

调理食品杀菌技术研究进展

张 愨, 王丽萍

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 作者主要介绍了调理食品的热杀菌技术和非热杀菌技术, 阐述了微波、高频 RF 等热杀菌技术在调理食品杀菌中的应用现状, 综述了超高压、超声波等非热杀菌技术在调理食品杀菌中的应用。另外, 作者还分析了两大类杀菌技术在调理食品杀菌中存在的问题, 对未来发展方向进行了展望。

关键词: 调理食品; 杀菌; 研究进展

中图分类号: S 37 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)08-0785-08

Research Progress on Prepared Food Sterilization Technology

ZHANG Min, WANG Li-ping

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: This article was focused on the thermal sterilization and non-thermal sterilization in the prepared food. Not only has this article formulated the use of thermal sterilization, such as microwave and high radio frequency, but also it has summarized the application of non-thermal sterilization, including ultra-high pressure, high-pressure carbon dioxide, ect. Meanwhile, the existing problems and application prospect of various sterilization technologies in prepared food were discussed.

Key words: prepared food, sterilization, research progress

调理食品(Prepared foods)又称方便预制食品, 特指近 20 年来国际上迅速发展起来的由工业化生产的各种大众化配方食品, 其最大特点是具有一定的配方要求和工艺程序, 在加工、保存、运输、销售和食用等环节具有省事、省时、省原料、省燃料、体积小以及废料可加工成饲料等优点。可以说它是现代营养学、食品工艺学、食品冷藏学、现代包装学等学科相结合的产物^[1]。调理食品按其加工方式和运销储存特性, 分为低温调理类和常温调理类。低温调理类中冷冻调理食品占主要市场, 如火锅调理、面食、米食等; 常温调理类通常为高温杀菌罐

头、调理包等^[2]。根据原料分类, 调理食品可以分为 4 类: ① 蔬菜类调理食品: 如脱水蔬菜、五味杏仁、春笋等; ② 肉类调理食品: 如调味肉串、调味肉丸、酱排骨、方块火腿、鸡块等; ③ 水产类调理食品: 如调味鱼浆、调味鱼排、烤鱼片、烤鳗、面包虾等; ④ 混合类调理食品: 如水饺、汤圆、汉堡、火锅料等^[3]。随着调理食品产业的不断发展, 调理食品的安全性问题也越来越突出, 调理食品的杀菌技术在食品的加工过程中就显得十分重要。

食品工业中采用的/杀菌方法主要有热杀菌和非热杀菌两大类^[4]。热杀菌的主要目的是杀灭在

收稿日期: 2012-03-10

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BA03Z320)。

作者简介: 张愨(1962-)男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师。主要从事农产品加工研究。E-mail: min@jiangnan.edu.cn

食品正常保质期内可导致食品腐败变质的微生物。一般认为,达到杀菌要求的热处理强度足以钝化食品中的酶活性^[5]。传统的热杀菌技术已经日臻完善,新的热杀菌技术被不断的发现和运用,像微波杀菌和高频 RF 杀菌。非热杀菌技术是一种相对新兴的技术,目前还没有明确的定义,但是其主导思想是杀菌时不加热或者即使加热温度也很低,从而使食品在加工过程保持原有的新鲜度和减少营养物质的流失^[6]。非热加工技术其实是一类技术的统称,这类技术的共同点是没有采用热加工的技术。就其含义来说,除了传统的超高压、脉冲电场、辐照等技术外,目前各界对微生物源生物防腐剂技术等也非常关注。

随着人们生活水平的逐步提高,人们对食品加工水准的期望值也在不断提高,消费者已经不仅仅满足于食品的安全无毒和较长的货架期,还对于食品的营养价值也提出了更高的要求^[7]。传统的杀菌技术是保持食品货架期的主要技术,但是传统的热加工过程可以导致食品的过度成熟和维生素等营养物质的损失。新的技术正在不断地被开发和运用^[6]。新的杀菌技术对食品的感官、营养价值的影响最小,这避免了食品的色、香、味、组织结构的变化及营养价值的降低,同时还能最大限度保持食品的安全性。更为重要的是,新的杀菌技术对环境污染小、加工能耗低。

1 调理食品热杀菌技术的研究进展

热杀菌技术是食品加工与保藏中用于改善食品品质、延长食品贮藏期的重要的处理方法之一,热杀菌对食品既有正面作用也有负面作用^[6]。热杀菌由于有着很高的可靠性、简便性和投资小等特点,成为食品工业的主流杀菌技术^[4]。

