

文章编号: 1673 1689(2010)02-0183-06

鱿鱼干贮藏期间品质变化规律

任爱清, 张 慇*

(食品科学与技术国家重点实验室 江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 研究了不同包装材料对鱿鱼干品质的影响, 得出铝箔真空包装可以较好地保持鱿鱼干的品质; 将鱿鱼干在其玻璃化转变温度下贮藏, 证明玻璃化转变温度下可以较好地保持鱿鱼干的品质; 研究了不同温度下贮藏过程中鱿鱼干酸价、过氧化值和细菌总数随存放时间的变化规律及其动力学特性, 建立了酸价、过氧化值和细菌总数与贮藏温度和贮藏时间的动力学模型, 以预测和控制鱿鱼干在贮藏过程中的品质和货架期。酸价、过氧化值和细菌总数对一级动力学模型具有较高的拟合精度。

关键词: 水分活度; 玻璃化转变温度; 动力学模型; 货架期

中图分类号: TS 254.4

文献标识码: A

Study on Quality Change of Dried Squids during Storage

REN Aiqing, ZHANG Min*

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

Abstract: In this manuscript, the effect of storage conditions, including storage materials, temperature, etc on the dried squids quality were carefully investigated through single factor experiment. Based on this result, a kinetic model which describe the effect of storage time and temperature on the acid value, peroxide value and total bacterial count was established. It was found that this model could fine predict the changes of the dried squids quality during storage.

Key words: water activity, glass transition temperature, kinetics model, shelf life

枪乌贼(squids, 俗称“鱿鱼”)主要分布于热带和温带浅海, 约有 50 种。鱿鱼肉质细嫩, 干制品称“鱿鱼干”, 肉质特佳, 在国内外海味市场负有盛名。2004 年全球捕捞量已达 400 万 t, 我国的捕捞量约 70 万 t, 占世界鱿鱼捕捞量的 17%。主要渔场在中国福建南部、台湾、广东和广西近海, 以及菲律宾、越南和泰国近海^[1]。鱿鱼中含有丰富的钙、磷、铁元素, 对人骨骼发育和造血十分有益, 可预防贫血。

鱿鱼富含蛋白质、人体所需的氨基酸和牛磺酸, 可抑制血中的胆固醇含量, 预防成人病, 缓解疲劳, 恢复视力, 改善肝脏功能。其含的多肽和硒等微量元素有抗病毒、抗射线作用。

中医认为, 鱿鱼有滋阴养胃、补虚润肤的功能。新鲜鱿鱼水分质量分数高达 80%, 蛋白质质量分数 15%, 脂肪质量分数 0.8%, 灰分质量分数 1.7%, 并富含钙、铁、碘等微量元素, 维生素 A、维

收稿日期: 2008-12-31

基金项目: 国家 863 计划项目(2006AA09Z430; 2007AA100406-01)。

* 通信作者: 张慇(1962-)男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士生导师。主要从事农产品贮藏与加工研究。

Email: min@jiangnan.edu.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

生素D等。鲑鱼的经济价值较高,其可食部分在50%~60%,并且肌肉纤维较短,肌球蛋白和肌浆蛋白质联系疏松,肉质细嫩、易消化,消化率高达85%~98%,加上肉中富含游离的氨基酸,使鲑鱼美味可口。因此,鲑鱼倍受沿海城市和内地人们的青睐^[2-5]。干燥技术是最古老的食物保存方法之一^[6],新鲜鲑鱼不易保藏,一般90%左右都制成鲑鱼干和鲑鱼丝等脱水制品。

鲑鱼干脂肪含量很高,质量分数约为5%,所以很容易氧化。同时,由于其含水率较高,一般在10%~20%(国标SCT 3208-2001“鲑鱼干”中规定小于20%),其水分活度一般在0.7左右,微生物也有增加的危险^[7-8]。食品聚合物理理论认为,在玻璃化转变温度下贮藏食品,可以有效延长其保质期^[9]。水的增塑作用明显影响物料体系玻璃化转变温度^[10],如果干制品一味地降低含水率,可能会导致其品质劣变。例如动物干制品含水率过低,造成脂质活性基团暴露,其脂肪氧化便会加快。但是,在玻璃化转变温度以下贮藏就可以延长鲑鱼干的保质期。作者试将鲑鱼干的玻璃化转变温度和水分活度相结合,找到鲑鱼干的最佳贮藏温度和水分活度。但是鲑鱼干在其玻璃态转变温度下贮藏货架期相当长,因此有必要建立一些模型对其货架期进行预测。

