



肉类保藏技术(五)

Meats Preservation(V)

微波技术的应用

王盼盼

(西南大学 食品科学学院 400716)

摘要:微波技术作为一种新兴技术,已广泛地应用于食品加工等领域。本文介绍了微波加热的原理、特点,介绍了近年来微波技术在肉制品、谷类和果蔬等食品原料中的应用技术研究,分析了微波技术的现状及存在的问题,提出了微波技术在食品工业中的应用研究前景。

关键词:微波;原理;特点;应用

The Application of Microwave Processing

WANG Panpan

(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716)

Abstract: As a newly developed technique, microwave is widely applied in the areas of food processing. This article summarized the principles of microwave heating and characteristics. The application of microwave processing technology to meat products, cereal, fruits and vegetables product processing in recent years were introduced in this paper. Some problems exist in the applications were analyzed and development trends of microwave processing technology in food industry were also put forward.

Key words: microwave; principles; characteristics; applications

中图分类号: TS205 文献标识码: B 文章编号: 1001-8123(2008)12-0058-06

0 前言

微波技术起源于20世纪40年代,20世纪60年代国外开始将微波技术应用于食品工业。我国微波技术的应用正是从食品工业中开始的,目前微波技术已经广泛地应用于食品的干燥、解冻、焙烤、膨化和油炸等加工过程中。微波加热能深入到物料内部使物料整体同时加热,加热速度快且均匀;经微波处理后食品能较好地保持原有的色、香、味和营养成分,作为一种新的能源,一种现代高新技术,微波技术在食品工业中日益受到重视,本文介绍了微波的定义,原理,特点及其在食品工业中的应用^[1]。

1 微波的定义^[2,3]

微波是一种波长在1mm-1m即相应的频率为300-300000MHz的电磁波,微波位于红外和无线电波之间,工业上常用915MHz和2450MHz两个

频率,由于微波的频率很高,所以在某些场合也称为超高频。

1.1 微波的特性

1.1.1 似光性

微波波长非常小,当微波照射到某些物体上时,将产生显著的反射和折射,就和光的反射、折射一样。微波传播的特性和几何光学相似,能像光线一样直线传播,即具有似光性。

1.1.2 穿透性

微波可以穿透玻璃、陶瓷、纸制等绝缘物体,这些物质介质损耗小、分散系数小,微波在此间传播时,只有少量的微波能被吸收,因此能量损失少。

1.1.3 信息性

微波波段的信息容量是非常巨大的,即使是很小的相对带宽,其可用的频带也是很宽的,可达

数百甚至上千兆赫。所以现代多路通信系统,包括卫星通信系统,几乎无例外地都是工作在微波波段。

1.1.4 非电离性

微波的量子能量不够大,因而不会改变物质分子的内部结构或破坏其分子的化学键,所以微波和物体之间的作用是非电离的。

1.2 微波加热的原理

微波加热是将微波的电磁能转变为热能的过程,把能量传播到被加热物体内部,加热达到生产所需要的一种新技术。微波加热原理是基于物质对微波的吸收作用而产生的热效应。微波加热的是一些能够吸收微波的介质,即含有极性分子的介质材料。当有极性分子的介质材料置于微波电磁场中时,介质材料中会形成偶极子或已有的偶极子重新排列,在交变电磁场的作用下,随着高频交变电磁场以每秒高达数亿次的速度摆动,分子要随着不断变化的高频电场的方向重新排列,就必须克服分子原有的热运动和分子相互间作用的干扰和阻碍,产生类似于摩擦的作用,实现分子水平的“搅拌”,从而产生大量的热量。

微波加热是一种“冷热源”,它在产生和接触到物体时,要在体内经过分子内部作用才能转化为热能。而使用微波进行加热时,它能深入到物体的内部,所以里外一起加热。另因物体表面的水分一般都较少,往往是里面的湿度高于表面的湿度,且内部物质如果质地相同时,也往往是同时加热,并能保护物料表面的色彩。

