

水产品气调保鲜技术研究进展

励建荣,刘永吉,李学鹏,朱军莉,傅玲琳,李婷婷

(浙江工商大学 食品与生物工程学院,浙江省食品安全重点实验室,浙江 杭州 310035)

摘要: 主要介绍了气调包装(Modified atmosphere packaging, MAP)保鲜技术在水产品中的应用及其研究现状。MAP技术能够通过抑制微生物的生长等机制延长水产品货架期。MAP混合气体中的CO₂为抑菌的关键成份,O₂也是重要成份。MAP水产品的品质和货架期取决于包装气体的成份及比例、储藏温度、原料种类及原料初始品质、混合气体的体积与包装物料的质量比(V/W)和包装材料等因素,其中储藏温度是关键因素。MAP水产品的腐败主要是一种或几种特定腐败菌(Specific Spoilage Organisms, SSOs)导致的;耐CO₂的发光杆菌属(*Photobacterium phosphoreum*)为MAP鳕的特定腐败菌;嗜冷乳酸菌是多种MAP水产品的特定腐败菌。同样条件下,MAP水产品的品质和安全性优于真空包装和空气包装。[中国水产科学,2010,17(4):869-877]

关键词: 气调包装;水产品;CO₂;特定腐败菌;货架期

中图分类号: Q959;S98

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)04-0869-09

气调包装(Modified atmosphere packaging, MAP)是用一种或几种混合气体代替食品包装袋内的空气,抑制产品的腐败,延长食品保鲜期的包装方法。经气调包装的食品,包装袋内初始比例固定的气体会自发地变化或被控制不变^[1-2]。MAP既适于零售包装,也适于大批量食品保鲜。MAP技术在20世纪30年代开始商业应用,将冷冻鲜牛肉置于CO₂环境中从澳大利亚运往英国。随着MAP技术的不断发展,它在20世纪70-80年代开始在欧美的商业市场上被广泛应用^[3]。目前在国内外,MAP技术已经被开发用于生鲜肉、水产品、凝乳、鲜奶酪、蔬菜、水果和许多其他家庭即食食品^[4]。中国在20世纪90年代开始进行食品MAP技术的研究和应用,并取得较快发展,但商业应用仍然不多。在国内市场上目前的MAP产品仅限于新鲜猪肉、新鲜蔬菜和熟肉等,其他食品的MAP技术还没实现市场应用^[5]。国外的

水产品MAP技术应用比较成熟,用于包装的水产品种类也比较多,包括不同鱼种的鱼片和鱼块、虾类、贝类等。但在中国,水产品气调保鲜包装在商业上的应用还处于研究和起步阶段。因此,水产品MAP技术在中国有广阔的发展前景,对其进行研究具有重要的理论意义和商业价值。

关于水产品气调包装的研究很多,多数研究表明MAP与低温结合可以显著延长水产品货架期[6-7]。目前,国外关于水产品MAP的研究多集中在MAP水产品中微生物及特定腐败菌(SSOs)方面;国内的研究多集中在MAP水产品气调工艺方面。对MAP水产品保鲜效果的研究表明,MAP水产品的货架期受多种因素的影响,但MAP的保鲜机理和最优保鲜工艺并不完全明确。本文介绍了近年来国内外对水产品气调包装保鲜技术及其保鲜机理的研究现状,旨在为MAP技术在中国的市场化应用提供理论借鉴。

收稿日期:2009-10-09;修订日期:2010-01-14.

基金项目:国家863重点项目(2007AA091806);浙江省科技厅优先主题项目(2009C03017-5).

作者简介:励建荣(1964-),男,博士,教授,主要研究方向:农产品、水产品贮藏加工与安全控制;食品生物技术. E-mail:lijianrong@zjgsu.edu.cn.

1 水产品气调包装的气体组成及保鲜作用

气调包装中的混合气体通常由CO₂、O₂、N₂ 3种或其中2种混合而成。气调包装中的气体主要通过抑制水产品中微生物生长繁殖、减少脂肪酸败等作用保持其新鲜度,延长其货架期。MAP对水产品的保鲜效果优于相同条件下的空气包装和真空包装,如:气调条件下沙丁鱼中微生物生长受到抑制,4℃下沙丁鱼在MAP(60% CO₂ : 40% N₂)、真空包装和空气包装条件下的货架期分别是12 d、9 d和3 d^[8]。

CO₂是水产品MAP中起保鲜作用的主要气体,它对鱼类表面污染的细菌和真菌有抑制性,能够抑制或影响腐败微生物的生长。CO₂溶于水和脂肪,并且在水中的溶解性随温度的降低而迅速提高。CO₂溶解于食品后与水结合生成弱酸(CO₂+H₂O \rightleftharpoons HCO₃⁻+H⁺ \rightleftharpoons CO₃²⁻+2H⁺)。由于食品物料或微生物体内的pH值降低,形成的酸性条件对微生物生长有抑制作用。研究表明,25%~100%浓度的CO₂均可抑制水产品中微生物的活性,有利于保持水产品的品质^[9]。在一定范围内,气调包装中的CO₂含量越高其抑菌效果越好。有研究认为,CO₂对微生物的抑制效果取决于溶解于产品中的CO₂浓度^[10];而Farber^[11]认为,CO₂对微生物的总体作用是延长微生物生长的滞后期和降低微生物在对数生长期的生长速率;目前CO₂的保鲜机理仍不完全清楚。