食品品质改变一般指生产过程中化学的、物理的和微生物的变化,这些变化可用一些数学模型进行模拟预测。利用一级反应动力学模型预测食品中的化学变化的研究已有很多报道。在食品贮藏加工过程中,国内应用食品动力学特性对鱼肉的保鲜,以及鱼丸、莲藕等品质变化做过一些研究,对于干制品品质变化的动力学特性的研究则较少^[11-14]。在食品加工和保存过程中,大多数与食品质量有关的品质变化都遵循零级或一级模式,其中一级反应动力学模型有广泛的应用。一级反应动力学模型的形式如下:

$$y = \exp(a + kt) \quad (1)$$

式中: y 为 t 时刻的参数值; a 、 k 均为方程系数。

国外也有许多关于一级动力学模型与食品品质关系的报道,Chalida Niamnuy等人研究了利用一级反应动力学模型预测小虾干中的虾青素的变化,发现拟合效果很好^[15];Xin Jiayu等利用一级反应动力学模型模拟红花油的氧化,精确度在0.98以上^[16]。微生物的研究一直是科学家们关注的问题,早在1949年Monod就利用一级动力学方程来预测冷藏牛肉的微生物生长情况^[17],后来一级动力

学模型便广泛应用于食品微生物预测领域^[18-19]。

作者利用一级动力学模型来预测鲑鱼干在玻璃化转变温度下贮藏过程中的脂肪氧化和微生物变化规律,从而测定玻璃化转变温度贮藏鲑鱼干的货架期。

1 材料与方法

1.1 试材与仪器

舟山冰冻鲑鱼,购于无锡食品商城,初始含水率 X_w 约为 $(84.57 \pm 0.28)\%$ 。

DSC-差示扫描量热仪,美国Perkin Elmer公司制;FA1104型上皿电子天平,上海精密科学仪器有限公司制;SPX型智能生化培养箱,南京实验仪器厂制;冰箱,海尔公司制;热泵干燥箱(非标),上海桑菱环境能源研究所提供。

1.2 实验方法

1.2.1 鲑鱼热泵干燥 将冰鲜鲑鱼在自来水中解冻后,顺腹腔中心线剖开,使两边肉片对称,剖口应离鱼尾1cm左右,摘去墨囊,切勿弄破,以免墨汁流出影响外观。剖割头部时,应向左右两眼边各斜一刀,割破眼球,让眼液流出,以利干燥。摆开腹腔两边肉片,摘除内脏,但不要抓掉海漂峭(俗称软骨)和咀。然后冲洗干净,去除污物和粘液,置于清洁容器内沥干表面水分,进行干燥,干燥温度为60℃,风速为1.0m/s,空气介质的相对湿度为30%^[20-21]。取各个时间段的不同含水率的鲑鱼躯体部分测定含水率,做成不同含水率的样品。

1.2.2 试验设计 鲑鱼干燥到所需含水率,冷却后包装(每份装100g左右)。贮藏到设定环境中,定期对鲑鱼干的酸价、过氧化值和细菌总数进行检测。每次检测随机抽样3份,取平均值。

1.2.3 储藏条件的选择

取含水率为18.17%的鲑鱼干,分别利用透明真空包装袋、铝箔包装,无色和棕色玻璃瓶用橡胶塞密封包装,在2℃储藏,4个月后测定其水分含量、酸价、过氧化值和细菌总数的变化,确定最佳的包装材料。

取含水率18.17%的鲑鱼干,测定玻璃化转变温度为8℃,真空铝箔包装后,分别在2、8、20、30℃储藏4个月后,测定其水分含量、酸价、过氧化值和细菌总数的变化,确定在玻璃化转变温度以下是否真的能有效控制鲑鱼干储藏期间的各种劣变。

取不同含水率的鲑鱼干,用铝箔袋真空包装,在其玻璃化转变温度下储藏(为了避免温度波动的影响,在低于玻璃化转变温度3℃以下储藏)。储

藏期间每隔一个月测定其水分含量、酸价、过氧化值和细菌总数的变化, 利用一级反应动力学模型模拟预测, 确定最佳的储藏条件。

1.3 试验指标的测定

1.3.1 玻璃化转变温度测定 以空的小铝盒作为参比, 先将铝盒的温度以 20 ℃/min 的速率冷却到 - 20 ℃, 然后以 5 ℃/min 的扫描速率将样品从 - 20 ℃加热到 60 ℃, 取样量为 10~ 15 mg。

