

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2015.02.010

# 面制食品的保质技术研究

李广生

(天津科技大学 包装与印刷工程学院, 天津 300222)

**摘要:** 面制食品种类繁多, 已成为国民生活的必需品, 而其在储存过程中会因易受微生物的侵袭而导致腐败变质, 还会因内部成分发生老化而严重影响其品质。现有面制食品保质技术主要有低温冷藏、气调包装、改善加工技术等。低温冷藏可有效控制面制食品中水分的散失, 抑制微生物生长繁殖, 但会影响制品的口感及风味; 气调包装可以抑制霉菌等微生物的生长, 但对于醋酸菌、乳酸菌等可进行无氧呼吸的微生物无抑制作用; 加工技术通过改善面制食品本身的品质, 延长面制食品的保质期, 但工业化的保质包装技术较难实现。天然植物精油富含芳香族化合物、萜类化合物、脂肪族化合物等抑菌成分, 且具有无毒、无害、纯天然等特点, 因此, 将成为面制食品保质的新方向。

**关键词:** 面制食品; 冷藏; 气调包装; 加工技术

中图分类号: TB487

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2015)01-0047-06

## Study and Prospect of Technology of Preserving Flour Products

Li Guangsheng

(College of Packaging & Printing Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

**Abstract:** There are many different kinds of flour products which have become a national necessity of life. In the process of storing, flour products were susceptible to microbial invasion which resulted in deterioration, while the internal components staling seriously affected the quality of products. The existing preservation technology included low temperatures storage, modified atmosphere packaging and improved processing technology. The loss of moisture could be effectively controlled in pastas in low temperature storage while inhibiting microbial growth and reproduction, but the taste and flavor of pasta would be affected. Modified atmosphere packaging could inhibit the growth of mold and other microorganisms, but ineffective against anaerobic acetic acid bacteria, lactic acid, etc.. With flour processing technology, the quality of the food itself could be improved while extending the shelf life of pasta, but the industrialization of packaging technology was difficult to achieve. Natural plant oil contained rich aromatic compounds, terpenoids antibacterial ingredient compounds, aliphatic compounds, with the natural characteristics of being non-toxic and harmless, therefore, it would become the new direction in preserving pastas.

**Key words:** flour products; low temperatures storage; modified atmosphere packaging; processing technology

## 0 引言

面制食品在中国悠久的传统饮食文化长河中扮

演着重要的角色, 已经融入国人的饮食习惯中。目前, 面制食品主要包括馒头、面条、面包、糕点、包子等多个品种。2012年, 农业部启动并实施了主食

收稿日期: 2014-07-01

作者简介: 李广生(1987-), 男, 山东济宁人, 天津科技大学硕士生, 主要研究方向为包装材料与包装技术,

E-mail: lgs0809@126.com

加工业提升行动,为主食行业的发展营造了良好的氛围<sup>[1]</sup>。从河南郑州举行的面制主食示范推广交流活动中获悉,中国主食加工业蕴藏着巨大的价值,有专家测算,未来中国馒头的产业规模可达3 000亿元人民币。但是在市售面制食品中,经常出现因为微生物的生长繁殖而引起的食品发霉变质、胀袋、变色等质量问题,因此关于面制食品的保质技术一直是人们关注的问题。微生物导致的面制食品腐败变质和面制食品内部物质自身的老化是影响其品质的2个主要因素。

面制食品中含有丰富的蛋白质、脂类、糖类、维生素等营养物质,且其含水量较高,特别适合微生物的生长繁殖。在加工、运输环节,面制食品的无菌操作比较复杂,因此极易受霉菌、细菌的侵袭,导致食品腐败变质。面制食品在存放时,其所含物质会发生一系列的物理化学变化,如馒头等面制食品中的水分会从其中心部位向表皮迁移,从而导致其中心部分变硬等,出现老化问题,如面制食品表皮干裂、掉渣明显、内瓤孔隙增大、硬度增大,感官品质和营养成分明显下降,影响面制食品的销售<sup>[2]</sup>。从包装的角度考虑,目前这一现象是难以解决的。大多数加工企业采用添加食品添加剂的方法以缓解这一问题,但因人们对添加剂的接受度不同,也或多或少地影响了该类面制食品的销售。