在食品贮藏过程中O₂是很多劣变反应的关键因素。在水产品气调包装中,O₂能够抑制厌氧菌生长,还能减少鲜鱼中三甲胺氧化物(Trimethylamin Oxide, TMAO)还原为三甲胺(TMA)。但O₂的存在却有利于需氧微生物的生长和酶促反应的加快,还会引起高脂鱼类脂肪的氧化酸败。无O₂气调包装能够更好的维持北方长额虾的色泽,防止其脂肪氧化酸败并保持其韧性,延长其货架期^[12]。有研究发现,隔绝O₂能有效地减缓牡蛎蛋白质的变性及分解、pH值的变化、游离氨基酸的生成和分解以及挥发性盐基氮含量的增加,延长牡蛎的贮藏期^[13]。最近有研究表明,用除氧剂将氧气除尽的空气包装比单纯的

空气包装能减少康氏马鲛冷藏期间生物胺(组胺、腐胺和尸胺)的产生,能将其货价期从12 d延长至20 d^[14]。水产品的无O₂气调包装使需氧微生物的生长受到了抑制,但却产生了促进厌氧微生物生长的危险,如肉毒梭菌。

N₂是一种无味气体,难溶于水和脂肪。由于N₂的稳定性、难溶性和不容易透过包装膜的性质,它在气调包装系统中主要用作充填气体,防止包装袋的瘪陷变形,使包装呈现饱满外观;同时用于置换包装袋内的空气和O₂等,以防止高脂鱼、贝类脂肪的氧化酸败和抑制需氧微生物的生长繁殖。

2 影响水产品气调保鲜的因素

水产品易变质,其货架期受多种因素的影响。多数用于MAP的水产品需先经过去内脏、切片、脱壳、冷冻等预处理,处理后的物料被装入适于零售的隔气性容器中气调冷藏出售。该过程中的各环节都可能影响MAP水产品的保鲜效果及品质。在水产品MAP技术中,产品储藏温度、原料新鲜度、产品加工工艺、包装气体的组成及配比、包装容器中气体的体积与物料质量比(V/W)、包装材料等都对产品的质量、微生物安全及货架期有很大影响。

2.1 温度

水产品的加工和储藏温度决定了其品质劣变的速度和程度。储藏温度是影响水产品MAP效果的最关键因素,对MAP水产品的货架期有直接影响。根据英国食品微生物安全咨询委员会(Advisory Committee on the Microbiology Safety of Food, ACMSF)建议,对于气调包装产品当冷藏是唯一的控制因素时,在5~10℃储存时其货架期应限制在5 d以内,在5℃以下储存时其货架期可以延长至10 d。

在不同研究中温度参数有较大差异,温度范围从-2℃到26℃都有研究报道。低温与气调保鲜结合具有良好的保鲜效果,低温对控制食品的腐败和预防产品中潜在的致病菌的生长都是必要的。这是由于在低温下微生物和酶的作用都受到抑制,还可能由于低温下CO₂抑菌效果提高。温

度升高会使MAP水产品的货架期缩短,如:MAP鲱(30% CO₂ : 70% N₂)的菌落总数在4℃下储藏11 d左右达到10⁶ CFU/g,而在10℃下储藏4 d左右就达到该数量^[6];Bøknæs等^[15]研究了MAP鳕(40% CO₂ : 40% N₂ : 20% O₂, V : W=2 : 1)在不同温度下的货架期,在-20℃下贮藏期12个月后鳕品质仍没有明显变化,在2℃下其货架期可达到14 d。而且不同的温度处理和温度的变化波动都对MAP水产品的品质有较大影响。用解冻鳕制作的MAP鳕鱼片在2℃下的货架期(大于20 d)比直接用鲜鳕鱼制作的MAP鳕鱼片的货架期(11~12 d)长,这可能由于鳕鱼经过冷冻4~8周后其特定腐败菌发光杆菌受到了抑制或破坏,且低温环境降低了TMA的产生^[16]。MAP鳕鱼腐败的重要特征就是高含量的TMA,含氧包装条件下会出现腐烂和产生H₂S气味^[17],但在6℃条件下60%的CO₂能抑制鳕鱼中产H₂S菌和产TMA菌的生长,提高鳕鱼片的品质延长其货架期^[18]。