1.3.2 含水率测定 105 ℃烘干恒重法(GB/T 5009) 。

1.3.3 酸价、过氧化值测定 根据动物干制水产品指标 GB10144—2005、食用植物油卫生标准 GB/T 5009. 37—2003。

1.3.4 细菌总数测定 菌落总数的测定遵照 GB/T 4789. 02—2003。

1.4 统计分析

根据实验数据, 利用 CurveExpert 1. 3 分析系统对上述不同数学模型进行研究, 并用如下的定量指标来评价数学模型的计算值与实际测定值的拟合程度。

1.4.1 决定系数

$$R^2= 1- Re\ sidual\ SS/Corrected\ SS\quad (2)$$

1.4.2 模型的标准误差

$$S= (\frac{\sum (Y-y)^2}{n-p})^{1/2}\quad (3)$$

式中, Y 是数据的测定值, y 是预测值, n 为数据的数目, p 是参数个数。

2 结果与分析

2.1 包装材料对鱿鱼干品质的影响

含水率为 18. 17% 的鱿鱼干, 利用不同的包装, 在 2 ℃储藏, 4 个月后测定其水分含量、酸价、过氧化值和细菌总数的变化。从表 1 可以看出: 包装材料对样品的水分、酸价、过氧化值和细菌总数影响显著; 铝箔、玻璃瓶对样品的水分影响不大, 阻水性能很好, 储藏过程中水分含量几乎不变。但是玻璃材料不便储运, 选择铝箔材料能够较好地阻止鱿鱼干吸潮。鱿鱼干含有较高的脂肪, 容易氧化, 棕色玻璃瓶和采用真空包装能够有效地抑制油脂的氧化。Vanhanen 等研究了胡桃粉在 5 个不同的温度下利用 3 种不同材料的包装对其过氧化值的影响^[22], 真空包装和不透光包装的样品过氧化值较低。本实验中的铝箔和棕色玻璃瓶包装的样品氧化较少, 同样证明光线和氧气可以加快脂肪氧化。所以, 采用真空铝箔包装, 储藏过程中样品的品质

变化很小, 以后的储藏中采用铝箔真空包装来延长鱿鱼干的货架期。

表 1 包装材料对鱿鱼干品质的影响

Tab. 1 Effect of packaging materials on the dried squid quality

包装情况	水分 质量分数 (湿基) / %	酸价/ (mg / g)	过氧化 值 / %	细菌总数/ (cfu / g)
储藏前	18. 17	50. 62	0. 213	5. 07× 10 ³
透明袋真空	21. 23	74. 19	0. 385	15. 42× 10 ³
铝箔真空	18. 16	60. 85	0. 257	7. 64× 10 ³
无色玻璃瓶	18. 17	72. 37	0. 354	8. 15× 10 ³
棕色玻璃瓶	18. 16	62. 13	0. 278	8. 04× 10 ³

2.2 储藏温度对鱿鱼干品质的影响

不同温度对鱿鱼干含水率、酸价、过氧化值和细菌总数的影响见表 2, 含水率为 18. 17% 的鱿鱼干玻璃化转变温度为 8 ℃。可以看出: 在玻璃化转变温度下储藏可以较好地控制鱿鱼干水分、酸价、过氧化值和细菌总数的变化, 延长鱿鱼干的货架期。有些产品不需要冷藏就能较好地保持原有品质^[23], 许多干物质玻璃化转变温度很多情况下都高于 0 ℃, 更加有可能在高于冷藏温度下保持其品质。许多研究证明, 在玻璃化转变温度(T_g) 以下, 食品基质黏度高达 10¹²~ 10¹⁴ Pa · s, 引起食品腐败变质的各种因素能被有效抑制, 食品货架期能被有效地延长^[24- 25]。

表 2 储藏温度对鱿鱼干品质的影响

Tab. 2 Effect of storage temperature on the dried squid quality

储藏 温度/ ℃	水分 质量分数 (湿基) / %	酸价/ (mg / g)	过氧化 值 / %	细菌总数/ (cfu / g)
储藏前	18. 17	50. 62	0. 213	5. 07× 10 ³
2	18. 18	60. 85	0. 257	7. 64× 10 ³
8	18. 17	61. 91	0. 269	7. 81× 10 ³
20	18. 18	66. 58	0. 285	8. 52× 10 ³
30	18. 16	70. 33	0. 325	9. 76× 10 ³

