

腌制对低温保鲜草鱼片品质的影响

许艳顺,葛黎红,王丹,蒋晓庆,姜启兴,夏文水*

(江南大学食品学院,江苏无锡 214122)

摘要:采用低盐腌制结合冷藏(0.5 ± 0.5)℃或冻藏(-18 ± 1)℃的方式对草鱼片进行保鲜,考察了低盐腌制对冷藏或冻藏草鱼片品质的影响。结果表明,腌制对冷藏和冻藏鱼片挥发性盐基氮(TVB-N)、色差、持水力和质构等指标都有显著影响($p<0.05$),对pH影响不大。腌制能够有效减缓冷藏鱼片质构劣化,减少汁液流失,提高持水力和抑制TVB-N的增加;而在鱼片冻藏过程中,腌制能够明显抑制汁液流失、提高持水力,改善鱼片质构品质,但对TVB-N的影响较小。在冷藏和冻藏情况下,腌制鱼片 a^* 显著高于($p<0.05$)未腌制鱼片,而 L^* 、 b^* 和白度略低于未腌制鱼片。

关键词:草鱼,鱼片,腌制,冷藏,冻藏

Effect of salting on quality of grass carp fillets during cold storage and frozen storage

XU Yan-shun, GE Li-hong, WANG Dan, JIANG Xiao-qing, JIANG Qi-xing, XIA Wen-shui*

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

Abstract: The influences of salting on the physiochemical properties of grass carp fillets during cold storage and frozen storage were investigated. The results showed that the salting significantly ($p<0.05$) affected the TVB-N, color, water holding capacity (WHC), and textural properties of grass carp fillets during cold storage and frozen storage, whereas the pH was not sharply affected. Salting could retard texture deterioration and improve the water holding capacity (WHC) of refrigerated fillets. And the increase in TVB-N of refrigerated fillets was obviously inhibited by salting. Furthermore, the salted grass carp fillets in frozen storage exhibited lower drip loss, higher WHC and enhanced textural property than those without salting, but the TVB-N was not remarkably affected by salting. In both cold storage and frozen storage, the salted grass carp fillets showed significantly higher in a^* ($p<0.05$), but slightly lower in L^* , b^* and whiteness than corresponding values of unsalted fillets.

Key words: grass carp; fillet; salting; cold storage; frozen storage

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)24-0311-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.24.059

我国淡水鱼养殖产量大,2013年达2481.73万吨,其中草鱼产量达506.99万吨,是产量最大的淡水鱼类^[1]。近年来,随着社会经济的发展、消费习惯的转变以及冷链技术的日益成熟,人们对方便、营养、安全、新鲜的低温保鲜调理水产食品的需求日益增加^[2]。

冷藏和冻藏是目前较常用的两种水产品保鲜方式。在低温条件下根据贮藏温度不同生物体内的生物和化学变化受到不同程度的抑制,从而可以较长时间保持产品的新鲜度^[3]。但冷藏和冻藏条件下鱼肉仍会随着贮藏期的延长而发生不同程度的品质下降^[4]。蛋白质是构成肌肉组织的主要成分,因此鱼肉理化特性的改变很大程度上与蛋白质状态有关。离子强度是影响鱼肉蛋白理化特性的关键因素之一,

蛋白质的解离状态和氨基酸残基的电荷分布会改变蛋白分子内、分子间以及与水的静电相互作用,进而影响蛋白分子结构和改变肌肉组织的理化性质^[5]。腌制是一种传统的水产品加工保藏方法,在高盐条件下使产品渗透脱水,通过降低产品水分活度抑制腐败变质,此外腌制也起到重要的调味作用^[6]。目前,鱼片在低温贮藏过程中微生物、生化和理化特性变化的研究已有较多报道^[2,7]。盐腌是生鲜调理鱼片加工的一个重要工序,但有关低盐腌制对低温保鲜鱼片品质特性的影响研究还较少^[8-9]。