为保证面制食品的安全卫生与质量,目前,国内外主要采用冷藏、气调、改善加工技术、微波等方法延长面制食品的保质期。本文拟对现有面制食品保质技术进行总结与分析,并引入天然植物精油作为面制食品的抑菌剂,以期对面制食品的工业化生产提供理论参考依据。

## 1 常用面制食品保质技术

### 1.1 冷藏

温度对微生物的活性有很大影响。影响面制食品的霉菌、细菌种类繁多,适宜霉菌、细菌繁殖的温度为25~30℃。在较低的温度条件下,引起食品变质的微生物的氧化、呼吸作用明显下降,霉菌的繁殖能力基本为零<sup>[3]</sup>。低温还可以保持面制食品的水分、微观结构、感官品质、理化指标等的变化较小,从而降低面制食品的老化速率。

在国民的日常生活中,馒头扮演着重要角色。目前,市售馒头在-18℃条件下,保质期可达90 d。杨柳<sup>[2]</sup>将馒头分别放置于低温(4℃)低湿、高温(25℃)高湿、高温(25℃)低湿3种条件下贮存,通过对馒头的水分含量、硬度、pH值、维生素B<sub>6</sub>含量、

还原糖含量、各种酶活力、微生物等各项理化指标进行测定得出,在低温(4℃)低湿贮存条件下,馒头的营养成分(维生素B<sub>6</sub>和还原糖)损失最少,酶活力上升缓慢,pH值在波动过程中呈下降趋势,且相对稳定,老化速度缓慢,细菌繁殖缓慢。

周美玲<sup>[4]</sup>将法式甜面团面包分别于38, 25, 4, -18℃4个不同温度下贮藏7 d,然后测定面包心的硬度,发现在-18℃温度下贮藏的面包硬化速率缓慢,7 d内面包的硬度基本上没有发生变化;而其他温度下储存的面包,硬度基本上呈线性增加。因此,若要长时间贮藏面包,可以选择冷冻贮藏,以防止其老化,较好地保持面包的新鲜程度。

María Eugenia Bárcenas等<sup>[5]</sup>将预烘焙冷冻面包在-35℃条件下速冻至面包心温度为-6℃,然后用聚丙烯袋进行包装,并于-25℃温度条件下贮存;同时,将预烘焙好的面包置于2℃温度下冷冻至面包心内部温度稳定,然后装入包装袋中,于2℃条件下贮存。通过电子扫描电镜观察面包的微观结构,以及感官评价、体积、水分含量、宽高比、硬度老化速率等的测定。结果得知,与-25℃条件下相比,2℃贮存时,面包瓤的微观结构在贮存期间变化不大,外观良好,体积保持性较好,老化速率较低。

以上研究结果表明,不同的面制食品,通过合适的温度冷藏,可以有效地控制其水分的散失及迁移,抑制各项微生物的生长繁殖,较好地保持其内部水分,延长其保质期。面制食品的种类不同,其最佳储存温度各不相同,其最适冷藏温度与食品中的水分含量及预处理方式息息相关,需要经过具体的实验测定。

### 1.2 气调包装

气调包装(modified atmosphere packaging, MAP),国内称之为置换气体包装或充气包装,在食品保鲜包装中被广泛采用。气调包装是将不同浓度配比的CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>以及其他保护性气体,置换包装内的空气,利用各种气体在包装袋内所起到的不同作用,一方面可以抑制导致食品变质的大多数微生物的生长繁殖,另一方面降低新鲜食品的生物活性,充分保持其营养物质,从而延长食品货架期。目前,气调包装已被广泛应用到食品包装中。例如氮气在食品包装中既不会被食品吸收,也不会与食品发生化学反应,而且充入的氮气还可以很好地保持食品的外观;而高浓度的二氧化碳可以抑制霉菌与好氧菌等微生物的繁殖。在面制食品的气调包装中,多选用氮气和二氧化碳充入包装中。此外,抽真空处理方式也多被运用于气调包装中。

Stefano Zardetto<sup>[6]</sup>的研究表明:在生鲜湿面的气调包装中,当CO<sub>2</sub>的体积分数大于70%时,可以有效抑制包装中青霉的生长。