1.1 巴氏杀菌

巴氏杀菌是指钝化产品中的酶类物质和杀灭食品中可能存在的致病菌,主要用于液体食品,像牛奶、橘子汁、葡萄酒、啤酒等。巴氏杀菌是在 19 世纪 60 年代法国科学家路易·巴斯德发现的:在 57℃ 左右加热一段时间可以阻止啤酒或葡萄酒发酵^[9]。巴氏杀菌的最新应用是杀灭全蛋液中的沙门氏菌和李氏杆菌等微生物,以消灭人们潜在的卫生忧虑^[5]。

谢爱英等^[10](2011)研究了在不同巴氏杀菌温度、时间条件下处理原料乳,以黏度、硬度、乳清析出率、pH 值及感官评分为指标,巴氏杀菌条件对酸奶及其贮藏期间品质的影响。研究表明,原料乳杀菌在一定范围内加热温度高(高于 80℃)、时间较长(大于 5min)有利于提高酸奶的黏度、硬度,降低乳清析出率,稳定贮藏期间的质构、pH 值及感官特征。Francisco Molino 等^[11](2011)研究了巴氏杀菌和储藏对蜂蜜中四环素含量的影响。根据国际标准,研究人员确定了一个简单、快速、灵敏的分析方法。巴氏杀菌和储藏条件影响蜂蜜中四环素的残留量。经过巴氏杀菌后,四环素的量减少,其中氧四环素减少的最多,但是,储藏 90 d 后,四环素的含量增加了 50%。

商业灭菌是指将病原菌、产毒菌及在食品上造成腐败的微生物杀死,罐头内允许残留有微生物或芽孢,在常温无冷藏状况的商业贮运过程中,在一定的保质期内,不引起食品的腐败变质。商业杀菌过程的加热介质有两种。一种是高压饱和蒸汽,温度从刚超过 100℃ 到 135~140℃;另一种是热水,多用于在不超过 100℃ 对酸性食品进行热处理^[5]。在实际生产中,商业杀菌也与防腐剂联合使用。

徐艳阳等^[12](2004)研究了油豆腐软罐头的杀菌工艺实验。油豆腐是一种营养丰富的豆制品,由于含有较高的蛋白质和脂肪,其产品不易保存。把油豆腐制成软罐头的形式,既能延长其保质期,又便于食用。实验用高温高压杀菌锅对油豆腐软罐头进行杀菌实验研究,确定其最佳的工艺为 120℃ 条件下 9 min~25 min~10 min。在此工艺条件下,油豆腐中微生物的指标达到软罐头产品的质量指标,并且能够保存半年以上。B. Y. Chen 等^[13](2012)研究了超高温和杀菌锅杀菌对羊奶的热稳定性的对比。加盐和不加盐的羊奶分别进行杀菌锅和超高温杀菌,热稳定性是通过测量奶中的沉淀物。研究表明,在加热期间,没有一个机制或一系列的反应能够说明羊奶沉淀的产生,正确的途径不同于超高温和杀菌锅杀菌。不稳定的加热能够引起钙离子的增加和减少,对于杀菌锅杀菌,乙醇的稳定性不是一个好的测量加热稳定的指示剂,但是乙醇的稳定性可以作为超高温杀菌加热稳定的指示剂,如果牛奶进入热不稳定区域,可以发现低浓度的钙离子。王毅明等^[14](2010)研究了乳酸

链球菌素(Nisin)与山梨酸钾复配在鸭肉浓汤中的抑菌作用,通过添加 Nisin 抑制浓汤中的芽孢等耐热性菌体,从而降低杀菌强度。结果表明,当 Nisin、山梨酸钾的添加量分别为 0.20、0.30 g/kg 时,杀菌条件为 115 ℃、30 min,可以达到杀菌要求。孙红男等^[15](2010)研究了尼泊金酯类防腐剂对鱼粒的控菌效果。结果表明,在热杀菌的基础上,尼泊金酯总的添加量为 0.2% 能有效抑制大肠杆菌的生长,并能抑制菌落生长,达到控制微生物的目的。

1.2 微波杀菌

与传统的加热方法相比,微波加热的时间短,可以减少在加热过程中食品营养成分、风味物质损失和质地的劣变,同时微波加热的速度是传统加热方式的 3~5 倍,因此可以在保证杀菌效果的同时降低产品质量损耗^[16]。

