

即食海蜇皮气调包装技术和设备

徐文达 李雅飞 欧杰 童瑞璜 魏敏 周颖越

(上海水产大学食品科学技术系, 200090)

摘要 本文为研究气调包装食品研制气体混合装置和塑料薄膜透气性测定仪。气体混合装置通过控制气体组分的分压使2或3种气体以一定的体积比例混合,并与普通真空包装机组成气调包装设备。透气性测定仪可测试塑料包装材料对各种气体的透气性,为气调包装合理选择包装材料。在即食海蜇皮气调包装试验中,将海蜇皮装入3种塑料薄膜制的包装袋并充入不同配气比例的 CO_2 与 N_2 组成混合气体,包装袋封口后贮藏于不同温度,得出影响保质期的因素。实验结果表明,在原料的原始菌数较低, CO_2 与 N_2 的配气比例合理和包装材料透气性较低的情况下,即食海蜇皮气调包装可在常温贮藏下获得较长的保质期。

关键词 气调包装,透气性,塑料薄膜袋,海蜇皮

真空包装是避免食品与空气中氧接触而得以延长保质期,但包装袋内含氧量低于1%时才能有效抑制细菌生长。目前的真空包装机产品都不能使包装袋达到这样高的真空度,而且包装材料的透气性使包装袋内含氧量增加,从而使真空包装食品的保质期受到限制。气调包装是在真空包装基础上发展的食品包装新技术。据国外报导食品气调包装的保质期比真空包装高3~5倍。气调包装国外称MAP或CAP(modified/controlled atmosphere packaging),国内有称气体置换或换气包装。气调包装含义是根据食品的性质用适合食品保藏的气体置换包装袋内空气,然后密封贮藏。食品在这种气体环境中,达到抑制细菌生长、延缓新鲜果蔬成熟期和保持新鲜肉类色泽以及鲜度目的。80年代以来,欧洲各国广泛应用气调包装技术包装新鲜的鱼类、肉类、果蔬和糕点、汉堡饼等方便食品,代替传统的速冻包装和真空包装,提供市场优质包装食品。气调包装的气体由2或3种气体以一定比例混合,常用气体有 CO_2 、 O_2 和 N_2 。 CO_2 的作用是抑制细菌或霉菌的生长。 O_2 的作用是维持新鲜果蔬的新陈代谢作用和保持鲜肉色泽以及抑制厌氧菌生长。 N_2 是作为混合气体中的充填气体。各种食品的气调包装是将 CO_2/N_2 或 $\text{CO}_2/\text{N}_2/\text{O}_2$ 以不同的配气比例充入包装袋内并密封,在贮存期内尽可能保持气体组分浓度。研究气调包装食品首先要解决气体混合装置并为之配套的包装机械,此外要选用高阻气性包装材料。本课题研制的气体混合装置和塑料薄膜透气性测定仪为研究气调包装食品建立必要的仪器设备条件。气体混合装置可与普通真空包装机连接进行气调包装操作,而通过塑料薄膜透气性测定仪测试塑料包装材料的透气性为选择包装材料提供依据。在即食海蜇皮气调包装中,通过充入 CO_2 与 N_2 的不同配气比例、选用不同包装材料和不同的贮藏温度的试验,得出影响海蜇皮保质期的因素。

1 材料与方方法

1.1 包装材料

包装材料为市购聚酯/铝箔/聚丙烯(下文简称代号 PET/Al/PP) 铝塑复合包装袋和尼龙/聚丙烯(下文简称代号 NY/PP)、聚酯/聚丙烯(下文简称代号 PET/PP) 透明塑料复合包装袋。铝塑复合包装袋对气体的渗透完全阻隔但不透明, 塑料复合包装袋对各种气体有不同程度的透气率。因此, 采用透明塑料包装袋需用塑料薄膜透气性测定仪检测透气性, 以选择合适包装材料保持气体组分的浓度。一般塑料薄膜的透气性, N_2 最低, O_2 是 N_2 的 4 倍, 而 CO_2 是 O_2 的 4 倍。气调包装的混合气体中, CO_2 是防止食品腐败变质的主要组分, 保持 CO_2 组分的浓度对食品保质期有重要影响。本实验通过检测包装材料对 CO_2 的透气量和透气常数作为气调包装选择包装材料依据。