本研究以草鱼为原料,采用低盐腌制结合冷藏或冻藏的方式对草鱼片进行保鲜研究,旨在草鱼的加工利用和调理保鲜开发提供指导。

收稿日期:2015-04-02

作者简介:许艳顺(1981-),男,博士,副教授,研究方向:水产资源深加工,E-mail:xyys@jiangnan.edu.cn。

* 通讯作者:夏文水(1958-),男,教授,研究方向:水产品加工,E-mail:xiaws@jiangnan.edu.cn。

基金项目:国家自然科学基金(31301508);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46-22);江苏省自然科学基金(BK20130138)。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

鲜活草鱼 体重(2.50±0.25) kg/条,购于无锡市华润万家超市;食盐(食品级) 无锡市华润万家超市;其他试剂 均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

TA-XT2i质构仪 英国Stable Micro Systems公司;CR-400色差仪 日本Konica Minolta公司;4K-15高速冷冻离心机 Sigma公司;EL20型pH计 梅特勒-托利多仪器上海有限公司;UV-1000紫外-可见分光光度计 上海天美科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 草鱼的处理及分组 将鲜活草鱼宰杀后去头、去内脏,用冷水冲洗干净,沿鱼体侧线取鱼背肉,并将鱼肉切成大小均匀的小块(2 cm×2 cm×1 cm)。将鱼片随机均分为四组,其中两组用质量分数为1%的食盐在4 ℃条件下干腌2 h作为腌制组,另外两组不腌制放在4 ℃条件下2 h作为对照组,将样品分装入聚乙烯袋中封口(整个处理过程控制鱼肉温度不高于10 ℃);然后将腌制组和对照组样品分别进行冷藏(0.5±0.5) ℃和冻藏(-18±1) ℃ 18 d,贮藏过程中每隔3 d随机取样进行理化分析。在冷藏期间定时更换碎冰以确保贮藏温度控制在预设值。

1.2.2 指标的测定

1.2.2.1 pH测定 准确称取10.00 g鱼肉,加入90 mL蒸馏水后用均质机进行均质,用pH计直接测定^[10]。

1.2.2.2 汁液流失测定 参考Liu等的方法^[2]。取出贮藏的包装鱼肉称重记为W₁,冻藏样品先在25 ℃解冻30 min。剪开包装袋,倒出汁液,吸干包装袋与鱼肉上沾的水分,记录包装袋和鱼肉的总质量W₂和包装袋的质量W₃。汁液流失率按以下公式计算:

$$\text{汁液流失率}(\%) = (W_1 - W_2) / (W_1 - W_3) \times 100 \quad \text{式(1)}$$

1.2.2.3 可榨出水的测定 参考Shi等的方法^[9]。准确称取5.00 g碎肉,用滤纸包裹后放入离心管中,记录滤纸质量W₁,离心管、滤纸和鱼肉的总质量W₂,在4 ℃,210×g速度下离心15 min。离心结束后取出滤纸,记录离心管和鱼肉总质量W₃。每个样品重复3次。可榨出水按以下公式计算:

$$\text{可榨出水}(\%) = (W_2 - W_1 - W_3) / (5 \times W) \times 100 \quad \text{式(2)}$$

式中,W为鱼肉中的水分含量(%),采用105 ℃干燥法测得。

1.2.2.4 挥发性盐基氮(TVB-N)测定 准确称取5 g鱼肉,加入45 mL 5%三氯乙酸(TCA),均质1 min,沉淀30 min后过滤得清液,采用微量扩散法测定^[11]。

1.2.2.5 色泽的测定 室温下用CR-400色差仪直接测定样品的L*、a*、b*值,L*表示样品的亮度,+a*表示样品偏红,-a*表示样品偏绿;+b*表示样品偏黄,-b*表示样品偏蓝。白度(Whiteness index)计算公式:

$$\text{白度} = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{式(3)}$$

1.2.2.6 质构的测定 参考Xu等^[11]的方法。采用TA-XT2i质构仪测定草鱼肉的硬度、弹性和咀嚼性。测试条件:采用p/35测试探头,下压方向与肌肉纤维