此外,冰温技术与MAP技术的结合能更好地延长新鲜水产品的货架期。同样条件下,新鲜水产品在冰温条件下的货架期比其在冷藏条件下的货架期长。在冰温与高CO₂浓度气调结合条件下,鲑鱼的良好品质可保持长达3周^[19]。国内有研究表明,冰温气调贮藏可显著延长鱼丸的货架期,冰温条件下空气包装样品保鲜期就有40 d,是5℃下保鲜期(8 d)的5倍;冰温条件下75% CO₂ : 25% N₂包装的鱼丸的保鲜期长达50 d^[20]。

2.2 气体组成

MAP水产品的货架期与混合气体组成有密切关系,不同水产品应采用不同的混合气体组成。MAP鲭鱼在(2±0.5)℃、70% CO₂ : 30% N₂气体条件下和空气包装下对应货架期分别是20~21 d和11 d^[21]。气体的组成不仅影响水产品化学品质,还影响水产品中微生物的变化。CO₂是MAP中的主要组成部分,在大多数情况下它的比例为50%~100%。通常采用30%~80%的CO₂来延长鲜鱼的货架期,因为高CO₂比例的MAP会因CO₂的溶解导致包装物的汁液流失率增加和包装袋瘪陷。CO₂浓度大

于等于50%的气调包装可使新鲜青鱼块在冷藏条件下(2~4℃)的货架期从空气包装的6 d延长至12 d,并保持产品的良好质量^[22];Davies的研究表明,高CO₂浓度的MAP(80% CO₂ : 20% N₂, 鳟; 60% CO₂ : 40% N₂, 鳕)对多种致病菌的抑制效果优于低CO₂浓度的MAP^[23]。这可能因为CO₂含量的提高,抑制了需氧菌和嗜冷菌数量的增加^[24]。同时CO₂的存在和增加可能降低了相关微生物的增长速率,如:在0℃下20%或60%浓度的CO₂能使腐败希瓦氏菌的最大增长速率降低40%^[25];随着CO₂浓度的增加,单增李斯特菌(*L. monocytogenes*)的对数生长期延长,最大生长速率也降低^[26]。但高CO₂的MAP会导致物料pH值降低而增加包装物的汁液流失量,降低CO₂的浓度包装物的汁液流失率就会降低,如有研究表明,当CO₂的浓度由70%降低到50%时,MAP鲈的汁液流失率降低了50%^[27]。

有时在气调包装中加入一定量的O₂能更好的延长水产品的货架期。MAP带鱼(中脂鱼)的适宜气体配比为:60% CO₂ : 30% N₂ : 10% O₂, O₂的存在虽会加快脂肪的氧化,但却抑制了厌氧菌的繁殖生长,同时减少了氧化三甲胺分解生成三甲胺,总的效果优于无氧包装^[28]。有氧MAP的研究中, O₂的比例差异较大,尽管高氧MAP容易导致水产品中饱和脂肪酸的变质,但仍有较多研究结果表明高氧MAP的某些水产品有更好的品质。Hovda等^[29]对MAP大比目鱼进行的研究发现:50% CO₂ : 50% O₂的高氧条件(4℃下货架期23 d)优于50% CO₂ : 50% N₂(20 d货架期)和空气包装(10 d货架期)的气体条件。可能高氧MAP能够减少水产品中组胺的产生,延长水产品货架期。Jette等^[30]对金枪鱼的研究发现:60% CO₂ : 40% N₂气体组成下MAP金枪鱼中组胺的含量在1.7℃下储藏24 d后达到5 000 mg/kg以上;而在40% CO₂ : 60% O₂的条件下其组胺的含量在1℃下储藏28 d仍未检测到。López-Caballero等^[31]研究了60%CO₂ : 15% O₂ : 25% N₂和40% CO₂ : 60% O₂等不同气体组合的MAP无须鳕(1℃),结果表明:40%CO₂ : 60%O₂对腐败希瓦氏菌

的抑制最强,腐胺和组胺的含量均最低;空气包装组保存15 d时就有强烈的腐败气味,保存3周后空气包装中的腐败希瓦氏菌(10^9 CFU/mL)和TMA(45 mg TMA-N/100 mL)含量均最高。这可能是由于腐败希瓦氏菌是不耐 CO_2 的菌种。对于多数水产品低 O_2 的MAP比较合适,而高 O_2 包装可以减少组胺的生成,这可能更适于金枪鱼等水产品。

在研究中,尽管不同的混合气体对MAP水产品品质有不同影响,但MAP技术中的各气体组分多是单独作用于包装物或微生物。不同混合气体的保鲜效果似乎是几种气体单独作用效果的叠加,水产品保鲜中最优的混合气体组成多是各气体成分综合优化的结果。鲜有不同气体间或因不同气体产生的中间物之间相互作用的研究。不同混合气体的保鲜机理和不同水产品的最优保鲜气体组合有待进一步研究。

此外,气调包装水产品中气体的组成与气调包装机的精密度、初始气体比例、原料的性质、包装材料的透气性和微生物代谢等都有关系,但在关于MAP水产品的研究中对储藏期间包装袋内 CO_2 和 O_2 的变化以及 CO_2 的溶解量的研究较少,这是应该加强研究的内容。