2.3 结合玻璃化转变温度和水分活度储藏

不同含水率的样品的玻璃化转变温度、储藏温度和在储藏温度下的水分活度见表 3。鱿鱼干样品铝箔真空包装后, 分别在其相应的水分活度和玻璃化转变温度以下储藏, 储藏过程中酸价、过氧化值和细菌总数的变化见表 4。可以看出: 储藏期间, 酸价和过氧化值随着储藏温度的升高而增加; 细菌总数变化较为复杂, 在 10 ℃储藏时细菌总数增加较为缓慢。影响鱿鱼干变质的主要因素是温度与水

分活度的共同作用。

表 3 储藏前鱿鱼干玻璃化温度和水分活度
Tab. 3 The glass transition temperature and water activity of dried squid at storage temperature

水分质量分数 (湿基)/ %	玻璃化温度 T_g / °C	水分活度 (aw)	储藏 温度/ °C
19.64	3	0.755 6	0
16.75	13	0.772 9	10
14.01	23	0.735 9	20
11.51	33	0.656 3	30

表 4 不同储藏环境下鱿鱼干酸价、过氧化值和细菌总数的变化
Tab. 4 Effect of storage conditions on the dried squid quality

储藏 温度/ °C	时间/ 月	酸价/ (mg/g)	过氧化值/ %	细菌总数/ (cfu/g)
0	0	50.64	0.215	5.79×10^3
0	1	52.53	0.218	6.13×10^3
0	2	55.16	0.230	6.35×10^3
0	3	57.11	0.243	6.72×10^3
0	4	58.82	0.258	7.56×10^3
0	5	61.02	0.275	8.28×10^3
0	6	63.64	0.295	9.25×10^3
10	0	51.13	0.217	6.01×10^3
10	1	53.04	0.225	6.08×10^3
10	2	55.93	0.235	6.17×10^3
10	3	58.17	0.250	6.53×10^3
10	4	62.05	0.271	7.35×10^3
10	5	65.81	0.289	7.96×10^3
10	6	67.94	0.312	8.55×10^3
20	0	50.57	0.221	6.24×10^3
20	1	53.72	0.228	6.32×10^3
20	2	57.58	0.241	6.59×10^3
20	3	60.74	0.257	6.97×10^3
20	4	65.39	0.282	8.03×10^3
20	5	70.73	0.309	9.15×10^3
20	6	74.83	0.336	10.08×10^3
30	0	52.38	0.223	6.22×10^3
30	1	55.45	0.231	6.35×10^3
30	2	60.01	0.262	7.02×10^3
30	3	64.32	0.289	8.05×10^3
30	4	69.86	0.337	9.76×10^3
30	5	75.93	0.379	11.04×10^3
30	6	81.25	0.425	13.08×10^3

一方面,水分活度较高的样品,脂肪较容易氧化,微生物也比较容易生长;另一方面,由于是在玻璃化转变温度下储藏,水分活度较高的样品储藏温度较低,食品处于高黏态,脂肪氧化和微生物生长的速率也会比高于玻璃化转变温度时慢得多。所以,找到水分活度和在玻璃化转变温度下储藏的最佳结合点有着重要的意义。在最佳的水分活度和玻璃化转变温度下,使得鱿鱼干的品质得以保持,从而延长其货架期。但是,由于玻璃化转变温度很难准确测定,考虑到测量误差和环境条件的影响,采用低于测定的玻璃化转变温度 3 °C 为贮藏温度。

2 4 货架期预测

鱿鱼干的酸价、过氧化值和细菌总数的变化模拟见表 5。

表 5 不同储藏环境下鱿鱼干酸价、过氧化值和细菌总数的变化模型参数
Tab. 5 The model simulate parameters of the dried squid quality at different storage conditions

指标	模型 参数	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C
酸价	a	3.930 3	3.920 1	3.914 3	3.941 4
	k	0.036 8	0.051 0	0.067 2	0.076 9
	R^2	0.997 7	0.996 3	0.998 7	0.987 9
	S	0.298 6	0.555 7	0.454 8	1.708 9
过氧化值	a	- 1.591 9	- 1.576 3	- 1.581 5	- 1.590 8
	k	0.060 8	0.067 6	0.080 8	0.123 1
	R^2	0.998 6	0.997 1	0.996 4	0.998 9
	S	0.001 7	0.002 8	0.003 4	0.003 7
细菌总数	a	8.587 0	8.595 3	8.630 2	8.593 9
	k	0.088 1	0.075 7	0.093 3	0.102 7
	R^2	0.987 9	0.985 5	0.984 1	0.987 1
	S	210.6	192.2	295.5	270.6