1.1.1 塑料薄膜透气性测定仪

塑料薄膜透气性测定仪是根据美国 Custon Scientific CS—135 型塑料薄膜透气性测定仪研制^[2]。PET/PP 塑料复合薄膜样品厚度 0.0777mm, NY/PP 塑料复合薄膜样品厚度 0.09882mm, 样品面积均为 50.39cm²。薄膜、密封垫圈和滤纸用螺栓夹紧在两块不锈钢法兰间, 薄膜下面与下部法兰空间构成进气端的高压气腔, 薄膜上面放密封垫圈和滤纸并与上法兰平面贴平。透气仪上装置 U 形玻璃管、进气阀与排气阀。U 形玻璃管的内径 0.27mm, 截面积 0.05726mm², 每格刻度为 3.42mm, 管内注入带色的酒精液柱。整个仪器浸入恒温水池内, 保持 25℃ 水温(图 1)。

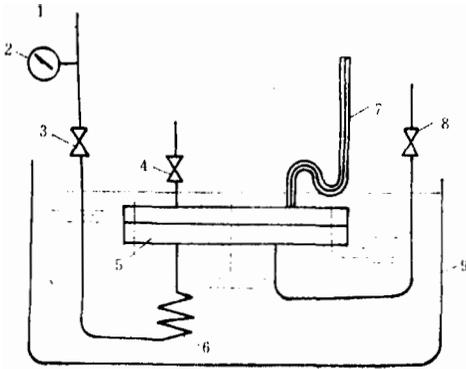


图 1 塑料薄膜透气性测定仪

Fig. 1 Schematic diagram for gas permeability measuring instrument

1. 进气管; 2. 压力表; 3. 进气阀; 4, 8 排气阀;
5. 塑料薄膜透气性测定仪; 6. 加热盘管; 7. U 形玻璃管; 9. 恒温水池。

1.1.2 塑料薄膜透气常数测试

首先打开通气阀和上法兰的排气阀, 进入测试气体驱除内部空气, 充份净化仪器。调节测试气体压力为 0.1MPa, 经过一段时间后, 气体对薄膜的透气达到稳定状态, 关闭排气阀进行测试。用秒表每隔 5min 测定 1 次 U 形管内酒精液柱下由渗出气体构成气柱上升的高度值, 测试 10~20 个数据。每个样品作同样的平行试验 3 次。将气柱上升高度对时间作图, 并据此计算塑料薄膜透气量和透气常数。

1.1.3 计算公式

根据 Fick 扩散定律, 气体在恒定状态下的透气常数 P (cm²/s·atm) 按下式计算

$$P = \frac{\Delta Q / \Delta t \times l}{A \times \Delta P} \quad (1)$$

式中, $\Delta Q / \Delta t$ ——透气量, 单位时间透过塑料薄膜面积 A 的气体体积 (ml/s);

l ——塑料薄膜的厚度 (cm);

A ——塑料薄膜面积 (cm²);

ΔP ——塑料薄膜两侧气体恒定压力差, 设 $\Delta P=0.1\text{MPa}$ 。

1.2 气体定比例混合⁽¹⁾

1.2.1 原理及实验装置

根据道尔顿气体分压定律和阿米格分体积定律, 混合气体的总压力 P 和总体积 V 为

$$P = P_a + P_b + P_c + \dots + P_N \quad (2)$$

$$V = V_a + V_b + V_c + \dots + V_N \quad (3)$$

气体组分的分子分数 N_N 为

$$N_N = \frac{P_N}{P} = \frac{V_N}{V} \quad (4)$$

因此, 在一定压力和体积的混合气体中, 各气体组分体积与总体积的比例和各气体组分压力与总压的比例相等, 通过控制各气体组分的分压力可得到各气体分体积的比例。图 2 是据此原理研制的气体混合实验装置, 由气体混合桶、气体钢瓶, ZX2—1 型旋片式真空泵、U 形压差计和手控阀组成。