2.3 气体体积和包装物质量比(V/W)

由于包装材料的透气性和 CO_2 的溶解性等原因,使充入包装容器的气体体积大于包装物料的体积很重要,这既可保证气调保鲜的效果,又能防止包装袋的瘪陷。通常气体的体积为食品质量的2~3倍($V/W=2\sim 3$)是比较理想的^[1,32],但有些关于气调包装的研究并没有说明V/W的比值,也没有涉及 CO_2 的溶解率。V/W及 CO_2 的溶解率是研究气调保鲜机理的重要指标,缺少二者不能更科学的解释气调保鲜的机理。对草鱼段气调包装的研究,得出其适宜的气体配比为: $\text{CO}_2 50\% : 40\% \text{N}_2 : \text{O}_2 10\%$,气体体积与草鱼段质量之比为2:1或3:1时有较好的储藏效果^[33]。

2.4 原料初始条件

气调包装的效果与食品包装前的污染程度有重要关系。原料初始品质对MAP水产品的货架期有

直接影响。包装前物料被腐败微生物污染的程度越低,气调食品的货架期越长。微生物数量直接限制着MAP水产品的货架期。当微生物的数量超标时,MAP鲑鱼中的挥发性盐基氮、TBA值和色泽等仍然都处于可接受范围^[34]。当MAP北方长额虾的初始微生物数量增加10~100倍时,腐败微生物的种类和数量就会迅速增加,其货架期会明显缩短^[35];同时,其在空气和光照下暴露的时间越长其脂肪氧化越显著^[12]。同样,鲑鱼的新鲜度对气调包装鲑鱼片的品质有明显影响,只有新鲜的鲑鱼才可以生产出高品质的气调保鲜鲑鱼片^[36]。因此MAP水产品的加工中,充气包装前的处理加工条件很重要。在该过程中应尽量减少水产品在高温、有微生物污染等不良环境下的暴露时间,减少气调包装前的微生物数量、脂肪氧化等品质劣变。当水产品具有良好的初始品质时,MAP技术才能更好的延长其货架期。

2.5 包装材料

气调包装材料的透气性对气调保鲜效果有较大影响,它决定着包装袋内气体比例是否稳定或平衡。同种或不同的包装材料对于不同气体的阻隔率都不同,还受到环境温度和湿度的影响。阻隔性优良的包装材料不仅可以防止MAP包装内各气体的溢出还可以防止外界气体的进入。张敏对不同阻隔率MAP包装材料的研究表明,它们在MAP($50\% \text{O}_2 : 50\% \text{CO}_2$)下保鲜效果依次为:高阻隔性材料(BOPP/AL/PET/CP复合膜)>良阻隔性包材料(BOPP/PA/CP复合膜)>中阻隔性包装材料(PET/CP复合膜)>低阻隔性材料(BOPP/PP复合膜)^[37]。

2.6 其他因素

MAP与酸浸、盐渍、烟熏、保鲜剂和抑菌剂等结合使用都可以更好的延长水产品的货架期^[38-39],这将是气调保鲜技术发展的主要趋势。如醋酸盐(0.5%或1%)结合 $50\% \text{CO}_2 : 50\% \text{N}_2$ 包装的鲑鱼在 4°C 下25 d内其中希瓦氏菌的生长完全被抑制^[40]。这可能是由于 CO_2 形成的酸性条件抑制了腐败希瓦氏菌生长,并减缓TMAO被还原为TMA的反应,延长了鲑鱼的货架期。烟熏鲑鱼在真空包装下货架期

为4周,而在60%CO₂:40%N₂和Nisin结合条件下能够将其货架期延长至5到6周^[41]。Kontominas等研究了薄荷精油、百里香精油和氧吸收剂对MAP水产品货架期的延长作用,研究表明它们均能延长水产品的货架期^[42-43]。

3 气调包装与水产品的品质

3.1 水产品气调保鲜中的特定腐败菌(SSOs)

水产品的腐败变质主要是由于某些微生物生长和代谢生成了胺、硫化物、醇、醛、酮、有机酸等,导致产品产生不良气味和异味、感官上不可接受^[44]、品质发生变化。一般水产品中都含有多种微生物种群,这些微生物在储藏过程中是动态变化的,但大部分微生物种群并不引起水产品的腐败变质,只有某一种或几种特定的腐败菌(SSOs)在水产品储藏过程中大量繁殖导致了该水产品的腐败变质。不同或同一水产品在不同的条件下具有不同的特定腐败菌,该特定腐败菌在该条件下初始数量可能不多,但具有较强的耐力、优势和活性,是最终导致该水产品腐败的主要菌群^[45]。