1.3 微波加热的优点

微波加热是使被加热物料本身成为发热体,物料与微波相互左右而瞬时穿透透透,微波从四面八方穿透食品,被加热的食品直接吸收微波能而立即生热,内外同时加热。微波无需预热,热效率高,是整个食品表里同时产生一系列热和非热作用来达到处理目的,因而微波加热有许多优点。

1.3.1 微波加热速度快

常规加热都是利用热传导、对流、热辐射将热量首先传递给被加热物的表面,再通过热传导逐步使中心温度升高,使中心部位达到所需的温度,需要一定的热传导时间,而对热传导率差的物体所需的时间就更长。微波加热不需要传热介质,也不利用电流,它是使被加热物体自身变成发热体,食品与微波相互作用而瞬间穿透食品,微波从四面八方穿透食品物料,被加热的食品直接吸收微

波能立即生热。微波无需预热,热效率很高,是整个食品内外同时产生一系列热和非热生化作用来达到目的,因而加热速度快。

1.3.2 微波加热均匀

微波真空加热时不论物料形状如何,微波均能均匀渗透,产生热量,且可以把温度控制在一定的温度范围之内,因此均匀性大大改善,微波可避免食品外焦内生、外干内湿现象,利于食品品质的形成,提高了产品的质量。

1.3.3 微波节能高效

不同物料对微波有不同吸收率,含有水分的物质容易吸收微波能。微波加热时,被加热物料一般都是放在用金属制成的加热室内,加热室对电磁波来说是个封闭的腔体,在高真空度的作用下微波不能外泄,只能被加热物体吸收;而且加热室内的空气与相应的容器都不会被加热,没有额外的损耗,所以热效率高;同时,微波周围的环境也不会因此升高,环境条件也会得到改善。

1.3.4 微波易于控制,实现自动化生产

微波功率的控制是由开关、旋钮进行调节,从磁控管来看,预热时间短,一般开机1.5s左右后即可开始加热,特别适用于自动化控制的操作需求。再加上物料吸收微波能量可以即刻转换为热量,当不需要加热物料时,可立即断开电路停止微波的产生,切断加热源头,使物料得不到热量的补给,物料就会停止升温,因此热惯性极小,没有热量损失。产生微波的瞬时性和极小的热惯性,是微波构成自动控制要求必备要素的前提。

1.3.5 微波可以低温灭菌,保持营养

微波加热杀菌是通过热效应和非热效应共同作用下进行灭菌,所以与常规热力杀菌相比,具有低温和短时灭菌的优点。微波不仅安全、还能有效保持食品营养成分,有利于保持食品于原有的品质和色香味及食品的色、香、味。

1.3.6 微波可以选择性加热

不同性质的物料对微波的吸收损耗不同,既选择性加热的特点,这对干燥过程有利。因为水分子对微波的吸收损耗最大,所以含水量高的部位,吸收微波功率多于含水量较低的部位,从而干燥速率趋一致,可以避免物料加热干燥时发生焦化;微波的选择性加热有利于物质发生过热现象,这对减少食品营养和风味破坏极为有利。

综上所述,微波具有快速、安全、卫生、节能、高效、无污染、投资小、保持食品的营养与风味、提高产品质量、延长货架期、改善劳动条件、实现

生产自动化等优点。

1.4 微波杀菌原理^[4]

微波对微生物的杀灭原理,主要是在微波的热效应和微波的非热效应的共同作用下,使微生物内部的蛋白质和生理活性物质发生变异或者破坏,导致微生物生长发育异常,甚至死亡。

1.4.1 微波的非热效应理论

微波的非热效应,又称生物效应,是在电磁波的作用下,生物体内不产生明显的升温,却可以产生强烈的生物响应,使生物体内发生各种生理、生化和功能的变化。

微波作用会使微生物在其生命化学过程中所产生的大量电子、离子和其他电子粒子的生物性排列组合状态和运动规律发生改变,也就是使微生物的生理活性物质发生变化。

同时,电场也会使细胞膜附近电荷分布改变,导致膜功能障碍,是细胞的正常代谢功能受到干扰破坏,使微生物细胞的生长受到抑制,甚至停止生长或死亡。

1.4.1.1 从生物物理学角度看

组成微生物的蛋白质、核酸等生物大分子和作为极性分子的水在高频率、强电场强度的微波场中将被极化。并随着微波场极性的迅速改变而引起蛋白质等极性分子基团电性质变化。它们同样能将微波能转换成热能而使自身温度升高,电性、能量的变化将使蛋白质等生物大分子变性。