1.2.2 混合气体配气法

混合气体采用叠加配气法。第 1 次配气, 混合桶先抽真空至 -0.1MPa , 再通过各气体充气阀将各气体组分按分压值分别充入桶内, 直至达到预定的总压值。各气体组分的分压值通过观测 U 形压差计的水银液柱面用手控的充气阀控制。此后, 当气调包装充气使混合桶内压力降至某一定值后, 根据桶内剩余气体压力与预定总压力的差值, 重新按各气体组分比例分配气体分压值, 再按上述操作配气直至桶内气体达到预定总压值。

1.2.3 配气精度检测

混合气体各气体组分的体积比例用 QF 190 型气体分析仪检测配气精度, CO_2 用 KOH 饱和溶液检测, O_2 用焦性没食子酸饱和溶液检测。混合气桶与气体分析仪用软管连接, 将混合气体送入仪器, 分别检测 CO_2 和 O_2 的体积比例。将各气体组分体积比例的测试值对分压值作图并与理论值比较, 经过误差分析得出配气精度。

1.3 气调包装设备与操作

气调包装设备由真空包装机和气体混合实验装置组成。真空包装机分别用 DZQ280 型插管式真空充气包装机和 TUGPM 型台式真空包装机试验。气体混合实验装置与真空包装间用软管连接。操作前, 先将混合桶配气并将包装袋口套入真空包装机内的充气管, 机器的程序控制功能即自动对包装袋进行抽气、充气和热封封口操作。

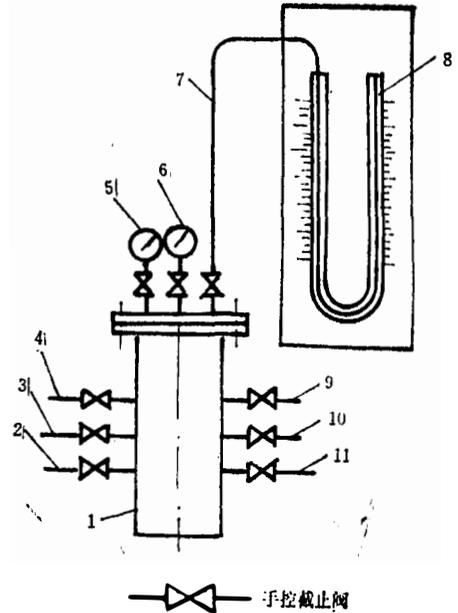


图 2 气体混合实验装置

Fig. 2 Gas mixing laboratory device
1. 气体混合桶; 2. CO_2 充气管; 3. N_2 充气管;
4. O_2 充气管; 5. 真空表; 6. 压力表; 7. 连接
软管; 8. U 形压差计; 9. 气体分析仪接管;
10. 真空包装机接管; 11. 真空泵接管。

(1) 李玲玲等, 1992. 真空包装机设计与研究. 湖北省机电设计院。

1.4 即食海蜇皮气调包装工艺、配气比例和保藏试验

1.4.1 气调包装工艺

市售三矾海蜇皮原料——清洗——切丝——浸泡——沥干——称量(每袋100g)——装袋——抽气——充气——热封——封口检查。

1.4.2 配气比例

分别作以下4种配气比例试验:

50% CO₂/50% N₂, 60% CO₂/40% N₂, 70% CO₂/30% N₂, 80% CO₂/20% N₂。

1.4.3 保藏试验

气调包装样品分别贮于20~25°C常温和0~5°C低温,定期取样作大肠杆菌群和细菌总数检测。包装前,先取样检测大肠杆菌群和原始菌数。细菌检测按国家标准食品卫生检验方法GB 4789.2(3)—84操作。样品细菌总数合格标准 $\leq 1 \times 10^4 \sim 10^5$ 个/g,大肠杆菌群 ≤ 40 个/100g,致病菌不得检出。将样品检测细菌总数对贮藏天数制作图表。