Xu Duan 等^[17](2007)研究了甘蓝菜的微波冷冻干燥技术和微波杀菌特性。在该研究中,以甘蓝菜为研究对象,微波为热源,与传统的冷冻干燥相比,微波冷冻干燥能够缩短干燥时间,并且具有明显的杀菌效果。王瑞等^[18](2009)以菌落总数和 a^* 值为考察指标,研究了微波功率、微波处理时间和物料量对麦苗粉杀菌效果的影响。研究结果表明,与常规加热方法相比,采用微波对麦苗粉杀菌不仅能达到良好的杀菌效果,而且产品具有良好品质,其外观和色泽变化小,水分、灰分、总糖等理化指标基本保持不变,叶绿素、维生素 C 等营养成分损失也少。K. Khanah 等^[19](2009)研究了微波杀菌后多层乙烯醇共聚物膜的氧传递。传统的杀菌锅杀菌包装食品处于高温、高水分和高压的条件下,水分迁移向亲水的聚合物(比如乙烯醇共聚物),引起阻隔氧气的的能力降低。其中,膜 A 由 PET/EVOH/PP 3 层组成,膜 B 由 PP/tie/Nylon/EVOH/Nylon6/tie/PP 7 层组成。盛有马铃薯泥的膜 A 和膜 B 进行杀菌锅杀菌和微波杀菌,杀菌时间为 3 min 和 6 min。研究结果表明,膜 A 和膜 B 传统杀菌的透氧率高于微波杀菌的;膜 A 的氧气阻隔性能优于膜 B 的;在储藏 12 个月中,微波杀菌 3 min 后的两个膜的透氧率每天低于 2 mL/m²,其质量相当于美国市场上使用的 PVDC 压制膜。

1.3 高频 RF 杀菌

射频(radio frequency,简称 RF)是一种高频交流电磁波,其频率范围为 3 kHz~300 MHz。射频

能穿透到物料内部,引起物料内部带电离子的震荡迁移,将电能转化为热能,从而达到加热的目的^[20]。与微波相比,射频频率低、波长长,因此,穿透的介质材料更深,克服了传统加热时间长、包装食品边缘加热过度的缺陷^[21]。Yifen Wang 等^[22](2003)通过研究发现,在相同的温度下,射频(27,40 MHz)的穿透深度是微波(915,2 450 MHz)的 4 倍,这说明射频能量比微波穿透介质材料更深入、更均一,因此射频加热特别的适用于一定尺寸的包装食品。

K. Luechapattaporn 等^[23](2004)研究了包装食品射频加工微生物的安全性问题。实验以梭状芽孢杆菌为研究对象。结果表明,基于射频的热加工过程可以生产安全、货架期稳定的包装食品。Kunchalee Luechapattaporn 等^[24](2005)研究了炒鸡蛋的射频杀菌,从而生产货架期稳定的鸡蛋产品。结果表明,射频加工对微生物的破坏与在冷点测量的时间-温度数据计算的杀菌值是一致的;射频和杀菌锅处理的炒鸡蛋在亮度和红度显示出了巨大的差别,传统的杀菌锅加工的鸡蛋褐色较深;射频加工的鸡蛋产品硬度小、弹性小、粘弹性大。因此,射频热加工可以生产质量安全、货架期品质稳定的杀菌炒鸡蛋。

2 调理食品非热杀菌技术的研究进展

近年来,非热杀菌技术引起了国内外食品领域专家的广泛关注。非热杀菌技术具有对热敏性营养成分影响小的优势,因此弥补了热杀菌技术在调理食品中杀菌的不足。作者主要介绍了高压二氧化碳、高压脉冲电场、超声波、辐射和纳米等杀菌技术在调理食品杀菌中的研究及其应用。

2.1 超高压杀菌

高压杀菌是替代传统热杀菌的一门新兴技术。高压杀菌可使蛋白质变性,酶失活,形成新的化合物^[25]。

A. Fernandez Garcia 等^[26](2001)研究了高压处理番茄酱对类胡萝卜素提取、抗氧化性、葡萄糖分散性和水结合的影响。研究结果表明,高压处理后,用四氢呋喃提取的总水不溶性抗氧化物、番茄红素和 β -胡萝卜素的含量没有影响,但是用石油醚回收的类胡萝卜素的含量降低了,由于高压处理,类胡萝卜素的结构发生了转变;水溶性抗氧化物的总

量没有改变,但是与没有经过高压处理的样品相比,保藏性变得更好,在 4 °C 下可以储藏 21 d。Nuray Erkan 等^[27](2010)研究了超高压对金头鲷的化学、感官等品质和微生物指标的影响。结果表明,没有经过超高压处理的金头鲷的货架期是 15 d,而经过超高压处理的金头鲷,其货架期是 18 d。因此在一定程度上,超高压处理调理食品可以延长其货架期。