1.4.1.2 从能量角度看

尽管微波量子能量不能破坏生物体内的共价键,但对氢键、范德华力、离子键等赖以维持核酸、蛋白质等生物大分子高级结构的次级键具有一定的破坏作用,这些次级键是维持核酸、蛋白质空间构想,生物膜结构的作用力。这些次级键一旦遭到破坏,将危及生物大分子的空间结构,影响其正常的生理功能。

1.4.1.3 从细胞生物学角度看

微波对微生物也具有生物学效应。一是细菌细胞壁的主要成分不是纤维素,而是肽聚糖。特别是革兰氏阴性菌细菌壁内蛋白质含量较高,在微波场中细胞壁发生机械性损伤,使细胞质外漏,影响其正常生理活动。

1.4.2 微波的热效应理论

微波的热效应是指生物体吸收微波的能量后,体温升高,从而发生各种生物功能变化。微波作用于食品时,食品表面和中心同时吸收微波能,温度

升高。食品中的微生物细胞在微波场的作用下,其分子也被极化并作高频振荡,温度升高,温度的快速升高使其蛋白质结构发生变化,从而失去生物活性,导致微生物死亡或因受到严重干扰而无法繁殖。

微波是一种电磁波,可产生高频电场。当微波进入介质内部时,物料内部的分子,如水、蛋白质及核酸等随着电磁场的频率不断改变极性方向,使分子来回剧烈转动,相互摩擦产生热。由于电磁场频率很高,微波能向热能转化,以热的形式表现出来,从而导致物料温度急剧升高,使微生物体内的蛋白质、核酸等分子空间结构变化或破坏而使其蛋白质变性,从而失去生物活性,这样会对微生物产生破坏作用,从而产生热效应。

2 微波加工在食品工业中的应用^[5]

作为一种新的能源,微波技术在食品工业中日益受到重视,我国微波技术应用正是从食品工业中开始的,目前微波技术在食品中的应用主要包括鲜果汁、牛乳、面包切片、新鲜面条及调味品的杀菌消毒,面条及休闲食品的干燥,禽肉的预煮,面包与面团的发酵焙烤以及食品中功能成分的提取等。近十几年来,专用的工业微波设备有真空冷冻干燥、消毒杀菌、热烫、焙烤等许多类型,微波的其他应用领域还有肉类解冻、谷类的防虫与防霉、白酒的陈化催熟、果蔬褐变酶的钝化等。

2.1 微波技术在肉制品中的应用^[6,7]

2.1.1 微波熟化提高出肉率

微波制作肉制品用同样的生肉可增加熟制品产量的20%左右。用水煮1kg生鸡,可出熟鸡成品0.7-0.8kg,而用微波可成品0.9kg左右,并且大大减少了肉中水分和养分的流失,增加熟肉制品的质量。

2.1.2 减少营养损失

微波熟制的产品,肌浆和肌纤维含量变化轻微,而微波法比常规法对肉中的脂肪量减少的多。微波法由于温度低,时间短,可最大限度地保留肉中的营养成分。微波对肉中的蛋白质无损害,维生素C、 β -胡萝卜素和其他水溶性维生素仅损失5%,脂溶性维生素A、D、E、K等完全不受损失。

2.1.3 增加可食部分

由于微波的膨化作用,使肉皮看起来丰满,吃起来酥、嫩、脆、软,口味纯正,使生肉、熟肉的体积比减小,增加肉制品的食用价值。

2.1.4 增加产品的保质期

为了防止肉类食品早期变质,通常采用紫外线、高温、高压、蒸煮,以及臭氧、充氮化学药剂熏蒸,加防腐剂等方法进行防腐保鲜。化学药剂熏蒸射线照射,会对肉品产生污染。防腐剂太多,对人体有害。长时间高温蒸煮会减少出肉率,降低营养成分,改变色、香、味、形,但温度低、时间短则不熟,不好吃,细菌多,易变质。微波既能在短时间低温条件下杀菌,又能至于破坏营养成分,延长了肉及肉制品的保质期。