王德生等<sup>[7]</sup>将同一批次的狗不理包子,分别以不同比例的二氧化碳和氮气进行充气包装,并进行菌落总数计数和过氧化值的测定。实验结果表明,在贮存期间,二氧化碳与氮气的体积比为6:4和7:5时,包子的保鲜效果较好。

Ursula Fernandez等<sup>[8]</sup>将添加丙酸钙的面包作为对照,将不含丙酸钙的面包用体积分数分别为50%的CO<sub>2</sub>和50%的N<sub>2</sub>,20%的CO<sub>2</sub>和80%的N<sub>2</sub>进行气调包装,通过检测各样品的霉菌以及菌落总数来评定其货架期。结果发现,在各气调体积分数为50%的CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>包装条件下,可以将不含丙酸钙的大豆面包的保质期延长2倍,李志建等<sup>[9]</sup>选取了0.04,0.05,0.06,0.07,0.08 MPa 5个真空度,对馒头进行抽真空包装,分别测定了馒头的比容、硬度、含水量、白度等指标。实验结果显示,在真空度为0.06 MPa时,馒头的老化速度最慢,总体品质最佳。

以上研究表明,各种面制食品经最适气调包装后,可在一定范围内抑制霉菌等微生物的生长与繁殖,延长其保质期,但对于一些兼性厌氧菌如乳酸菌、醋酸菌的抑制效果并不明显。此外,面制食品的种类不同,对应的气调比例不同,其最适气调配比需要进一步测定。

### 1.3 加工技术

低温冷藏和气调包装均是采用改善外部条件来延长面制食品的保质期,而从面制食品加工技术出发,通过改善面制食品本身的品质,也可以延长其保质期。

1) 添加面制食品添加剂。面制食品的添加剂主要包括防腐剂和改良剂2类。

食品防腐剂是能防止由微生物引起的腐败变质,延长食品贮藏期的一类添加剂。目前,我国规定使用的食品防腐剂主要有苯甲酸、苯甲酸钠、山梨酸、山梨酸钾、丙酸钙等25种。在常见的销售面制食品中,多含有防腐剂,比如丙酸钙、苯甲酸钠、山梨酸钾等。丙酸钙可以抑制霉菌面以及引起面团发酵的枯草杆菌的生长繁殖,但不影响酵母菌发酵,因此在面包中应用广泛;苯甲酸及其盐类和山梨酸及其盐类,在酸性条件下对霉菌、酵母菌及细菌都有一定的抑菌能力,苯甲酸及其盐类对抑制使面包生成丝状黏质的细菌特别有效,且安全性高,近年来被广泛用于面包、糕点等的防腐中。如同立江等<sup>[10]</sup>通过将食品防腐剂进行复配,研究了不同的复配形

式对面包的防腐效果,得出将丙酸钙与脱氢醋酸钠按照6:4的质量比进行复配,能有效地延长面包的保质期的结论。

改良剂主要是在面制食品制作过程中添加某些相关成分以有效改善食品品质,常用改良剂有海藻糖、明胶等。如彭亚峰等<sup>[11]</sup>在面包配料中加入不同比例的海藻糖,通过对面包的感官、比容、硬度等指标的分析,发现添加适量的海藻糖可以改善面包的色泽和口感,增加面包的比容和含水量,从而可延缓面包的老化,改善面包品质,达到延长面包的货架期的目的。

2) 改善发酵方式。魏巍<sup>[12]</sup>在国产面粉中添加真菌 $\alpha$ -淀粉酶、细菌木聚糖酶、脂肪酶、葡萄糖氧化酶4种酶制剂,研究了这些酶制剂对国产面粉烘焙品质的影响,以及酶制剂对面包的食用品质、加工特性和外观特性等方面的改善。其结果表明,当真菌 $\alpha$ -淀粉酶的添加量为5~15 mg/kg,细菌木聚糖酶的添加量为10~20 mg/kg,脂肪酶的添加量为10~20 mg/kg,葡萄糖氧化酶的添加量为5~10 mg/kg时,面包的综合品质比较好,面包纹理疏松,体积大,弹性较大,面包的外观色泽和口感以及内部结构等整体品质均较优。且因加入了适量的酶制剂,面包的老化速度明显减缓。