2.2 高压二氧化碳杀菌

二氧化碳有抗菌的性能,研究人员研究了高压二氧化碳的抗菌效果。二氧化碳在高压的时候溶解,当压力释放时,二氧化碳溶出^[6]。

史智佳等^[28](2009)研究了运用响应面曲线法建立乳酸菌的高压二氧化碳杀菌模型。利用响应面法对影响高压二氧化碳杀菌效果的主要因素(温度、压力和时间)进行研究,以杀灭乳酸菌的对数值为响应函数,建立了猪肉糜中乳酸菌的高压二氧化碳杀菌模型。Xiufang Bi 等^[29](2011)研究了高压二氧化碳处理对鲜切胡萝卜片的微生物、酶活、细胞的损伤程度以及硬度的影响。高压二氧化碳是一种不影响食品的风味、口感和营养的新的非热力杀菌技术。鲜切胡萝卜是一种重要的沙拉预制品,它要求严格的处理保证它的质量,尤其是微生物的腐败和酶变。研究表明,残留酶活开始先增加,随着处理时间的延长,最小酶活减少;细胞的损失通过相对电解质渗透率和丙二醛的含量来评,在处理的工艺条件为 5 MPa/20 °C/15 min 时,相对电解质渗透率是没有处理的胡萝卜的 5 倍,但是高压二氧化碳处理对丙二醛的含量没有影响;经过高压二氧化碳处理,鲜切胡萝卜片的硬度损失较小,在工艺条件为 5 MPa/20 °C/15 min 时,硬度最大损失率为 7.9%。

2.3 高压脉冲电场杀菌

高压脉冲电场在很短的时间内可以施加给流动的流体一个很强的电场。在临界场强大于 15 000 V/cm 时,植物细胞可以被杀死。实际上,经常使用更高的场强,大概达到 35 000 V/cm 来破坏细菌、真菌和其它微生物。而较低的场强经常用于静止的电场^[6]。高压脉冲电场杀菌效果明显、成本低,而且在常温下进行,与传统的化学方法和辐射方法比较非常有优势,此外,高压脉冲电场不会向液态食品里导入有毒的物质,不会像氯气消毒那样导致癌

症或诱导癌症,且对环境也是无害的^[30]。

赵伟等^[31](2010)研究了运用高压脉冲电场对牛乳的杀菌。研究结果表明:在 30 kV/cm、600 μs、200 Hz 高压脉冲电场的工艺处理可显著延长牛乳的货架期,4 °C 下可以冷藏 24 d;高压脉冲电场杀菌乳的乳香味有所减弱,无异味,不影响牛乳的商业价值。P. N. Haughton 等^[32](2012)研究了高压脉冲电场对液体和未加工的鸡肉的微生物指标和食源性致病菌影响。研究结果表明,在液体介质中弯曲杆菌比大肠杆菌和沙门氏菌对高压脉冲电场更敏感,运用高压脉冲电场处理未加工的鸡肉,总的活菌数没有明显的减少。因此,在这个研究的条件下,虽然高压脉冲电场能够减少工艺用水的污染,但是高压脉冲电场可能不是一种安全的控制鸡肉微生物污染的方法。

2.4 超声波杀菌

超声波的出现替代了传统食品的热杀菌,但是单独使用超声波不足以使存在于食品中的各种腐败和有害的酶灭活,超声波结合温和的热处理或压力可以使酶和致病菌失活^[33]。超声波能够使牛奶的物理化学特性发生改变,包括使酶失活、均化、减少酸奶发酵的时间和提高流变学特性^[34-36]。

S. Z. Salleh-Mack 等^[37](2007)研究了温度、可溶性固形物、有机酸和 pH 对超声波杀菌的影响。研究表明,超声波提高了大肠杆菌热失活的敏感性;可溶性固形物具有保护的作用,能够使超声波的时间增加;低的 pH 值使大肠杆菌对超声波具有更小的抵抗力;有机酸对超声波使大肠杆菌失活具有最小的影响。Kebitsamang Joseph Mothibe 等^[38](2011)研究了使用超声波预处理对水果干燥的速率、品质和货架期的影响。由于所干燥的水果的水分含量和水分活度低,因此刚刚干燥的水果不必担心微生物的危害。但是,如果储藏不当,它们可能从环境中吸收水分从而促进微生物生长。超声波能够引起细胞溶解,从而保证预处理效果较好,保证了干燥水果的安全。

2.5 辐射杀菌

辐照保藏食品的专利是在 1929 年被发明的,直到第二次世界大战后,辐照保藏食品才逐步受到了重视。辐照被定义为通过空间和媒介发射和传播能量。电磁波是食品辐射保藏中重要的保藏技术。根据食品保藏中辐照的用途,电磁波谱图可以