的走向垂直,压缩形变50%,触发力5 g,测试前速度10 mm/s,测试速度2 mm/s,测后速度10 mm/s。每个样品重复8次。

1.3 统计分析

所有数据采用Origin 8.6作图,采用SPSS 11.0软件对数据进行统计分析,除质构分析每组重复8次外,其他指标分析每个样品至少重复3次。

2 结果与讨论

2.1 腌制对冷藏和冻藏鱼片pH的影响

由图1可知,四组样品的pH均呈现先稍微下降后缓慢上升的趋势,但pH在整个贮藏过程中变化幅度较小。鱼片贮藏初期pH的下降可能是由于鱼体内糖原和ATP分解产生的乳酸积累所致;而贮藏后期pH的增加可能是由于鱼体胺类等碱性物质积累所致^[2]。冷藏条件下腌制鱼片pH比未腌制样品略高,这与Goulas等^[10]关于马面鱼的报道一致,而冻藏条件下腌制鱼片pH与对照组无显著差异($p > 0.05$)。

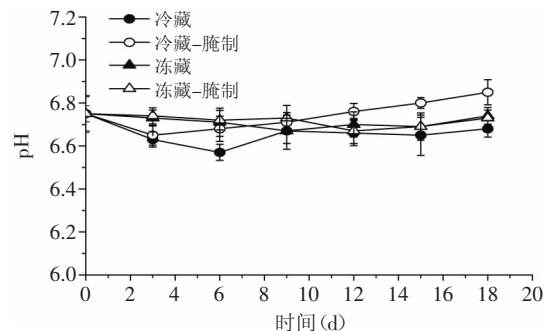


图1 腌制对冷藏和冻藏草鱼片pH的影响

Fig.1 Effects of salting on pH of grass carp fillets during cold storage and frozen storage

2.2 腌制对冷藏和冻藏鱼片持水性的影响

汁液流失和可榨出水是评价鱼肉持水性变化的两个重要指标。汁液流失对应于鱼类肌肉中结合最弱的水,侧面反映了肌肉组织结构的变化。由图2可知,腌制和贮藏温度均对贮藏过程中鱼片的汁液流失有显著影响($p < 0.05$)。总体来说,各组样品中汁液流失均随贮藏时间延长而增加,冻藏鱼片汁液流失显著高于冷藏样品,这主要是由于冻藏过程中肌肉中的自由水形成冰晶,破坏肌肉组织结构,导致汁液

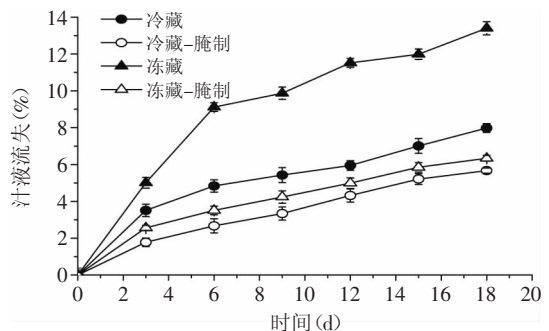


图2 腌制对冷藏和冻藏草鱼片汁液流失的影响

Fig.2 Effects of salting on drip loss of grass carp fillets during cold storage and frozen storage

流失严重。腌制后的鱼片汁液流失显著低于未腌制样品 ($p < 0.05$), 这可能是由于低盐腌制导致蛋白与水的结合能力增强的原因^[5]。由图3可知, 鱼片可榨出水随贮藏时间延长而增加, 腌制有效降低了冷藏和冻藏草鱼片的可榨出水, 这与汁液流失结果一致。结果表明低盐腌制可改善鱼片低温贮藏过程中持水性。