此外,王立革等<sup>[13]</sup>研究了乳酸菌和酵母共同发酵对面包品质的影响,结果表明,改善后的发酵方式制得的面包蓬松、风味独特,内部组织结构和风味较好,比容增大。

3) 改善工艺条件。微波灭菌工艺已经被成熟运用于面制品保质包装中。微波灭菌可使食品中的微生物同时受到微波热效应与非热效应的共同作用,使其体内蛋白质和生理活性物质发生变异,导致微生物体生长发育延缓或死亡,从而达到食品灭菌、保鲜的目的<sup>[14]</sup>。

熊柳等<sup>[15]</sup>以活性干酵母和馒头专用粉为原料制作保鲜馒头,并进行了微波灭菌处理。研究结果表明,在该实验条件下,馒头保鲜最佳的杀菌工艺为微波150℃灭菌70s,经此条件处理的馒头的各项理化指标均较好。芮汉明等<sup>[16]</sup>的研究表明,微波杀菌可以有效地延长马蹄糕的保质期。宋茹等<sup>[17]</sup>的实验结果表明:未经处理的面包,室温下的保质期为3~4d;而经微波杀菌的面包,在室温下可保存12d,与未经微波杀菌的面包在冷藏条件下的保质期相同。因此,微波杀菌处理可有效延长面包的保鲜期。

目前,多采用添加防腐剂、改变加工原料配比、改善发酵方式、工序、工艺等加工技术,进行相关

优化,从而使面制食品的品质、口感及风味在保质期内保持不变。已有研究结果表明,改善加工技术能够实现改善面制食品保质期的目的。

## 2 现有面制食品保质技术存在的问题

1) 低温冷藏保质中存在的问题。面制食品经低温冷藏处理后,如果采用微波复热,则馒头内部的水分扩散加快,馒头回生加快,因而会严重影响馒头的口感。R. Sharadanant 等<sup>[18]</sup>的研究证实,面包冷藏时,其保持水分的能力随冷藏时间的延长而逐渐下降,且由于冰晶的重结晶作用,会增大面包内的游离水含量,因而对面包内部的面筋网络造成物理性破坏。其主要原因是由于水在没有结冰前,贮存温度越低,分子活动速度越低,水分子的动能降低,导致能量降低。因此贮存温度越低,越达不到维持淀粉分子与水分子之间氢键结合所需的能量。

2) 气调包装中存在的问题。影响面制食品的微生物多为霉菌、细菌,面制食品中所含的细菌多为醋酸菌、乳酸菌,这些菌均可以进行无氧呼吸;因而高  $\text{CO}_2$  低  $\text{O}_2$  的环境,仅可以有效地抑制霉菌的生长。目前,面制食品气调包装中多采用高  $\text{CO}_2$  低  $\text{O}_2$  的体积配比,这对影响面制食品的霉菌有着很好的抑制作用,但是对于可以进行无氧呼吸的醋酸菌、乳酸菌等无抑制作用。面制食品在贮存过程中,醋酸菌、乳酸菌等会消耗酸,也会产生酸。馒头贮存过程中,两种产酸菌的数目都呈上升趋势,但是这两种菌的对数生长期明显不同;包装后的 12~24 h 是乳酸菌的对数生长期,而 36~48 h 是醋酸菌的对数生长期<sup>[19]</sup>。由于细菌的对数生长期与 pH 值之间呈负相关关系,所以开始的 24 h 内,馒头的 pH 值下降;而后由于产酸菌的大量生长需要酸,产酸少于消耗,此时,可能会导致环境 pH 值上升;当产酸速率大于消耗速率时,环境 pH 值又开始下降,并且补充了醋酸菌进入对数生长期时消耗的那部分酸,此后, pH 值一直呈下降趋势。而醋酸菌、乳酸菌的无氧呼吸会严重影响面制食品的品质。

3) 加工技术保质中存在的问题。首先,面制食品中添加的防腐剂多为丙酸钙、苯甲酸钠等多种化学合成食品防腐剂。此类防腐剂因曾有叠加中毒现象的报道,因而在使用上有争议,虽各国仍允许使用,但应用范围越来越窄。如在日本,苯甲酸钠的使用受到限制,甚至部分禁止使用。我国也正在逐步缩小苯甲酸钠的添加剂量和使用范围<sup>[20]</sup>。消费者对改良剂的接受度不同,也可能会影响销售;再者,