2.2 微波技术在果蔬中的应用

目前我国的水果加工产品,无论在数量上还是在质量上,均不能满足国内市场和对外出口的需要,利用高新技术对果品开展深加工已经成为果品加工的发展趋势之一,微波技术在果品加工中的应用已初见成效,随着微波技术的不断发展,微波将在果品加工业中得到更广泛的应用,微波类的果品也会越来越受到人们的欢迎。

2.2.1 水果热烫^[8]

在果品加工中,热烫是重要的一道预处理工序,可以软化果实,杀灭酶的活性,有利于进一步加工处理。传统的热烫温度高、时间长,导致果品颜色发生改变,Vc受到破坏。微波热烫属于瞬时穿透式加热,被加热的果品能同时吸收微波能而即刻生热,因而速度快,内外受热均匀,能最大限度地保持水果的品质和营养成分。

2.2.2 干燥膨化^[9]

微波膨化使果品深层水分迅速蒸发形成较高的内部蒸汽压力条件,使其膨化。它能最大限度的保存果品原有的营养成分,加工时间短,膨化、干燥、杀菌工艺同时完成,因此,微波技术非常适合于苹果、香蕉、梨等多种干制品的制作。

2.2.3 微波灭酶方面^[10, 11]

果品微波灭酶是从其内部开始加热,并且处理的时间一般为常规处理的十至几分之一,所以产品中的主要营养成分损失较少,保持了果品原有的特殊风味,能最大限度保持产品的营养成分,提高了经济效益。色泽、风味、口味均好,并且卫生安全,操作简便,容易控制。

2.3 微波技术在粮油制品中的应用^[12]

2.3.1 微波在粮食干燥中的应用

稻谷是一种热敏性的、难干燥的物料,如果干燥参数选择不当,则会影响干燥后稻谷的品质。用微波干燥稻谷可以缩短干燥时间,提高稻谷的品质和干燥率,降低稻谷中脂肪酸和干燥成本,利于

稻谷的长期贮藏。

2.3.2 微波膨化

利用微波膨化技术加工食品可以最大限度地保存食品中原有的营养成分,克服传统膨化食品油炸加工中含油量高的缺点。微波加工时间短,膨化、干燥、杀菌工艺同时完成。此外,食品中淀粉含量种类、蛋白质、油脂等化学成分对微波膨化均有一定的影响。

2.3.3 微波杀菌

微波杀菌技术是近年来新兴的一种杀菌技术,与热力杀菌相比,微波杀菌具有升温速度快、加热时间短、食品营养成分和风味物质破坏少等优点。目前微波杀菌已经被广泛应用于粮油食品加工中。

2.3.4 微波改性

微波对蛋白质分子能产生高速振动作用,引起蛋白质等极性分子基团电性质变化;蛋白质分子之间频繁碰撞、摩擦和挤压,产生热作用和机械作用使蛋白质分子结构发生变化,从而达到改性的目的。

新鲜米糠不易贮藏,米糠油脂在脂肪水解酶作用下迅速水解酸败,引起风味改变,食用品质的降低,为了有效的加工利用米糠,必须对其进行稳定化处理。微波加工米糠是一种稳定米糠的有效处理方法。

2.4 微波技术在其他产品中的应用

微波技术在食品调温,大豆脱腥,茶叶杀青,食品添加剂的合成,果蔬汁的微波真空浓缩,粮食的储藏,酒类、发酵制品和巧克力的成熟和陈化等方面亦有良好的应用。

3 微波加热对食品营养成分和风味的影响^[13, 14]

3.1 微波加热对食品营养成分的影响

国内外学者研究了微波处理对食品营养成分和风味的影响,研究结果表明用微波处理食品会使食品的部分营养成分减少,但是与传统的加工方法相比,微波处理过的食品营养成分会有较多的保留。