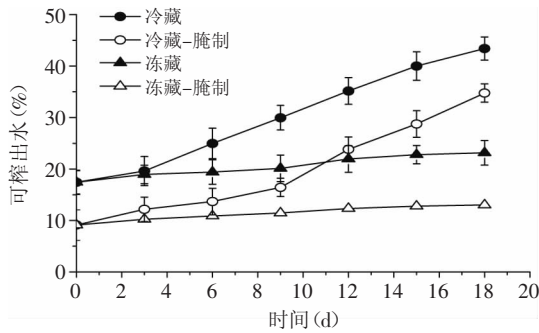


图3 腌制对冷藏和冻藏草鱼片可榨出水的影响

Fig.3 Effects of salting on expressible moisture of grass carp fillets during cold storage and frozen storage

2.3 腌制对冷藏和冻藏鱼片TVB-N的影响

TVB-N是反映鱼肉腐败程度的重要指标。由图4可知, 腌制和未腌制的冷藏样品贮藏到第15 d时TVB-N分别为13.41 mg/100 g肉和19.49 mg/100 g肉, 未腌制样品的TVB-N接近淡水鱼二级鲜度标准 (20 mg/100 g)。腌制过程有效抑制了鱼片TVB-N的积累, 可能由于腌制过程抑制了自身内源酶和微生

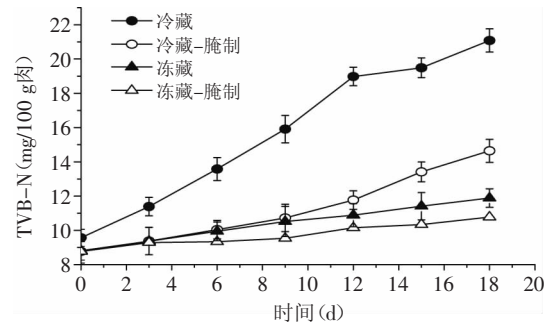


图4 腌制对冷藏和冻藏草鱼片TVB-N的影响

Fig.4 Effects of salting on TVB-N of grass carp fillets during cold storage and frozen storage

表1 腌制对冷藏和冻藏草鱼片色泽的影响 ($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 1 Effects of salting on color of grass carp fillets during cold storage and frozen storage ($\bar{x} \pm s, n=3$)