改善发酵方式,有违传统生产理念。此外,面制食品中面包、糕点类的保质包装技术进展较快,而湿面条、馒头等利润较低的面制食品保质方法较为简单,效果较差,从经济性角度考虑,采取工业化保质包装技术较难实现。

## 3 面制食品保质技术的发展趋势

当下,面制食品包装多采用脱氧、真空、气调包装,以抑制微生物的生长、减缓食品老化速度,从而达到保质的目的<sup>[21-22]</sup>。化学类防腐剂的毒副作用较强,而气调、冷藏保质技术只能抑制微生物的生长,不能有效地杀灭微生物。冷藏、气调包装、添加防腐剂等都会对面制食品的保质存在一定的局限性,因此,面制食品保质急需具有杀菌作用的抑菌剂。在此背景下,天然植物精油抑菌剂已经逐渐被应用于食品工业。天然植物精油中的主要抑菌成分有芳香族化合物、萜类化合物、脂肪族化合物、含氮含硫化合物。天然植物精油具有无毒、无害、纯天然等特点,并且对革兰氏阴、阳性菌、霉菌等均有一定的杀菌活性<sup>[23-25]</sup>,现已在面包、月饼的保质包装中逐渐开始使用<sup>[26-29]</sup>。

天然植物精油具有一定的挥发性,当加入包装袋中,可以挥发到面制食品表面,有效杀灭导致面制食品腐败的微生物。影响每种面制品的微生物不同,而不同的天然植物精油对不同菌种的抑制性也不同,因此,需要确定影响面制品的微生物种类,然后选择合适的天然植物精油。通过控制天然植物精油的使用量,并选择合适的加入方式,将成为面制食品加工的主要研究方向。

由于天然植物精油的主要抑菌成分是酚类、醚类物质,其挥发性较强,已有研究结果表明,精油中的酚类物质对微生物的细胞膜或细胞壁有破坏作用,从而导致细胞膜的功能受到一定程度的影响,细胞体内的内容物外流,导致微生物死亡<sup>[30]</sup>。天然植物精油多为有机化合物,化学式中富含多种基团,普遍具有表面活性作用,根据相似相溶原理,会对脂肪有一定程度的溶解作用,也可以看成是其抗菌机理之一。因此,天然植物精油对面制食品表面微生物的抑制作用明显,可以有效地延长面制食品的货架寿命。可将天然类抑菌剂与可食性材料(如纤维素、壳聚糖、乳清蛋白、大豆分离蛋白等)混合制备可食性薄膜;或者将其涂覆到普通塑料薄膜表面,制备成具有抑菌性能的绿色包装材料<sup>[31-32]</sup>。这方面的理论研究已经较为成熟,将其应用到工业化生产

面制食品保质包装,可以有效延长面制食品的保质期,因此,其必将成为面制食品保质包装技术新的研发方向。

目前,面制食品中的包子、馒头、面包等的保质期较短,不利于商品的销售。随着市场需求的不断提升,以及包子、馒头、面包等面制食品产业化技术的发展,势必会对相应的保质包装需求加剧。目前的冷藏、气调包装、添加剂等保质技术都有一定的局限性,而天然植物精油源于绿色植物,对人体无害,必将成为面制食品保质的新方向。