MAP鲜鱼中特定腐败菌有发光杆菌、乳酸菌、热索氏菌,但不同鱼种,不同储藏温度,不同MAP气体比例、不同加工和储藏条件都会影响特定腐败菌的种类及其生长。Hovda等^[46]采用PCR-DGGE的方法鉴定了MAP气调包装的鳕中的微生物,发现在50%CO₂:50%O₂的高氧条件下,假单胞菌属是优势菌群;而在50%CO₂:50%N₂或空气包装的气体条件下,发光杆菌属、腐败希瓦氏菌属和假单胞菌属都是优势菌群;但与空气包装相比,气调包装明显抑制了嗜冷菌和产H₂S菌的生长。Hovda等^[29]还鉴定了MAP气调大比目鱼中的微生物,发现发光杆菌属和假单胞菌属为优势菌群。在有CO₂包装的鲜鱼中,希瓦氏菌和很多微生物的生长都受到抑制,但发光杆菌耐CO₂的能力很强^[47],它被认为是多种气调水产品(鳕鱼等)的特定腐败菌^[48],Dalgaard等^[49]认为发光杆菌可以很好地指示MAP水产品的鲜度及品质变化,并建立了以发光杆菌为指示菌的预测MAP

包装鳕鱼的货架期模型。通常MAP水产品中特定腐败菌可能不止一种。MAP鳕鱼(50%CO₂:50%N₂)在3℃或6℃下微生物种群最多的为乳酸菌类和热死环丝菌;其次为腐败希瓦菌和肠杆菌科^[50]。有氧气调包装的鳗鱼(40%CO₂:30%N₂:30%O₂)在0℃储藏条件下的主要腐败菌为乳酸菌类;其次是腐败希瓦氏菌、假单胞菌属^[51]。

3.2 气调包装水产品的安全性

目前对MAP水产品中的腐败微生物研究较多,但对其中的致病菌的研究相对较少,然而忽略MAP水产品中致病菌的生长情况,可能导致水产品虽然有较好的感官特性,但食用时却不安全,所以应加强这方面的研究。MAP水产品的安全性高于相同条件下的真空包装。MAP能减少如沙门氏菌、葡萄状球菌、产气荚膜梭菌、弯曲杆菌、副溶血弧菌和肠球菌等这些在空气包装中出现的细菌所引起的食用安全问题,而且类志贺邻单胞菌在MAP包装中几乎被完全抑制。但肉毒梭状芽胞杆菌、单增李斯特菌、耶尔森(氏)菌、亲水气单胞菌等致病菌可以在低温MAP水产品中生长,他们都对MAP产品的安全性造成潜在威胁^[27]。Devies^[23]的研究表明,MAP对这些致病菌的抑制好于对照的真空包装,即其安全性高于真空包装。气调包装对嗜冷(0~2℃)单增李斯特菌也有抑制作用,在无氧MAP件下,李斯特菌属、结肠耶氏菌等致病菌的检出率明显低于有氧MAP条件^[27],在40%CO₂:60%N₂或100%CO₂的情况下李斯特菌在各生长阶段的活性均降低^[24]。并且MAP与低温、添加抑制剂、酸处理或盐处理等结合使用能更好的抑制致病菌的生长,如:磷酸盐与MAP结合作用能够延长黑鲈鱼片保鲜过程中单增李斯特菌的延迟期和减少大肠杆菌O157,可提高其食用安全性^[53]。在7℃的储藏条件下盐浸和酸(苯甲酸+山梨酸+柠檬酸)结合对北方长额虾中李斯特菌生长的抑制作用达到40d以上^[55]。为保证MAP水产品的安全性,可以致病菌为指示菌建立预测水产品安全性的数学模型,如Mark等^[54]以单增李斯特菌为指示菌建立了预测MAP鱼类货架期和安全性的数学模型。

此外,组胺也是气调包装的水产品潜在的不安全因素,在海洋水产品中发光杆菌在1~5℃能够产生组胺^[55-56]。有研究发现,在低温气调保鲜的金枪鱼中类摩氏摩根菌能产生组胺,而且高氧的气调包装能够抑制类摩氏摩根菌和发光杆菌产生组胺^[30]。这也是研究MAP水产品安全性需要关注的内容。

3.3 气调包装对水产品理化品质的影响

MAP对于多数水产品的品质没有明显的不利影响。MAP能够控制甲壳类黑斑点的产生,也能减少鲭亚目(Scombroid)的鱼类在储藏中组胺的形成。MAP对牙鲆、鲭、鲑鱼片的气味和可接受性没有影响,但对其颜色、弹性、汁液流失、挥发性盐基氮等有一定的影响^[7],如高压CO₂气调包装的水产品能导致酸味和碳酸味的产生^[48]。多数MAP水产品都有汁液流失的问题,通过保水剂的处理和降低CO₂浓度可降低其汁液流失率,但尚不确定其原因是不是气体的大量溶解和pH值的降低。有人研究了挪威龙虾肌肉中游离氨基酸含量,在混合气体CO₂:O₂:N₂的组成分别是60:15:25和40:40:20下储藏期间,苏氨酸、缬氨酸、赖氨酸和精氨酸的含量有明显下降,富含CO₂包装下的样品的这种变化比富含O₂包装的样品更大;鸟氨酸和色氨酸的含量在储藏期间有明显的升高^[2],这可能对其风味和鲜味有影响。