可以看出,利用动力学模型能够较好地模拟鱿鱼干储藏期间的品质变化。各种品质指标按照干制水产品指标 GB10144—2005,酸价 130 mg/g、过氧化值 0.6%、细菌总数 30 000 cfu/g,这 3 个标准中有一项达到即为变质产品。通过模型计算,得到各个储藏条件下鱿鱼干不同指标变质的时间(表 6)。所以,水分活度为 0.755 6 的鱿鱼干在 0 °C 的货架期为 18.1 个月;水分活度为 0.772 9 的鱿鱼干在 10 °C 储藏条件下的货架期为 15.8 个月;水分活度为 0.735 9 的鱿鱼干在 20 °C 储藏条件下的货架期为 13.3 个月;水分活度为 0.656 3 的鱿鱼干在 30 °C 储藏条件下的货架期为 8.7 个月。

表 6 鱿鱼干变质达标的时间

Tab. 6 Effect of storage conditions on the dried squid shelf life

指标	不同储藏条件下的货架期/月			
	0 ℃	10 ℃	20 ℃	30 ℃
酸价	25. 4	18. 6	14. 2	12. 1
过氧化值	18. 1	15. 8	13. 3	8. 7
细菌总数	19. 5	22. 6	16. 7	11. 5

3 结 语

1) 研究了包装材料对鱿鱼干品质的影响, 确定了使用铝箔真空包装可以较好地延长鱿鱼干的货

架期。

2) 研究了储藏温度对鱿鱼干品质的影响, 证明在玻璃化转变温度下鱿鱼干的品质可以较好地保持。

3) 动力学模型能够较好地模拟鱿鱼干储藏过程中的品质变化, 可以用来预测鱿鱼干的货架期。

4) 结合玻璃化转变温度和水分活度储藏, 通过动力学模型计算, 水分活度为 0. 755 6 的鱿鱼干在 0 ℃的货架期为 18. 1 个月; 水分活度为 0. 772 9 的鱿鱼干在 10 ℃储藏条件下的货架期为 15. 8 个月; 水分活度为 0. 735 9 的鱿鱼干在 20 ℃储藏条件下的货架期为 13. 3 个月; 水分活度为 0. 656 3 的鱿鱼干在 30 ℃储藏条件下的货架期为 8. 7 个月。

参考文献 (References):

[1] 宋伟华, 马永钧, 姚平. 世界鱿鱼产品市场贸易简况[J]. 海洋渔业, 2003, 3(5): 161– 162.
SONG Wei hua, MA Yong jun, YAO Ping. The world squid trade market profile[J]. **Marine Fisheries**, 2003, 3(5): 161– 162. (in Chinese)

[2] 邓侨, 张林楠. 调味半干鱿鱼加工方法探讨[J]. 现代渔业信息, 1997, 12(11): 6– 10.
DENG Qiao, ZHANG Lin nan. A study on processing method of flavored semidried squid [J]. **Modern Fisheries Information**, 1997, 12(11): 6– 10. (in Chinese)

[3] 李桂芬. 阿根廷鱿鱼生化成分的分析研究[J]. 现代食品科技, 2005, 21(1): 120– 121.
LI Gui fen. Research on the biochemical composition of sepiaiuex argentinus[J]. **Modern Food Science and Technology**, 2005, 21(1): 120– 121. (in Chinese)

[4] 杜杰, 王洪军, 翁航萍. 鱿鱼肌肉结构及其嫩化研究进展[J]. 肉类研究, 2007(12): 20– 23.
DU Jie, WANG Hong jun, WEN Hang ping. Squid muscle structure and its tenderization[J]. **Meat Research**, 2007(12): 20– 23. (in Chinese)

[5] Zdzisaw E Sikorski, Ilona Koodziejska. The composition and properties of squid meat[J]. **Food Chemistry**, 1986, 20(3): 213 – 224.

[6] 张慙, 张鹏. 食品干燥新技术的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(2): 117– 119.
ZHANG Min, ZHANG Peng. Progress of new food drying technology[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2006, 25(2): 117– 119. (in Chinese)

[7] Sablani S S, Kasapis S, Rahman M S. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability[J]. **Journal of Food Engineering**, 2007, 78: 266– 271.

[8] Helena Abramovic, Mojca Jamnik. Water activity and water content in slovenian honeys[J]. **Food Control**, 2008, 19: 1086 – 1090.