3.1.1 微波处理对食品中维生素的影响

由于微波加热的时间短而效率高,有利于最大程度地保存食品的维生素,尤其对热敏性维生素更是有效。而维生素保存率又因微波处理时间、食品内部温度、产品类型、微波炉的大小、类型及功率的不同而不同。

3.1.1.1 维生素C

无论用什么烹调方法,只要烹调时间短而所

用水又少,则其维生素C的保存率就高。微波烹调的加热时间短而热效率高,对热敏性维生素C的破坏就响应较小。另外,其他烹调中所用的金属器皿也是导致维生素C损失的一个因素,因为金属离子会加速维生素C的氧化。

3.1.1.2 维生素E

维生素E可作为油的抗氧化剂,但微波作用会使其抗氧化性能降低。微波会引起植物油中饱和脂肪酸的降解及不饱和脂肪酸的氧化,而导致油中游离基和过氧化物增多,易于维生素E分子中苯环上的羟基结合形成酯基,使维生素E失去抗氧化功能。同时,微波的选择加热效应也会加剧维生素E分子的苯环、羟基等极性基团的结构降解,同样失去抗氧化能力。

3.1.1.3 维生素B1 维生素B6

维生素B1 维生素B6 同属B族维生素中的热敏性维生素,传统的肉类食品和焙烤制品加工方法都容易造成它们的大量损失。利用微波技术则能最大限度地减少维生素B1 维生素B6的损耗。

不论是蔬菜制品、焙烤制品,还是肉制品,微波技术的应用与传统方法相比较,在维生素保存方面都显示出其无可比拟的优越性,最大限度地保存了食品中的维生素。

3.1.2 微波处理对食品中蛋白质的影响

微波对蛋白质含量影响不大,另外,相对于传统焙烤方法,微波可提高其蛋白质的营养价值,微波的热力作用能使温度迅速升高,蛋白质受热变性凝固,破坏其活性;微波的非热力作用能使活性大分子在微波交变电磁场作用下改变了其生物性排列组合状态及运动规律,电容性结构被电击穿破裂,大分子的氢键松弛、破坏,使其的生命化学活动过程中所必需的物质、能量和信息交换的正常条件和环境遭受破坏,以致完全失活。

3.1.3 微波处理对食品中油脂的影响

油脂的主要成分是甘油酯。油脂对微波敏感,它可以吸收微波,在微波辐射下可被加热到210℃以上。当油脂在微波加热下开始冒烟时,油温已在160℃以上,会使甘油或甘油酯氧化生成强毒性物质丙烯醛。

李朝霞等^[15]用不饱和度不同的大豆油、菜籽油和猪油进行微波辐射的稳定性实验,结果过氧化值的变化随油脂的不饱和度的增大而升高。是因为不饱和度大、共轭程度高进行自由基反应时所需要的能量低,更易受微波辐射影响发

生裂解反应。

3.1.4 微波处理对食品中碳水化合物的影响

蔗糖、葡萄糖等小分子糖可吸收微波而融化,但是大剂量的微波辐射却能使它们发生美拉德反应、脱水变为焦糖等一系列的变化,从而失去营养价值。淀粉是谷类食品的主要成分,谷类食品的品质与其淀粉的含量、种类及存在状态密切相关。完全干燥的淀粉很少吸收微波,正常条件下,淀粉都含有水分,微波对淀粉的 α 化度和结晶度都有一定破坏。

3.1.5 微波加工对结合水的影响^[16,17]

对许多食品来说微波脱水是快速安全的,但微波加热淀粉类食品时,会使与淀粉相结合的结合水游离出来,引起整个食品组织的软化,自由水的增加,引起蒸发加大,当出炉后温度下降又出现吸湿,自由水的一部分又成为结合水,另外,长时间或反复微波作用会引起食品硬化、不可复水,有时造成内部局部硬化而严重影响食品的食用,使食品组织急速失水而硬化。

3.2 微波加热对食品风味和口感的影响^[18]

微波加热比传统加热速度快、时间短、食物中的营养成分破坏少,但食物的整体风味较差。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的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。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。

3.3 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难以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。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、微波-卤素灯等联合焙烤的方式,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;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。

