量过高能损害肾脏。新标准将由各国自愿执行。

国际食品规范委员会由世界卫生组织和联合国粮农组织共同管理,其宗旨是保障消费者的食品安全和确保食品贸易中的规范。

“蛋黄派”行业标准 2006 年年底实施

蛋黄派行业标准将于2006年12月1日实施。该标准按照其加工方式和工艺将蛋黄派分为3种,并对不同种类蛋黄派食品的蛋白质含量制定了量化标准。根据标准,蛋黄派分为夹心蛋黄派、注心蛋黄派和涂饰蛋黄派3种。

其中,涂饰蛋黄派是表面涂饰巧克力或巧克力制品或其他“装饰料”而制成的食品。标准要求,蛋黄派食品口感应细腻松软、有弹性,糕坯断面呈海绵状组织,气孔均匀且无明显过大的气孔。夹心、注心“蛋黄派”应无明显沙粒感。标准要求夹心蛋黄派的蛋白质含量 $\geq 6\%$;注心蛋黄派的蛋白质含量 $\geq 4.5\%$;涂饰蛋黄派的蛋白质含量 $\geq 4\%$ 。

此外,标准对蛋黄派食品实施召回制度。标准规定:产品在市场销售中,超过保质期,应按照制造商与销售商的合同约定,由合同相关方负责将产品进行下架召回处理。据悉,这是国家首次对蛋黄派食品制定行业标准。