2 结果与讨论

2.1 塑料薄膜透气量和透气常数

图3是PET/PP复合塑料薄膜的CO₂透气性对时间关系,直线斜率为0.84格/min,CO₂的透气量($\Delta Q/\Delta t$)为 2.74×10^{-6} ml/s。将 $\Delta Q/\Delta t$ 值代入(1)式计算,可得到透气常数 $P=4.22 \times 10^{-10}$ cm²/s·atm。表1是按上述方法计算的PET/PP和NY/PP塑料薄膜CO₂透气量、透气常数的平行试验值和平均值。将表1的平均值比较,PET/PP塑料复合薄膜与NY/PP塑料复合薄膜相比,透气量大1.35倍、透气常数大1.72倍。为了尽可能保持气调包装后CO₂气体组分的浓度,应选择NY/PP塑料复合薄膜作为即食海蜇皮气调包装的包装材料。

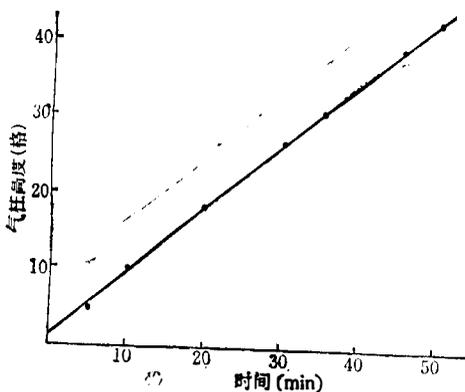


图3 PET/PP复合塑料薄膜CO₂透气性

Fig. 3 Permeability of CO₂ in PET/PP plastic film

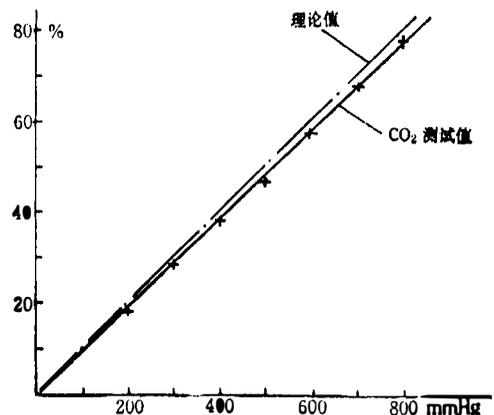


图4 CO₂/N₂定比例混合CO₂体积比例的测试值和理论值

Fig. 4 Experimental and theoretical values of CO₂/N₂ mixture at a given ratio

2.2 气体定比例混合的配气精度

图4是CO₂/N₂2种气体定比例混合时CO₂体积比例的测试值与理论值比较。混合气体

表 1 PET/PP 和 NY/PP 塑料复合薄膜 CO₂ 透气量(ml/s)和透气常数(cm²/s·atm)
Table 1 Permeability and permeable constant of CO₂ in PET/PP and NY/PP plastic film

包装材料	平行试验一		平行试验二		平行试验三		平均值	
	$4Q/\Delta t \times 10^{-6}$ (ml/s)	$P \times 10^{-10}$ (cm ² /s·atm)	$4Q/\Delta t \times 10^{-6}$ (ml/s)	$P \times 10^{-10}$ (cm ² /s·atm)	$4Q/\Delta t \times 10^{-6}$ (ml/s)	$P \times 10^{-10}$ (cm ² /s·atm)	$4Q/\Delta t \times 10^{-6}$ (ml/s)	$P \times 10^{-10}$ (cm ² /s·atm)
PET/PP	2.74	4.22	2.77	4.28	2.76	4.26	2.75	4.25
NY/PP	1.61	3.17	1.49	2.94	1.68	3.29	1.59	3.30