#### 参考文献:

- [1] 盛 岚. 未来中国馒头产业规模可达3 000亿元[EB/OL]. [2013-04-14]. [http://www.zj.xinhuanet.com/finance/2013-04/14/c\\_115379897.htm](http://www.zj.xinhuanet.com/finance/2013-04/14/c_115379897.htm).  
Sheng Lan. China Steamed Bread Industrial Scale up to 3 000 Billion Yuan in Future[EB/OL]. [2013-04-14]. [http://www.zj.xinhuanet.com/finance/2013-04/14/c\\_115379897.htm](http://www.zj.xinhuanet.com/finance/2013-04/14/c_115379897.htm).
- [2] 杨 柳. 馒头在贮存过程中的品质变化[D]. 长春: 吉林大学, 2012.  
Yang Liu. The Character Change During Chinese Steamed Bread in Storage[D]. Changchun: Jilin University, 2012.
- [3] 华泽钊, 李云飞, 刘宝林. 食品冷冻冷藏原理与设备[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999: 44-45.  
Hua Zezhao, Li Yunfei, Liu Baolin. The Food Refrigeration Principle and Equipments[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1999: 44-45.
- [4] 周美玲. 冷冻法式甜面团面包货架期的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.  
Zhou Meiling. Studies on the Shelf-Life of French Frozen Dough and Roll[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.
- [5] Maríia Eugenia Bárcenas, Cristina M Rosell. Different Approaches for Improving the Quality and Extending the Shelf Life of the Partially Baked Bread: Low Temperatures and HPMC Addition[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(1): 92-99.
- [6] Stefano Zardetto. Effect of Modified Atmosphere Packaging at Abuse Temperature on the Growth of *Penicillium Aurantiogriseum* Isolated from Fresh Filled Pasta[J]. Food Microbiology, 2005, 22(4): 367-371.
- [7] 王德生, 杨文冰, 苏 会, 等. 生物气调保鲜狗不理包子的工艺[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(10): 92-94.  
Wang Desheng, Yang Wenbing, Su Hui, et al. Process Study on Fresh-Keeping Goubuli Stuffed Bun with Biological Gas Modified Atmosphere[J]. Food Research and Development, 2012, 33(10): 92-94.
- [8] Fernandez Ursula, Yael Vodovotz, Courtney Polly, et al. Extended Shelf Life of Soy Bread Using Modified Atmosphere Packaging[J]. Journal of Food Protection, 2006, 69(3): 693-698.
- [9] 李志建, 裴艳花, 刘长虹, 等. 真空度对馒头储存品质影响研究[J]. 粮食科技与经济, 2011, 36(4): 45-47.  
Li Zhijian, Chang Yanhua, Liu Changhong, et al. Effect of Vacuum on Quality of Steamed Bread During Storage[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2011, 36(4): 45-47.
- [10] 闫立江, 荆亚玲. 食品防腐剂复配形式在面包中的防腐应用研究[J]. 中国食品添加剂, 2010(2): 197-200.  
Yan Lijiang, Jing Yaling. Study of Antiseptic Application of Food Preservative Compounds in Bread[J]. China food Additives, 2010(2): 197-200.
- [11] 彭亚峰, 周家春. 海藻糖对面包品质的影响[J]. 食品工业, 2005(6): 26-28.  
Peng Yafeng, Zhou Jiachun. The Influences of Trehalose on the Bread Quality[J]. Food Industry, 2005(6): 26-28.
- [12] 魏 巍. 酶制剂对国产面粉烘焙品质和面包老化影响的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009.  
Wei Wei. Study on the Effect on Baking Quality of Domestic Flour and Bread Staling[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2009.
- [13] 王立革, 陶 虹, 邵秀芝. 酵母和乳酸菌共同发酵对面包品质的影响[J]. 现代测量与实验室管理, 2006(5): 38-39.  
Wang Lige, Tao Hong, Shao Xiuzhi. The Yeast and Lactic Bacteria Fermentation Effects on Bread Quality[J]. Modern Measurement and Laboratory Management, 2006(5): 38-39.
- [14] 张 妍. 微波与食品加工[J]. 教学仪器与实验, 2006(12): 30-31.  
Zhang Yan. Microwave and Food Processing[J]. Educational Equipment and Experiment, 2006(12): 30-31.
- [15] 熊 柳, 李凡飞, 孙庆杰. 保鲜馒头加工工艺及品质特性研究[J]. 粮食与油脂, 2009(1): 24-26.  
Xiong Liu, Li Fanfei, Sun Qingjie. Studies on Processing Technology and Quality Properties of Long Life Steamed Bread[J]. Cereals & Oils, 2009(1): 24-26.
- [16] 芮汉明, 周礼娟, 郑 枫. 微波技术在马蹄糕生产中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(8): 161-163.  
Rui Hanming, Zhou Lijuan, Zheng Feng. Study on Microwave Technology Applied the Processing of Chufa Cake[J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(8): 161-163.
- [17] 宋 茹, 徐依景, 杜建艳. 微波杀菌保鲜面包的技术研究[J]. 食品工业科技, 2005, 26(4): 74-76.  
Song Ru, Xu Yijing, Du Jianyan. Research on the Technology of Microwave Sterilization of Bread[J]. Science and Technology of Food Industry, 2005, 26(4): 74-76.
- [18] Sharadanant R, Khan K. Effect of Hydrophilic Gums on the Quality of Frozen Dough: II. Bread Characteristics[J]. Cereal Chemistry, 2003, 80(6): 773-780.