4 展望

MAP技术在欧美国家已经得到了广泛地应用,随着该技术的进一步发展和对其良好的保鲜效果的进一步认识,MAP技术在水产品中的应用将进一步扩大,中国水产品中的应用将有十分广阔的空间。

今后MAP技术将向智能化、安全化和便携化方向发展并主要体现为活性包装和智能包装。活性包装能通过吸收或释放CO₂和O₂等气体控制包装体系的稳定性;智能包装能够通过时间-温度标签(Time-Temperature Indicators, TTIs)、新鲜度指标、CO₂或O₂变化指标等监控食品品质变化。水产品MAP技术的安全化研究还将在水产品中SSOs的鉴定、预测微生物货架期模型的建立、致病菌的研究、多种栅

栏技术的联合作用和分子生物技术的使用等方面不断发展。同时,随着包装技术和包装材料的发展,MAP技术将向有利于生产、储运和消费便利的便携化方向发展。

参考文献:

- [1] Vazhiyil V. Seafood Processing: Adding value through Quick Freezing, Retortable packaging, Cooking-Chilling, and other methods [M]. Florida: CRC Press Taylor & Francis Group, 2006: 167-196.
- [2] Ruiz-Capills C, Moral A. Free amino acids in muscle of Norway lobster (*Nepros nevergicus*) in controlled and modified atmosphere during chilled storage [J]. Food Chemistry, 2004, 86: 85-91.
- [3] Goulas A E, Kontominas M G. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes [J]. Food Chemistry, 2007, 100: 287-296.
- [4] Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs [J]. LWT-Food Science and Technol, 2009, 5: 1-18.
- [5] 徐文达. 食品软包装新技术: 气调包装、活性包装和智能包装 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2009: 1-12.
- [6] Lyhs U, Lahtinen J, Schelvis-Smit R. Microbiological quality of maatjes herring stored in air and under modified atmosphere at 4 and 10 °C [J]. Food Microbiol, 2007, 24: 508-516.
- [7] Fagan J D, Gormley T R, U í Mhuirheartaigh M M. Effect of modified atmosphere packaging with freeze-chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions [J]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2004, 5: 205-214.
- [8] Özogul F, Polat A, Özogul Y. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*) [J]. Food Chem, 2004, 85: 49-57.
- [9] Parry R T. Principles and applications of Modified atmosphere packaging of food [M]. New York: Blackie Academic And Professional, 1993: 1-18.
- [10] Debevere J, Boskou G. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TVN producing microflora of cod fillets [J]. Food Microbiol, 1996, 31: 221-229.
- [11] Farber J M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology: a review [J]. Food Prot, 1991, 54: 58-70.