总压为 1000mmHg 柱, CO₂ 体积比例每次测试按 10% 递增至 80%, N₂ 体积比例每次测试按 10% 递减。CO₂/N₂ 混合气体中 CO₂ 的绝对误差为 2~5%, 标准偏差为 5.22±1.82。图 5 是 CO₂/N₂/O₂ 3 种气体定比例混合时, 分别对 CO₂ 和 O₂ 体积比例的测试值与理论值比较。混合气体总压为 1000 mmHg 柱, N₂ 保持 20% 体积比例, O₂ 每次测试按 10% 递增至 70%, CO₂ 每次测试按 10% 递减。CO₂/N₂/O₂ 混合气体中, CO₂ 绝对误差为 1~3.5%, 标准偏差为 3.98±2.71, O₂ 的绝对误差 1~2%。

配气精度误差主要因素有 U 形压差计读数误差, 手控充气阀操作误差和气体分析仪精度误差。气调包装的配气比例通常按 5% 或 10% 比例增减, 气体混合实验装置的误差范围对实用影响不大。为了提高配气精度和自动化配气, 已在此基础上初步研制成微机控制的自动气体混合装置, 可与普通真空包装机连接, 实现气调包装的配气、抽气、充气和热封自动操作。

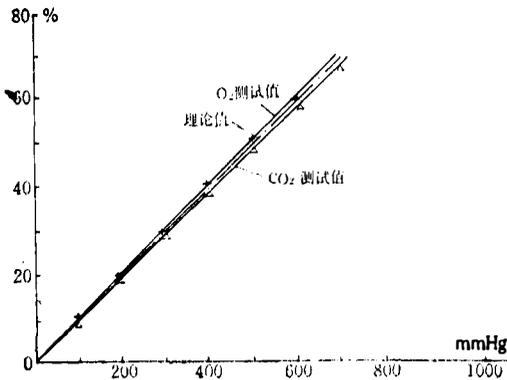


图 5 CO₂/N₂/O₂ 定比例混合 CO₂ 与 O₂ 体积比例的测试值和理论值

Fig. 5 Experimental and theoretical values of CO₂/N₂/O₂ mixture at a given ratio

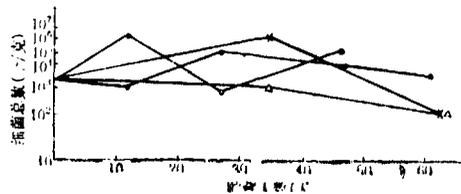


图 6 CO₂ 体积比例 50%, 60% 的抑菌效果, 包装材料 PET/Al/PP

Fig. 6 Inhibition effect of bacterial growth of 50% and 60% (in volume) in PET/Al/PP packaging material

- 50% CO₂, 贮于 20~25°C 常温;
- △—50% CO₂, 贮于 0~5°C 低温;
- 60% CO₂, 贮于 20~25°C 常温;
- ×—60% CO₂, 贮于 0~5°C 低温。

2.3 即食海蜇皮气调包装的抑菌效果

图 6 为 CO₂ 体积比例分别为 50% 和 60% 的抑菌效果。样品用 PET/Al/PP 袋包装, 分别贮于 20~25°C 常温和 0~5°C 低温作保藏试验, 定期检测细菌总数。CO₂ 体积比例为 50% 时, 贮于低温样品 60d 左右均未超过细菌总数合格标准, 而贮于常温的样品 12d 后开始超过细菌总数合格标准。CO₂ 体积比例为 60% 时, 贮于低温和常温样品, 20d 后细菌总数有上升趋势, 随后下降到细菌总数合格标准以下。这种情况可能是因为部分原料含菌偏高, 随着 CO₂ 的抑菌作用终使细菌总数下降。

图7是与图6相同的CO₂体积比例的抑菌效果,但包装袋为PET/PP。由于PET/PP塑料复合薄膜的透气性较大,贮藏期间不能保持CO₂足够的抑制浓度,贮于常温样品12d后均超过细菌总数合格标准。