参数	贮藏时间 (d)	冷藏	冷藏-腌制	冻藏	冻藏-腌制
L^*	0	52.72±1.39 ^c	46.72±1.39 ^{dA}	49.25±1.39 ^{ab}	46.72±0.39 ^a
	3	41.60±0.77 ^{ab}	40.06±0.31 ^{aA}	50.47±0.55 ^{ad}	48.22±0.12 ^{bC}
	6	42.70±0.47 ^{lb}	39.81±1.04 ^{aA}	52.09±0.57 ^{abd}	49.22±0.14 ^{bC}
	9	42.89±0.54 ^{lb}	41.86±0.34 ^{ba}	52.85±0.08 ^{abd}	49.85±0.07 ^{bC}
	12	43.46±0.24 ^{kb}	40.30±0.77 ^{ba}	53.48±0.29 ^{bcd}	50.64±0.21 ^{bC}
	15	44.59±0.14 ^{cb}	42.98±0.47 ^{ca}	53.75±1.15 ^{bcd}	50.74±0.42 ^{cC}
	18	46.19±1.06 ^{db}	43.07±0.26 ^{ca}	53.98±1.17 ^{bcd}	51.98±0.01 ^{dc}
a^*	0	2.87±0.34 ^{aA}	3.77±0.34 ^{ab}	2.87±0.34 ^{aA}	3.37±0.34 ^{ab}
	3	10.90±0.37 ^{bc}	10.87±0.14 ^{bc}	1.47±0.05 ^{ba}	2.39±0.39 ^{cb}
	6	9.54±0.05 ^{cb}	12.57±0.15 ^{cd}	1.36±0.84 ^{ba}	1.14±0.33 ^{ca}
	9	8.94±0.45 ^c	11.97±0.36 ^{cd}	1.12±0.46 ^{bb}	-0.64±0.10 ^{ba}
	12	5.77±1.88 ^{bc}	8.37±0.69 ^{cd}	0.89±0.28 ^{bb}	-1.32±0.31 ^{aA}
	15	4.85±0.93 ^{bb}	7.31±0.84 ^{bc}	-1.28±0.62 ^{ba}	-1.34±1.18 ^{aA}
	18	5.14±0.63 ^{bc}	7.14±1.12 ^{bd}	-2.48±0.12 ^{aA}	-1.70±0.25 ^{ab}
b^*	0	5.41±0.31 ^c	2.41±0.41 ^b	2.85±0.32 ^{ab}	1.41±0.11 ^{aA}
	3	1.06±0.04 ^{ab}	-4.75±0.39 ^{aA}	3.45±0.18 ^{bd}	1.57±0.23 ^{bc}
	6	1.56±0.35 ^{ab}	-2.66±0.07 ^{ba}	4.01±0.27 ^{cd}	2.35±0.39 ^{bc}
	9	2.00±0.11 ^{bb}	-1.24±0.31 ^{ca}	4.35±0.33 ^{cd}	2.60±0.15 ^{bc}
	12	2.89±0.04 ^b	0.51±0.09 ^{dA}	4.53±0.31 ^c	2.77±0.31 ^{bb}
	15	3.29±0.08 ^{dc}	0.66±0.07 ^{dA}	4.72±0.14 ^{cd}	2.97±0.25 ^{bb}
	18	3.74±0.22 ^{cb}	1.23±0.20 ^{ca}	4.81±0.28 ^c	3.18±0.51 ^{bb}
白度	0	52.32±1.39 ^c	46.53±1.39 ^{dA}	49.09±1.39 ^{ab}	46.59±0.39 ^{aA}
	3	40.58±0.77 ^{ab}	38.90±0.31 ^{aA}	50.33±0.55 ^{ad}	48.14±0.12 ^{bC}
	6	41.89±0.47 ^{lb}	38.45±1.04 ^{aA}	51.90±0.57 ^{abd}	49.15±0.14 ^{bC}
	9	42.16±0.54 ^{ba}	40.63±1.34 ^{ba}	52.64±0.08 ^{abc}	49.78±0.07 ^{bC}
	12	43.09±0.22 ^{kb}	39.71±0.77 ^{ba}	53.25±0.29 ^{bcd}	50.54±0.21 ^{bC}
	15	44.28±0.13 ^{cb}	42.51±0.47 ^{ca}	53.49±1.14 ^{bcd}	50.63±0.41 ^{cC}
	18	45.81±1.05 ^{db}	42.61±0.25 ^{ca}	53.66±1.17 ^{bcd}	51.84±0.01 ^{dc}

注: a~f同列中具有不同字母者为组内差异显著 ($p < 0.05$); A~D同行中具有不同字母者为组间差异显著 ($p < 0.05$); 表2同。

物对含氮化合物的降解作用,从而抑制了碱性物质的积累^[8-10]。而对于冻藏条件下鱼片,TVB-N在贮藏过程中略微上升,到贮藏18 d仍低于淡水鱼一级鲜度的标准(13 mg/100 g)。根据TVB-N分析,冷藏未腌制草鱼片的货架期为15 d,此时鱼片已轻度败坏,而其他3种贮藏条件下鱼片TVB-N在贮藏18 d后仍未超过淡水鱼二级鲜度标准,未出现败坏现象。与冷藏相比,冻藏能够有效延缓腐败进程^[12]。