- [19] 宋宏光, 刘长虹, 金 晶. 馒头贮存中微生物变化的研究[J]. 粮油食品科技, 2005(6): 35-40.  
Song Hongguang, Liu Changhong, Jin Jing. On the Changes of Microbe Parameters in the Storage of Steamed Bread[J]. 2005(6): 35-40.
- [20] 石立三, 吴清平, 吴慧清, 等. 我国食品防腐剂应用状况及未来发展趋势[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(3): 157-161.  
Shi Lisan, Wu Qingping, Wu Huiqing, et al. Present Situation and Trend of Development on Food Preservations in China[J]. Food Research and Development, 2008, 29(3): 157-161.
- [21] 章建浩. 食品包装大全[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 56  
Zhang Jianhao. Collection of Food Packaging[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000: 56
- [22] 汪秋安, 张春香. 脱氧剂及其脱氧包装技术的开发与应用[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 7-10.  
Wang Qiu'an, Zhang Chunxiang. Development and Application of the Deoxidizer and Deoxidizer Packaging Technology [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 7-10.
- [23] 余世望, 范青生, 肖小年, 等. 60种食药两用中药抗菌防腐作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 1997, 9(4): 62-67.  
Yu Shiwang, Fan Qingsheng, Xiao Xiaonian, et al. Studies on Antimicrobial Effects of 60 Traditional Chinese Health Foods[J]. Natural Product Research and Development, 1997, 9(4): 62-67.
- [24] De Billerbeck V G, Roques C G, Bessiè re J M, et al. Effects of *Cymbopogon Nardus* (L.) W. Watson Essential Oil on the Growth and Morphogenesis of *Aspergillus Niger*[J]. Canadian Journal of Microbiology, 2001, 47(1): 9-17.
- [25] Shan Bin, Cai Yizhong, John D Brooks, et al. The in Vitro Antibacterial Activity of Dietary Spice and Medicinal Herb Extracts[J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 117(1): 112-119.
- [26] Lenka Nedorostova, Pavel Kloucek, Ladislav Kokoska, et al. Antimicrobial Properties of Selected Essential Oils in Vapour Phase Against Foodborne Bacteria[J]. Food Control, 2009, 20(2): 157-160.
- [27] Suhr K I, Nielsen P V. Antifungal Activity of Essential Oils Evaluated by Two Different Application Techniques Against Rye Bread Spoilage Fungi[J]. Journal of Applied Microbiology, 2003, 94(4): 665-674.
- [28] 黄恺婷. 广式月饼腐败霉菌分离与控制研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.  
Huang Kaiting. Separation and Inhibition of the Spoilage Moulds in Cantonese-Style Moon Cake[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [29] Singh A, Singh R K, Bhunia A K, et al. Efficacy of Plant Essential Oils as Antimicrobial Agents Against *Listeria Monocytogenes* in Hotdogs[J]. LWT - Food Science and Technology, 2003, 36(8): 787-794.
- [30] Rasooli I, Rezaei M B, Allameh A. Growth Inhibition and Morphological Alterations of *Aspergillus Niger* by Essential Oils from *Thymus Eriocalyx* and *Thymus X-Porlock*[J]. Food Control, 2006, 17(5): 359-364.
- [31] 陈 默. 大豆分离蛋白抑菌膜性能评价及抑菌剂释放研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010.  
Chen Mo. Properties of Soy Protein Isolated Films and Release of Antimicrobial from Films into Fatty Food Simulants[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2010.
- [32] Ramos M, Jimenez A, Peltzer M, et al. Characterization and Antimicrobial Activity Studies of Polypropylene Films with Carvacrol and Thymol for Active Packaging[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 109(3): 515-519.

(责任编辑: 廖友媛)