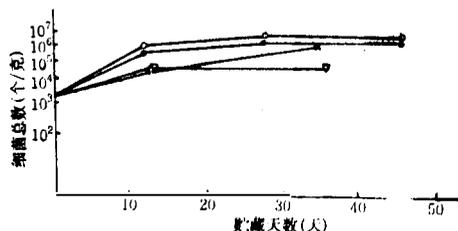


图7 CO₂体积比例50%、60%抑菌效果,包装材料PET/PP

Fig. 7 Inhibition effect of bacterial growth of 50% and 60% (in volume) CO₂ in PET/PP packaging material

- 50% CO₂, 贮于20~25°C 常温;
- ×—50% CO₂, 贮于0~5°C 低温;
- 60% CO₂, 贮于20~25°C 常温;
- ▽—60% CO₂, 贮于0~5°C 低温。

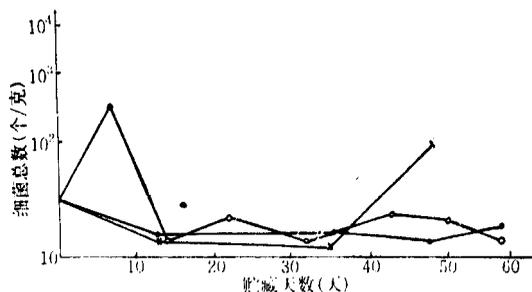


图8 CO₂体积比例70%、80%的抑菌效果,包装材料PET/Al/PP

Fig. 8 Inhibition effect of bacterial growth of 70% and 80% (in volume) CO₂ in PET/Al/PP packaging material

- ×—70% CO₂, 贮于0~5°C 低温;
- 80% CO₂, 贮于20~25°C 常温;
- 80% CO₂, 贮于0~5°C 低温。

图8和图9是CO₂体积比例为70%、80%的抑菌效果,包装袋分别为PET/Al/PP和NY/PP。从图可见,由于样品的原始菌数较低,开始时即使细菌总数有上升趋势,但都未超过标准,样品无论贮于常温或低温,贮存60d左右,细菌总数均未超过合格标准,可得到满意的抑菌效果。

以上样品细菌检测时均未检出大肠杆菌群。

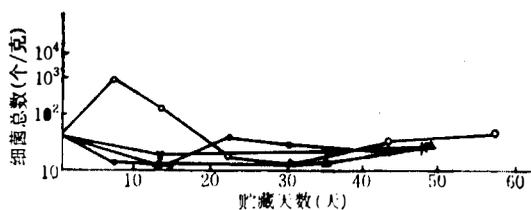


图9 CO₂体积比例70%、80%抑菌效果,包装材料NY/PP

Fig. 9 Inhibition effect of bacterial growth of 70% and 80% (in volume) in NY/PP packaging material

- 70% CO₂, 贮于20~25°C 常温;
- ▲—70% CO₂, 贮于0~5°C 低温;
- 80% CO₂, 贮于20~25°C 常温;
- ×—80% CO₂, 贮于0~5°C 低温。

实验证明,影响即食海蜇皮气调包装贮藏期的因素有以下几方面:

(1) 原料原始菌数 即食海蜇皮气调包装是生食食品,细菌总数应尽可能低,保证食品卫生。包装前原料充分处理降低原始菌数,不仅避免贮藏期间细菌数上升而且在较低的CO₂体积比例亦可达到抑菌效果。

(2) 包装材料透气性 用透气性较高的PET/PP塑料袋包装,由于贮藏期间CO₂气的逸出不能保持足够的CO₂抑菌浓度,不能得到较长的贮藏期。当用透气性较低的NY/PP塑料

袋包装,适当提高 CO_2 体积比例,即使逸出部分 CO_2 ,仍能获得较长贮藏期。因此,即食海蜇皮气调包装选用透明塑料袋包装时应尽可能选用透气性低的塑料复合包装材料。