进一步划分为:微波、紫外线、X射线和 γ 射线。辐射波长的长短对微生物有不同的影响,越短的波长对微生物的破坏性越大^[39]。

Wei-Yea Hsu等^[40](2010)应用低剂量(0.25~2 kGy)的辐照提高薄荷的品质和货架期。研究表明:大肠杆菌和沙门氏菌随着照射剂量增加,微生物的数量逐渐减少,剂量达到2 kGy时,两种微生物全部致死,MS2噬菌体的数量不受辐照的影响;辐照的剂量不影响感官品质,样品辐照后储存9 d后,仍然具有良好的品质;辐照为0.60、1、2 kGy时,叶绿素a、叶绿素b和总的叶绿素含量增加,但是储藏3 d后,总的叶绿素和叶绿素a的含量明显减少,直到储藏到12 d后才检测到叶绿素b含量减少;直到储藏6 d后颜色的亮度值才发生明显的变化,亮度值在整个储藏过程中都没有明显的变化。实验证明了在剂量2 kGy能够提高薄荷的品质和延长保质期,并且不影响感官品质和亮度。薄荷和没有加工的其他草药被广泛的应用到各种不需要烹饪的菜肴的调味品香料,运用辐照的方法可以广泛的应用到配菜的香料中。

2.6 纳米杀菌

现在,纳米技术领域的发展为许多工业和食品行业的发展开辟了道路,虽然纳米食品技术是一个新兴的技术,纳米技术和纳米材料的科学价值和应用前景已经被人们逐渐所认识,纳米材料的制造技术也不断完善。纳米材料是指结构中至少有一个相在一个维度上呈纳米级(约1~100 nm)大小的材料,粒径在101~109 nm范围的粒子称为准纳米粒子。张愨等(2003)研究发现准纳米银对蔬菜汁具有防腐保鲜的功效^[41-42]。纳米杀菌主要指纳米银和纳米锌杀菌。银是最早被人们所发现的抗菌剂,越来越多的生产商把银作为抗菌的一个途径,破坏菌膜的形成是唯一打败细菌的方法^[43]。纳米银既具有纳米材料独特的性能又具有银特有的抗菌、催化等特性,甚至比普通银更具有抗菌效果。纳米银作为无机抗菌剂在食品贮藏保鲜中有着广泛的潜在应用价值,具有广阔应用前景^[44]。

李新林等^[45-46](2010)采用液相还原法制备纳米银,然后将海参腐败过程中的优势菌种进行分离

纯化,研究了纳米银对海参腐败中优势菌以及海参中所有菌的抑制作用。结果表明,浓度在中华人民共和国国家标准-生活饮用水卫生标准最大允许量(0.05 mg/L)以下的纳米银与海参腐败中优势菌株或海参腐败中所有菌作用12 h后,能杀灭80%左右的细菌。同时还研究了纳米银涂膜对微波冻干鲍鱼微生物的影响。研究发现,微波和纳米银涂膜结合,很好的控制了冻干鲍鱼的微生物,而且纳米银涂膜对鲍鱼的干燥速率无明显影响。Aryou Emamif-ar等^[47](2011)研究了含有纳米银和纳米氧化锌的LDPE膜纳米包装材料对接种在橙汁中的植物乳杆菌的抑菌效果。结果表明,使用这种纳米复合包装材料,微生物的生长率显著减少。

3 调理食品杀菌存在的问题

首先,杀菌工艺的不确定。由于调理食品的种类繁多,状态复杂,不同的杀菌技术适用的对象不同,而且同一杀菌技术对于不同的调理食品处理,其工艺参数也不同。因此,需要做大量的系统的研究。其次,杀菌理论的不完善。杀菌理论为建立杀菌数学模型提供了重要的理论支持,对杀菌过程的优化和控制具有重要的意义。虽然国内外学者已经建立了很多非热杀菌模型,但因模型不具有通用性而导致许多工艺参数浮动性较大,因此,需要深入研究非热杀菌理论。最后,杀菌设备的改进和实现杀菌设备的商业化。目前,非热杀菌实现商业化程度最高的技术是超高压技术^[48-49]。

4 调理食品杀菌技术的展望

目前,调理食品杀菌技术多种多样,各种杀菌技术有着各自的特点和适用的范围,人们不断探索各种适合的新技术。热杀菌和非热杀菌的联合使用具有广阔的应用前景。单独的使用某一种非热杀菌具有一定的局限性,因此,在非热杀菌的基础上使用温和的传统杀菌技术,能够更好的达到杀菌效果。非热杀菌和热杀菌技术组合的参数确定需要作大量的研究工作。杀菌技术与包装等技术的相互配合使用,可以使食品更加经济、安全和健康。