[9] Anese M, Shtylla I, Torreggiani D, et al. Water activity and viscosity relations with glass transition temperatures in model food systems[J]. **Thermochimica Acta**, 1996, 275: 131– 137.

[10] 张素文, 张慙, 孙金才. 水分含量对西兰花玻璃化转变温度的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(3): 28– 31.
ZHANG Su wen, ZHANG Min, SUN Jin cai. Effect of water content on the glass transition temperature of broccoli[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2008, 27(3): 28– 31. (in Chinese)

[11] 柴春祥, 杜利农. 动力学模型在鱼肉品质变化中的应用[J]. 食品工业科技, 2006, 27(1): 75– 76.
CHAI Chun xiang, DU Li nong. Application of dynamic model in quality changes of fish meat[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2006, 27(1): 75– 76. (in Chinese)

[12] 赵思明, 李红霞, 熊善柏, 等. 鱼丸贮藏过程中品质变化动力学模型研究[J]. 食品科学, 2002, 23(8): 80– 82.
ZHAO Si ming, LI Hong xia, XIONG Shan bo, et al. Study on the kinetics model of fish product quality during storage

©1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

- [J]. **Food Science**, 2002, 23(8): 80– 82. (in Chinese)
- [13] 戴志远, 宋广磊, 王宏海, 等. 熟貽贝贮藏过程中品质变化的动力学模型[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(9): 44– 47.
DAI Zhì yuán, SONG Guang lei, WANG Hong hai, et al. Study on the kinetics model of cooked mussel quality during storage[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2004, 30(9): 44– 47. (in Chinese)
- [14] 樊振江, 郝亚勤, 张素君, 等. 鲜切莲藕微生物模型的建立及货架寿命预测[J]. 食品科学, 2007, 23(1): 326– 329.
FAN Zhen jiang, HAO Ya qin, ZHANG Su jun, et al. Micro organism growth model foundation and shelf life prediction of fresh cut lotus roots[J]. **Food Science**, 2007, 23(1): 326– 329. (in Chinese)
- [15] Chalida Niamnuy, Sakamon Devahastin. Kinetics of astaxanthin degradation and color changes of dried shrimp during storage[J]. **Journal of Food Engineering**, 2008, 87: 591– 600.
- [16] Xin Jiayu, Hiroaki Imahara, Shiro Saka. Kinetics on the oxidation of biodiesel stabilized with antioxidant[J]. **Fuel**, 2009, 88: 282– 286.
- [17] Karl McDonald, SUN Da wen. Predictive food microbiology for the meat industry: a review[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 1999, 52: 1– 27.
- [18] Whiting R C, Buchanan R L. Microbial modeling. Scientific status summary[J]. **Food Technology**, 1994, 48(6): 113– 120.
- [19] Lebert Isabelle, Lebert Andre. Quantitative prediction of microbial behaviour during food processing using an integrated modelling approach: a review[J]. **International Journal of Refrigeration**, 2006, 29: 968– 984.
- [20] 马先英, 赵世明, 牟晨晓. 不同工艺方法对鱿鱼热风干燥效果的影响[J]. 水产科学. 2007, 26(2): 106– 108.
MA Xian ying, ZHAO Shi ming, MU Chen xiao. Effects of different methods on hot air drying performance in squid[J]. **Aquatic Science**, 2007, 26(2): 106– 108. (in Chinese)
- [21] SHI Qí long, XUE Chang hu. Optimization of processing parameters of horse mackerel (*Tachurus japonicus*) dried in a heat pump dehumidifier using response surface methodology[J]. **Journal of Food Engineering**, 2008, 87: 74– 81.
- [22] Vanhanen L P, Savage G P. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging[J]. **Food Chemistry**, 2006, 99: 64– 69.
- [23] 朱丹实, 张慙. 不同温度、湿度条件对蜂王浆及蜂蜜贮藏的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2005, 24(2): 78– 83.
ZHU Dan shi, ZHANG Min. Effect of different temperature and humidity conditions on preservations of honey and royal jelly[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2005, 24(2): 78– 83. (in Chinese)
- [24] Bhandari B R, Howes T. Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods[J]. **Journal of Food Engineering**, 1999, 40: 71– 79.
- [25] Elizabeth Tymczyszyn E, Rosario D. Critical water activity for the preservation of lactobacillus bulgaricus by vacuum drying[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2008, 128: 342– 347.

(责任编辑: 秦和平)