2.4 腌制对冷藏和冻藏鱼片色泽的影响

鱼肉的色泽与肌肉中的亚铁血红素、肌肉组织的物理结构和结合水的量等有关,鱼肉颜色的变化也会影响最终产品的鲜度和品质等^[8]。由表1可知,冷藏条件下,鱼片 L^* 值、 b^* 和白度均呈现先下降后上升的趋势,而冻藏样品的 L^* 、 b^* 和白度逐渐上升,这可能与脂肪氧化和蛋白变性有关^[8]。冷藏情况下, a^* 呈现先上升后下降的趋势,而冻藏样品 a^* 呈现逐渐下降的趋势。在相同贮藏时间,腌制鱼片 a^* 显著高于($p<0.05$)未腌制鱼片,而 L^* 、 b^* 和白度略低于未腌制鱼片^[3]。Shi等^[9]研究发现采用1.8%食盐腌制的鲢鱼片较未腌制样品具有较低的 L^* 。

2.5 腌制对冷藏和冻藏鱼片质构的影响

由表2可知,在冷藏和冻藏两种条件下,鱼片硬度、弹性和咀嚼性均呈现逐渐下降的趋势,这可能与贮藏过程中内源酶和微生物对蛋白的降解有关^[13-14]。冷藏条件下,腌制鱼片硬度在贮藏前6 d显著高于未腌制鱼片,且冷藏鱼片硬度高于冻藏样品。冻藏鱼片的硬度在第6 d就已降至新鲜值的51.18%(腌制)和

41.19%(未腌制),贮藏至18 d分别降至新鲜值的35.91%(腌制)和34.79%(未腌制)。未腌制鱼片在冷藏和冻藏18 d后,咀嚼性分别下降了67.55%和44.32%,弹性分别下降了60.00%和71.15%。而腌制鱼片在冷藏和冻藏18 d后,咀嚼性分别下降了61.07%和38.64%,弹性分别下降了31.42%和57.12%。结果表明,低盐腌制能够不同程度减缓低温贮藏过程中鱼片质构的劣化,尤其能够显著改善冷藏初期鱼片质构品质特性。Goulas^[10]和Stefánsson^[15]也发现腌制能够有效改善马面鱼和鳕鱼质构劣化。

3 结论

1%食盐腌制能够明显减缓冷藏和冻藏草鱼片贮藏过程中质构的劣化和增加持水性,同时能够显著抑制冷藏鱼片贮藏过程中TVB-N的积累。在调理鱼片开发中,通过低盐腌制可以有效改善低温保鲜鱼片品质特性,提高鱼片感官品质和贮藏性能。为获得更高质量的保鲜调理鱼片产品,可进一步探讨不同盐含量和腌制方法对鱼片保鲜效果的影响。

参考文献

- [1] 农业部渔业局.中国渔业年鉴[M].北京:中国农业出版社,2013.
- [2] Liu D,Liang L,Xia W,et al. Biochemical and physical changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets stored at -3 and 0°C[J]. Food chemistry,2013,140(1):105-114.
- [3] 于刚,张洪杰,杨少玲,等.金枪鱼保鲜方法及其贮藏期品质变化研究进展[J].食品工业科技,2013,(21):331-333.

表2 腌制对冷藏和冻藏草鱼片质构的影响($\bar{x}\pm s,n=3$)

Table 2 Effects of salting on TPA of grass carp fillets during cold storage and frozen storage($\bar{x}\pm s,n=3$)