- [12] Baka L S, Andersena A B, Andersen E M, et al. Effect of modified atmosphere packaging on oxidative changes in frozen stored cold water shrimp (*Pandalus borealis*) [J]. Food Chem, 1999, 64: 169–175.
- [13] 陈慧斌, 王梅英, 陈绍军, 等. 不同气体环境对冻藏牡蛎品质变化的影响 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 263–267.
- [14] Mohan C O, Ravishankar C N, Srinivasa Gopal T K, et al. Biogenic amines formation in seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks packed with O₂ scavenger during chilled storage [J]. Food Res Internat, 2009, 42: 411–416.
- [15] Bøknæs N, Jensen K N, Guldager H S, et al. Thawed Chilled Barents Sea Cod Fillets in Modified Atmosphere Packaging-Application of Multivariate Data Analysis to Select Key Parameters in Good Manufacturing Practice [J]. Lebensm-Wiss U-Technol, 2002, 35: 436–443.
- [16] Guldager H S, Bøknæs N, Østerberg C, et al. Thawed cod fillets spoil less rapidly than unfrozen fillets when stored under modified atmosphere at 2 ° C [J]. Food Prot, 1998, 61: 1129–1136.
- [17] Dalgaard P. Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish [J]. Intern J Food Microbiol, 1995, 26: 319–333.
- [18] Debevere J, Boskou G. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA-producing microflora of cod fillets [J]. Intern J Food Microbiol, 1996, 31: 221–229.
- [19] Sivertsvik M, Rosnes J T, Vorre Aa, et al. Quality of whole gutted salmon in various bulk packages [J]. J Food Qual, 1999, 22: 387–401.
- [20] 李红霞. 鱼糜制品冰温气调保鲜技术研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2003: 42–44.
- [21] Antonios E, Goulas, Michael G. Kontominas. Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes [J]. Eur Food Res Technol, 2007, 224: 545–553.
- [22] 陈椒, 周培根, 吴建中, 等. 不同 CO₂ 气调包装对冷藏青鱼块质量的影响 [J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(4): 331–337.
- [23] Davies A R. Fate of Food-borne Pathogens on Modified-atmosphere Packaged Meat and Fish [J]. Intern Biodeterior Biodegrad, 1995: 407–410.
- [24] Sivertsvik M. The optimized modified atmosphere for packaging of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*) is 63ml/100ml oxygen and 37ml/100ml carbon dioxide [J]. LWT, 2007, 40: 430–438.
- [25] Dalgaard P. Modelling of microbial activity and prediction of shelf life for packed fresh fish [J]. Intern J Food Microbiol, 1995, 26: 305–317.
- [26] Houteghem N V, Devlieghere F, Rajkovic A, et al. Effects of CO₂ on the resuscitation of *Listeria monocytogenes* injured by various bactericidal treatments [J]. Intern J Food Microbiol, 2008, 123: 67–73.
- [27] Torrieri E, Cavella S, Villani F, et al. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. J Food Engin, 2006, 77: 1078–1086.
- [28] 陶宁萍, 欧杰, 徐文达, 等. 带鱼气调包装工艺研究 [J]. 上海水产大学学报, 1997, 6(1): 59–62.
- [29] Hovda M B, Sivertsvik M, Lunestad B T, et al. Characterisation of the dominant bacterial population in modified atmosphere packaged farmed halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) based on 16S rDNA-DGGE [J]. Food Microbiol, 2007, 24: 362–371.
- [30] Emborg J, Laursen B G, Dalgaard P. Significant histamine formation in tuna (*Thunnus albacares*) at 2 ° C -effect of vacuum and modified atmosphere-packaging on psychrotolerant bacteria [J]. Intern J Food Microbiol, 2005, 101: 263–279.
- [31] López-Caballero M E, Sanchez-Fernandez J A, Moral A. Growth and metabolic activity of *Shewanella putrefaciens* maintained under different CO₂ and O₂ concentrations [J]. Intern J Food Microbiol, 2001, 64: 277–287.
- [32] Sivertsvik M, Jeksrud W K, Vågane Å, et al. Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non-respiring foods Part 1: Development and validation of experimental apparatus using a manometric method [J]. J Food Engin, 2004, 61: 449–458.
- [33] 周冬香. 草鱼段气调包装顶隙气体的动态变化及品质研究[D]. 上海水产大学, 2001: 17–19.
- [34] Bugueño G, Escriche I, Martinez-Navarrete N, et al. Influence of storage conditions on some physical and chemical properties of smoked salmon (*Salmo salar*) processed by vacuum impregnation techniques [J]. Food Chem, 2003, 81: 85–90.
- [35] Mejlholm O, Kjeldgaard J, Modberg A, et al. Microbial changes and growth of *Listeria monocytogenes* during chilled storage of brined shrimp (*Pandalus borealis*) [J]. Intern J Food Microbiol, 2008, 124: 250–259.
- [36] Bøknæs N, Østerberg C, Nielsen J, et al. Influence of Freshness and Frozen Storage Temperature on Quality of Thawed Cod Fillets Stored in Modified Atmosphere Packaging [J]. Lebensm-Wiss u-Techno, 2000, 33: 244–248.
- [37] 张敏. 不同阻隔性的包装材料对气调包装鲜肉品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2008, 1: 238–240.
- [38] Goulas A E, Kontominas M G. Combined effect of light salting,

- modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes [J]. *Food Chem*, 2007, 100: 287–296.
- [39] Lu SM. Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf-life of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42: 286–291.
- [40] Debevere J, Devlieghere F, Sprundel P V, et al. Influence of acetate and CO₂ on the TMAO-reduction reaction by *Shewanella baltica* [J]. *Intern J Food Microbiol*, 2001, 68: 115–123.
- [41] Paludan-Müller C, Dalgaard P, Huss H H, et al. Evaluation of the role of *Carnobacterium piscicola* in spoilage of vacuum and modified atmosphere packed cold smoked salmon stored at 5 °C [J]. *Intern J Food Microbiol*, 1998, 39: 155–166.
- [42] Mexis S F, Chouliara E, Kontominas M G. Combined effect of an O₂ absorber and oregano essential oil on shelf-life extension of Greek cod roe paste (*Tarama salad*) stored at 4 °C [J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2009, 10 (4): 572–579.
- [43] Kykkidou S, Giatrakou V, Papavergou A, et al. Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean swordfish fillets during storage at 4 °C [J]. *Food Chem*, 2009, 115: 169–175.
- [44] Gram L, Huss H H. Microbiological spoilage of fish and fish products [J]. *Intern J Food Microbiol*, 1996, 33: 121–137.
- [45] Gram L, Dalgaard P. Fish spoilage bacteria-problems and solutions [J]. *Current Opinion in Biotechnology*, 2002, 13: 262–266.
- [46] Hovda M B, Lunestad B T, Sivertsvik M, et al. Characterisation of the bacterial flora of modified atmosphere packaged farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) by PCR-DGGE of conserved 16S rRNA gene regions [J]. *Intern J Food Microbiol*, 2007, 117: 68–75.
- [47] Dalgaard P. Modelling of microbial activity and prediction of shelf life for packed fresh fish [J]. *Intern J Food Microbiol*, 1995, 26: 305–317.
- [48] Sivertsvik M, Willy K, Jeksrud J, et al. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety [J]. *Intern J Food Sci Technol*, 2002, 37: 107–127.
- [49] Dalgaard P, Mejlholm O, Huss H H. Application of an iterative approach for development of a microbial model predicting the shelf-life of packed fish [J]. *Intern J Food Microbiol*, 1997, 38: 169–179.
- [50] Stamatis N, Arkoudelos J. Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging [J]. *Food Control*, 2007, 18: 292–300.
- [51] Arkoudelos J, Stamatis N, Samaras F. Quality attributes of farmed eel (*Anguilla anguilla*) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0 °C [J]. *Food Microbiology*, 2007, 24: 728–735.
- [52] Ross Tom, Dalgaard P, Tienungoon S. Predictive modelling of the growth and survival of *Listeria* in fishery products [J]. *Intern J Food Microbiol*, 2000, 62: 231–245.
- [53] Masniyom P, Benjakul S, Visessanguan W. Synergistic antimicrobial effect of pyrophosphate on *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157 in modified atmosphere packaged and refrigerated seabass slices [J]. *LWT*, 2006, 39: 302–307.
- [54] Torrieri E, Cavella S, Villani F, et al. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. *J Food Engin*, 2006, 77: 1078–1086.
- [55] Jørgensen L V, Huss H H, Dalgaard P. The effect of biogenic amine production by single bacterial cultures and metabiosis on cold-smoked salmon [J]. *J Appl Microbiol*, 2000, 89: 920–934.
- [56] Kanki M, Yoda T, Ishibashi M, et al. *Photobacterium phosphoreum* caused a histamine fish poisoning incident [J]. *Intern J Food Microbiol*, 2004, 92: 79–87.

Research advance in modified atmosphere packaging of aquatic products

LI Jianrong, LIU Yongji, LI Xuepeng, ZHU Junli, FU Linglin, LI Tingting

(College of Food Science and Biotechnology, Zhejiang Gongshang University, Food Safety Key Laboratory of Zhejiang Province, Hangzhou 310035, China)

Abstract: Modified atmosphere packaging (MAP) can extend shelf-lives of most fishery products by inhibiting spoilage bacterial growth. In MAP gas system, CO₂ plays more important role than O₂ or other gas. The qualities and shelf-lives of MAP products are influenced by many factors, such as gas mixture, storage temperature, species, original qualities, packaging materials, and the ratio of gas volume to material weight, among which storage temperature is the most important factor. Many studies found the spoilage of MAP fishery products was induced by Specific spoilage organisms (SSOs). CO₂-resistant *Photobacterium phosphoreum* was found in MAP cod at 0 °C, whereas, Psychrophilic *Lactic acid bacteria* was considered as SSOs of different MAP fishes. Moreover, aquatic products treated with MAP could get a longer shelf-life and more safe quality than those treated with air or vacuum package under the same processing conditions. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(4): 869-877]

Key words: modified atmosphere; fishery products; carbon dioxide; specific spoilage; shelf-life

2010年《中国水产科学》征订启示

《中国水产科学》为中国水产科学研究院主办的学术性期刊,目前已成为中国水产界的重要学术期刊。本刊在促进中国的水产科学研究、加强国际间学术交流、展示中国水产界优势学科最新科研成果与研究进展等方面发挥了重要作用。刊物影响因子逐年递增,2008年中国科技期刊引证报告统计的影响因子值为0.990,并再次获得“中国百种杰出学术期刊”奖。

本刊主要报道水产生物学基础研究、水生生物病害及其防治、水产生物营养及饲料、渔业生态保护及渔业水域环境保护、水产品保鲜与加工综合利用、水产资源、海淡水捕捞、水产养殖与增殖以及渔船等方面的最新进展、最新成果、最新技术和方法。

本刊为双月刊, A4开本, 每期160页, 单月出版, 国内外公开发行。

国内定价30元/期, 全年180元(含邮费)。邮发代号: 18-250。

国内统一刊号: CN11-3446/S, 国际标准刊号: ISSN 1005-8737, 国外代号4639Q。

直接向编辑部订阅可享受8折优惠, 也可在当地邮电局(所)办理订阅手续(可破季订阅)。漏订或补订当年和过期期刊, 请直接向编辑部订阅。

编辑部地址: 北京市丰台区青塔村150号(中国水产科学研究院内)

邮政编码: 100141

联系电话: 010-68673921

传 真: 010-68673931

网 址: www.FishSciChina.com

E-mail: zgskcx@cafs.ac.cn; jfishok@publica.bj.cninfo.net

过刊全文免费阅读网址: www.FishSciChina.com

全文阅读网址: www.FishSciChina.com; www.cnki.net