参考文献(References):

- [1] 张愨, 孙金才, 丁占生. 厨房用调理食品研究与开发[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2011.
- [2] 冯月荣, 樊军浩, 陈松. 调理食品现状及发展趋势探讨[J]. 肉类工业, 2006, (10): 36-39.
FENG Yue-rong, FAN Jun-hao, CHEN Song. Investigation on the current stage and development trend of the adjust-manage food[J]. **Meat Industry**, 2006, (10):36-39. (in Chinese)
- [3] 调理食品——新兴的大产业[J]. 食品与发酵工业, 2007, (12): 39.
Prepared food—a rising of large industry [J]. **Food and Fermentation Industries**, 2007, (12):39. (in Chinese)
- [4] 李里特. 食品杀菌技术的现状与发展[J]. 包装与食品机械, 1993, (04): 35-39.
LI Li-te. The situation and development of food sterilization technology[J]. **Packaging and Food Machinery**, 1993, (04): 35-39. (in Chinese)
- [5] 夏文水. 食品工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2011.
- [6] Clark J P. Non-thermal Processing Case Studies in Food Engineering[M]. New York:Springer, 2009:129-145.
- [7] 陈锦权. 食品非热力加工技术[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2010.
- [8] 李汴生. 热杀菌与非热杀菌特性与方法[J]. 粮油加工与食品机械, 2001, (07): 14-15.
LI Bian-sheng. The characteristics and methods in thermal and non-thermal sterilization[J]. **Machinery for Cereals, Oil and Food Processing**, 2001, (07):14-15. (in Chinese)
- [9] 杨爱玲. 食品杀菌技术的种类及其应用领域[J]. 甘肃科技纵横, 2006, (06): 46.
YANG Ai-ling. The species and application of food sterilization technology[J]. **Science & Technical Information of Gansu**, 2006, (06):46. (in Chinese)
- [10] 谢爱英, 党亚丽, 李芳芳. 不同巴氏杀菌条件对酸奶品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(09):14-17.
XIE Ai-ying, DANG Ya-li, LI Fang-fang. Effect of different pasteurization conditions on yogurt quality[J]. **Food Science**, 2011, 32(09):14-17. (in Chinese)
- [11] Francisco Molino, Regina Lazaro, Consuelo Perez. Effect of pasteurization and storage on tetracycline levels in honey[J]. **Apidologie**, 2011, 42(3):391-400.
- [12] 徐艳阳, 张愨, 孙金才, 等. 油豆腐软罐头杀菌工艺试验[J]. 食品与生物技术学报, 2004, (02): 71-75.
XU Yan-yang, ZHANG Min, SUN Jin-cai, et al. Experimental studies of bean curd crouton retort pouch on sterilization technology[J]. **Journal of Food Science and Technology**, 2004, (02):71-75. (in Chinese)
- [13] Chen B Y, A S Grandison, M J Lewis. Comparison of heat stability of goat milk subjected to ultra-high temperature and in-container sterilization[J]. **Journal of Dairy Science**, 2012, 95(3):1057-1063.
- [14] 王毅明, 张愨, 王拥军, 等. 调理鸭肉浓汤的杀菌及抗氧化特性研究[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(6):876-882.
WANG Yi-ming, ZHANG Min, WANG Yong-jun, et al. The sterilization and anti-oxidation properties of concentrated duck soup[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2010, 29(6):876-882. (in Chinese)
- [15] 孙红男, 张愨, 陈卫平. 尼泊金酯类防腐剂对鱼粒的抗菌效果[J]. 食品与生物技术学报, 2010, (01):27-32.
SUN Hong-nan, ZHANG Min, CHEN Wei-ping. Study on antiseptis effects of nipagin esters on fish tidbit[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2010, (01):27-32. (in Chinese)
- [16] 余恺, 胡卓炎, 黄智洵. 微波杀菌研究进展及其在食品工业中的应用现状[J]. 食品工业科技, 2005, (7): 185-192.
YU Kai, HU Zhuo-yan, HUANG Zhi-xun. The research development and application of microwave pasturization and sterilization[J]. **Food Science and Technology**, 2005, (7):185-192. (in Chinese)
- [17] Duan X, M Zhang, A S Mujumdar. Studies on the microwave freeze drying technique and sterilization characteristics of cabbage[J]. **Drying Technology**, 2007, 25(10): 1725-1731.
- [18] 王瑞, 张愨, 范柳萍, 等. 麦苗粉的微波杀菌[J]. 食品与生物技术学报, 2009, (02): 150-155.
WANG Rui, ZHANG Min, Fan Lui-ping, et al. Study on barley grass powder sterilization by microwave heating[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, (02):150-155. (in Chinese)
- [19] K Khanah Mokwena, Juming Tang, C Patrick Dunne, et al. Oxygen Transmission of multilayer EVOH films after micro-