针对以上微波对食品营养成分和风味的影响,应加强的措施:(1)借鉴别国的经验,加快建设和修订微波食品的法律法规和标准;(2)结合我国实际积极开展微波食品安全性研究;(3)运用HACCP等先进的食品安全控制技术,制定食品加工中微波设备的安全规范和使用规范,并严格要求生产企业按良好生产操作规范执行,杜绝微波对食品的负面效应。

4 微波技术的前景展望

随着科技的发展和社会的需要,在食品保藏方面人们更加关注节能、有效的高新技术,微波技术在食品领域中有着广阔的发展前景,特别是在食品贮藏方面,微波技术可在一定程度上延长食品贮藏期,提高经济利用价值。微波加热食品时,既是加热源,又是辐射源,会使食品品质产生一定变化。对微波敏感的食品,如酶、油脂和谷物,会产生某些不利影响,但不显著;在微生物的抑制或杀灭、食品中营养素的保留、微生物的抑制或杀灭和某些有毒有害物消除等方面,微波加工比传统方式更安全和品质更高。只要正确掌握微波技术,科学使用,合理选材,避免反复微波高温、微波对食品进行长时间加工,能减少或防止微波加工带来的危害。

微波能在食品工业上的应用是科学发展与人类社会进步的需求,目前在国内外已发展成为一项极有前途的新技术。相信通过微波工业与食品工业技术人员的紧密配合,进一步完善微波食品加工理论,开发新型微波加工设备,建立微波食品加工工艺,微波技术在食品加工中的应用将日趋深入与广泛。食品加工的生产效率、工艺水平和食品品质与安全性将会得到进一步提高。

参考文献

- [1] 刘锋, 芮汉明. 微波技术应用于食品工业中存在的 key 问题分析[J]. 食品与发酵工业, 2006 (7): 83-86.
- [2] Clark D, Folz D, West J. Processing Materials with Microwave Energy [J]. Materials Science and Engineering, 2000, 287 (2): 153-158.
- [3] 王鹏. 环境微波化学技术[M]. 化学工业出版社, 2003.
- [4] 刘钟栋. 微波技术在食品工业中的应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [5] 张卫国, 等. 微波技术及其在食品工业上的应用[J]. 包装与食品机械, 2003, 4(21): 8-12.
- [6] 刘云珍, 邱健斌. 微波技术及其应用[J]. 福建化工, 2005, (1): 38-40.
- [7] 王秀忠. 微波技术在肉制品加工中的应用[J]. 农产品加工, 2007, 10: 27-28.
- [8] 高愿军, 高晗, 郝莉花, 等. 山楂加工中还原型Vc和氧化型Vc含量变化的研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39 (1): 206-209.
- [9] 朱丽莉, 李娟. 微波膨化果蔬小食品的研究[J]. 食品工业科技, 2005(9): 129-131.
- [10] 徐俐, 邓芳, 杨永祥. 微波灭酶在山药全粉加工过程中的应用探讨[J]. 食品科学, 2004 (10): 158-161.
- [11] Velu V, Nangender A. Dry milling characteristics of microwave dried maize grains[J]. Food Engineering, 2006, 74: 30-36.
- [12] 王章存, 康艳玲. 微波技术在粮油食品中应用[J]. 粮食与油脂, 2006 (9): 16-17.
- [13] 刘晓庆, 曹崇江, 周逸婧. 微波加工对食品安全性的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 484-488.
- [14] 袁尔东, 郑建仙. 微波技术影响食品营养成分的研究进展[J]. 食品工业, 1999 (6): 38-40.
- [15] 李朝霞, 丁成. 微波辐射对油脂稳定性影响的研究[J]. 盐城工学院学报, 2000, 13(2): 22-24.
- [16] SONG K, JOHN A. The Influence of heating on the anticancer properties of garlic Milner [J]. J Nutr, 2001, 131: 10545-10575.
- [17] 舒彩霞, 廖庆喜. 微波加热对食物性的影响[J]. 现代化农业, 2001 (12): 31-32.
- [18] 郭桦. 微波在烘焙食品中的应用技术[J]. 食品科技, 2002 (11): 17-21.