(3) CO_2 体积比例 CO_2 体积比例愈高,抑菌效果愈好。海蜇皮含水量高达 68%, CO_2 浓度高,海蜇皮吸收 CO_2 增加,海蜇皮收缩渗出较多水分而影响质量。因此,即食海蜇皮气调包装 CO_2 的体积比例不能过高。新鲜水产品气调包装都有相同情况,根据国外新鲜鱼气调包装⁽²⁾和国内海水鱼气调保鲜研究⁽³⁾, CO_2 体积比例过高不仅渗出水分而且使鱼肉失去原有风味。

(4) 贮藏温度 在相同 CO_2 体积比例下,即食海蜇皮的低温贮藏期比常温贮藏期长,贮藏温度低抑菌效果好。国外大多数食品气调包装,严格要求产品贮藏期间保持 $0\sim 5^\circ\text{C}$ 低温,保证食品卫生。即食海蜇皮气调包装虽然可在常温贮藏,但 CO_2 体积比例要高些。

通过试验,我们在原料处理、配气比例等方面作了相应改进,即食海蜇皮气调包装在常温下的保质期达 6 个月,海蜇皮的脆性、色泽无变化并保持原有风味。

3 结 语

综观上述的研究和试验,开展食品气调包装研究工作,我们认为:(1)普通真空包装机只须配置气体自动混合的气体混合装置就可解决气调包装设备;(2)通过控制气体组分的分压使 2 或 3 种气体定比例混合装置是可行的。控制气体压力比控制气体流量方便且灵敏度高,便于气体混合自动化;(3)目前市场购买塑料复合包装袋一般不提供透气性数据,为了选择合适包装材料,透气性试验是必要的;(4)根据国外食品气调包装和我们的试验,影响贮藏期的因素主要是:包装材料、配气比例和贮藏温度。在开发各类食品气调包装时,应根据食品性质、储藏要求作相应试验研究,确保气调包装食品安全食用。

参 考 文 献

- [1] 刘信芳,马家骥,1992.换气包装机的设计与使用. *食品与机械*, (6):21—26.
- [2] 柯林斯, E. A. (王盈康译), 1985. 聚合物科学实验, 318—537. 科学出版社(京).
- [3] Sparakowski, W., 1993. Longer shelf life and freshness without artificial preservatives. *International Food Marketing and Technology*, (7):44—48.
- [4] Zagory, D. and A. A. Kader, 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology*, 42(9):70—77.

(2) Regenstein, J. M., 1986. Issues in modified atmosphere packaging of fish. Proceedings of the 2nd International Conference and Exhibition on CAP (U. S. A.).

(3) 上海水产大学气调保鲜组, 1985, 海水鱼气调保鲜工艺及设备的研究,

TECHNIQUE AND DEVICE FOR MODIFIED ATMOSPHERIC PACKAGING OF JELLY FISH

Xu Wen-da, Li Ya-fei, Ou Jie, Tong Rui-huang,

Wei Min and Zhou Ying-yue

(*Department of Food Science and Technology, SFU, 200090*)

ABSTRACT In this paper a gas mixing device and an instrument for measuring the permeability of gases in plastic film for modified atmospheric packaging foods were engineered. The component gases were charged into the mixing device at a given ratio by controlling the partial pressures of two or three component gases. The device was incorporated with a conventional vacuum packaging machine used for the modified atmospheric packaging. The gas permeability instrument was used to measure the permeability of individual gas in plastic film so as to properly select packaging material to be used.

In this experiment jelly fish was packaged in three different kinds of plastic film pouches into which various proportions of CO_2/N_2 gas mixture were admitted. Then the pouches were sealed and stored under different temperatures in order to attain the optimum factors influencing the keeping quality of the item. The results show that a longer shelf life of jelly fish packages in plastic film pouch of low permeability and in the modified atmosphere even stored at ordinary temperature was obtained in case the initial bacteria counts in the raw material was low and the proportion of CO_2/N_2 gas mixture was properly selected.

KEYWORDS modified atmospheric packaging (MAP), gas permeability, plastic-film pouch, jelly fish