- wave sterilization[J]. **Journal of Food Engineering**, 2009, 92(3):291-296.
- [20]刘嫣红, 杨宝玲, 毛志怀. 射频技术在农产品和食品加工中的应用[J]. **农业机械学报**, 2010, 41(8):115-120.
LIU Yan-hong, YANG Bao-ling, MAO Zhi-huai. Radio frequency technology and its application in agro-product and food processing[J]. **Transaction of the Chinese Society for Agricultural Machinery**, 2010, 41(8):115-120. (in Chinese)
- [21]Wang Y, Wig T D, Tang J. Sterilization of foodstuffs using radio frequency heating[J]. **Journal of Food Science**, 2003, 68(2):539-544.
- [22] Yifen Wang, Wig D, Juming Tang. Dielectric properties of foods relevant to RF and microwave pasteurization and sterilization[J]. **Journal of Food Engineering**, 2003, 57(3):257-268.
- [23] K Luechapattaporn. Microbial safety in radio-frequency processing of packaged foods[J]. **Food Microbiology and Safety**, 2004, 69(7):M201-M206.
- [24] Kunchalee Luechapattaporn, Yifen Wang, Jian Wang. Sterilization of scrambled eggs in military polymeric trays by radio frequency energy[J]. **Food Engineering and Physical Properties**, 2005, 70(4):E288-E294.
- [25]Tabatabaie M. The principles of ultra high pressure technology and its application in food processing/preservation: A review of microbiological and quality aspects[J]. **African Journal of Biotechnology**, 2008, 7(16): 2739-2767.
- [26] Garcia A F. Effects of high-pressure processing on carotenoid extractability, antioxidant activity, glucose diffusion, and water binding of tomato puree (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. **Journal of Food Science**, 2001, 66(7): 1033-1038.
- [27] Erkan N, G. Üretener. The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological, chemical and sensory quality of fresh gilthead sea bream (*Sparus aurata*) [J]. **European Food Research and Technology**, 2010, 230(4): 533-542.
- [28]史智佳, 李兴民. 响应面法建立乳酸菌高压二氧化碳杀菌模型[J]. **食品工业科技**, 2009, 30(11):89-93.
SHI Zhi-jia, LI Xing-min. Modeling of inactivation of lactic acid bacteria under high pressure carbon dioxide by response surface methodology[J]. **Food Science and Technology**, 2009, 30(11):89-93. (in Chinese)
- [29]Bi X, J Wu, Y Zhang, . High pressure carbon dioxide treatment for fresh-cut carrot slices[J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2011, 12(3): 298-304.
- [30]王玉军. 食品加工中的非热杀菌技术[J]. **粮油科技**, 2009, (6): 52-54.
WANG Yu-jun. Non-thermal sterilization in food process[J]. **Grain & Oil Technology**, 2009, (6):52-54. (in Chinese)
- [31]赵伟, 杨瑞金, 张文斌. 高强度脉冲电场对牛乳货架期及风味的影响[J]. **江苏农业科学**, 2010, (4):261-265.
ZHAO Wei, YANG Rui-jin, ZHANG Wen-bin. The effect of high strength pulse field on the milk shelf-stage and flavor [J]. **Jiangsu Agricultural Science**, 2010, (4):261-265. (in Chinese)
- [32] Haughton P N, J G Lyng, D A Cronin. Efficacy of pulsed electric fields for the inactivation of indicator microorganisms and foodborne pathogens in liquids and raw chicken[J]. **Food Control**, 2012, 25(1): 131-135.
- [33]O'Donnell. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance [J]. **Trends in Food Science & Technology**, 2010, 21(7): 358-367.
- [34] Villamiel. Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins, and native enzymes of milk[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2000, 48(2): 472-478.
- [35] Wu H, Hulbert G J, Mount J R. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter[J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2000, 1(3): 211-218.
- [36]Vercet A. Rheological properties of yoghurt made with milk submitted to manothermosonication[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2002, 50(21): 6165-6171.
- [37]Salleh-Mack S Z. Ultrasound pasteurization; The effects of temperature, soluble solids, organic acids and pH on the inactivation of *Escherichia coli* ATCC 25922[J]. **Ultrasonics Sonochemistry**, 2007, 14(3): 323-329.
- [38] Mothibe K J. Use of ultrasound pretreatment in drying of fruits: drying rates, quality attributes, and shelf life extension [J]. **Drying Technology**, 2011, 29(14): 1611-1621.
- [39]Jay J M. Radiation protection of foods and nature of microbial radiation resistance modern food microbiology[M]. New York: Springer Verlag, 2005.
- [40] Hsu W Y. Low-dose irradiation improves microbial quality and shelf life of fresh mint (*Mentha piperita* L.) without compromising visual quality[J]. **Journal of Food Science**, 2010, 75(4): M222-M230.

- [41] Chaudhry, Qasin. Nanotechnologies in food[C]. Royal Society of Chemistry. 2010.
- [42] 张愨, 段振华, 单薇. 准纳米银对蔬菜汁保鲜的效果[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(2):63-66.
ZHANG Min, DUAN Zhen-hua, SHAN Wei. Study on preservation effect of vegetable juice with quasinano-scale silver [J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry**, 2003, 22(2):63-66. (in Chinese)
- [43] Bruce Gibbins, Lenna Warner. The role of antimicrobial silver nanotechnology[J]. **Medical Device & Diagnostic Industry**, 2005:112-116.
- [44] 张愨, 陈慧芝. 纳米银在食品贮藏加工中应用的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2012, (04):365-372.
ZHANG Min, CHEN Hui-zhi. Research progress of application of nano-silver in food storage and processing[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, (04):365-372. (in Chinese)
- [45] 李新林, 段续, 张愨. 纳米银对海参腐败中优势菌种的抑制作用[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(3):359-364.
LI Xin-lin, DUAN Xu, ZHANG Min. Study on the preparation and sterilization of silver nanoparticles to the ascendent bacterium within the putrid sea cucumber[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2010, 29(3):359-364. (in Chinese)
- [46] 李新林, 张愨, 段续. 纳米银涂膜对微波冻干鲍鱼微生物的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(1):44-49.
LI Xin-lin, ZHANG Min, DUAN Xu. Effect of nano-silver coating microorganism control of microwave freeze-dried abalone[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2010, 29(1):44-49.
- [47] Emamifar A. Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice[J]. **Food Control**, 2011, 22(3): 408-413.
- [48] 廖小军. 果蔬汁非热加工技术进展[J]. 饮料工业, 2002, 5(6):4-7.
LIAO Xiao-jun. Review of non-thermal processing for fruit and vegetable juices[J]. **Beverage Industry**, 2002, 5(6):4-7. (in Chinese)
- [49] 周林燕, 廖红梅, 胡小松. 食品非热杀菌研究中的科学问题分析[J]. 食品科学, 2010, (05):328-333.
ZHOU Lin-yan, LIAO Hong-mei, HU Xiao-song. Fundamental issues of non-thermal processing in food[J]. **Food Science**, 2010, (05):328-333. (in Chinese)

科技信息

2012 年香料行业标准征求意见稿网上公开征求意见

2012 年 7 月 26 日, 全国香料香精化妆品标准化技术委员会秘书处发布了对 2012 年香料行业标准征求意见稿征求意见的函, 对多家单位完成的“L-乳酸薄荷酯”、“ δ -癸内酯”等 44 个行业标准在网上公开征求意见, 要求将意见于 2012 年 9 月 25 日前寄到、发邮件或传真至秘书处。同时欢迎各相关单位积极参与标准制修订工作, 提供相关数据等。

[信息来源] 上海香料研究所. 关于对 2012 年香料行业标准征求意见稿征求意见的函. (2012-07-26). http://www.sriffi.com/bz2_3_List.asp?id=527.

欧盟拟修订多种蔬菜中烯酰吗啉的最大残留限量

据欧盟食品安全局(EFSA)消息, 应欧盟委员会的要求, 近日欧盟食品安全局提议修订烯酰吗啉(dimethomorph)在白菜、甘蓝、西兰花等蔬菜中的最大残留限量。

据了解, 依据欧盟委员会(EC)No396/2005 法规第 6 章的规定, 德国收到一家公司要求修订蔬菜中烯酰吗啉最大残留限量的申请。为协调烯酰吗啉的最大残留限量(MRL), 德国建议提高烯酰吗啉的最大残留限量。

[信息来源] 食品伙伴网. 欧盟拟修订多种蔬菜中烯酰吗啉的最大残留限量[EB/OL]. (2012-7-27). <http://www.foodmate.net/news/yujing/2012/07/210894.html>.