参数	贮藏时间(d)	冷藏	冷藏-腌制	冻藏	冻藏-腌制
硬度(g)	0	8.91±0.40 ^a	8.91±0.39 ^{1A}	8.91±0.39 ^a	8.91±0.39 ^a
	3	6.49±0.44 ^{1B}	7.56±0.31 ^{1C}	4.85±0.55 ^{1A}	5.43±0.22 ^{1A}
	6	4.97±0.47 ^{1B}	6.44±0.24 ^{1C}	3.67±0.37 ^{1A}	4.56±0.24 ^{1B}
	9	4.37±0.54 ^{1C}	5.09±0.34 ^{1D}	3.11±0.28 ^{1A}	3.85±0.17 ^{1B}
	12	4.15±0.24 ^{1B}	4.58±0.27 ^{1C}	3.05±0.29 ^{1A}	3.46±0.11 ^{1A}
	15	3.85±0.14 ^{1B}	4.39±0.17 ^{1C}	2.98±0.35 ^{1A}	3.01±0.32 ^{1A}
	18	3.55±0.36 ^{1AB}	4.05±0.26 ^{1B}	3.10±0.17 ^{1A}	3.20±0.21 ^{1A}
咀嚼性	0	2854.27±127.48 ^a	2854.27±127.48 ^a	2854.27±127.48 ^a	2854.27±127.48 ^{1A}
	3	2551.76±110.37 ^{1A}	2615.24±114.14 ^a	2650.71±101.05 ^{1A}	2739.82±114.39 ^a
	6	2078.9±169.05 ^a	2235.33±101.15 ^{1AB}	2432.19±117.84 ^{1B}	2661.48±101.3 ^{1C}
	9	1601.56±134.45 ^{1A}	1950.61±127.36 ^{1B}	2101.33±119.46 ^{1C}	2656.97±117.10 ^{1D}
	12	1101.49±101.88 ^{1A}	1566.74±113.69 ^{1B}	1798.59±110.28 ^{1C}	2078.9±123.31 ^{1D}
	15	975.29±137.93 ^{1A}	1232.37±117.84 ^{1B}	1621.11±129.62 ^{1C}	1812.37±127.18 ^{1D}
	18	926.73±123.63 ^{1A}	1111.56±110.12 ^{1A}	1590.44±124.12 ^{1B}	1751.91±119.25 ^{1C}
弹性	0	0.35±0.02 ^{1A}	0.35±0.02 ^{1A}	0.35±0.02 ^{1A}	0.35±0.02 ^{1A}
	3	0.29±0.01 ^{1B}	0.34±0.02 ^{1C}	0.25±0.02 ^{1A}	0.32±0.01 ^{1C}
	6	0.26±0.02 ^{1B}	0.32±0.02 ^{1C}	0.20±0.01 ^{1B}	0.31±0.02 ^{1C}
	9	0.24±0.02 ^{1B}	0.29±0.01 ^{1C}	0.19±0.02 ^{1B}	0.27±0.02 ^{1C}
	12	0.21±0.02 ^{1B}	0.28±0.02 ^{1C}	0.17±0.01 ^{1A}	0.20±0.01 ^{1B}
	15	0.19±0.02 ^{1A}	0.25±0.02 ^{1B}	0.16±0.02 ^{1A}	0.18±0.02 ^{1A}
	18	0.14±0.01 ^{1B}	0.24±0.01 ^{1C}	0.10±0.02 ^{1A}	0.15±0.01 ^{1B}

(下转第328页)

- [14] 唐薇,鲁新成. 美味牛肝菌多糖的生物活性及其抗S-180肿瘤的效应[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,1999(4):478-481.
- [15] 杨立红,刘德林,钟旭生. 野生牛肝菌多糖的分离鉴定及其抗氧化性研究[J]. 食品科学,2008,29(8):335-338.
- [16] 朱建华,杨晓泉. 真菌多糖研究进展—结构、特性及制备方法[J]. 中国食品添加剂,2005(6):75-80.
- [17] 李磊,王卫国. 真菌多糖药理作用及其提取、纯化研究进展[J]. 河南工业大学学报:自然科学版,2008(2):87-92.
- [18] 齐惠珍,魏绍云,王继伦,等. Sevag法去除白及多糖中蛋白的研究[J]. 天津化工,2000(2):20-21.
- [19] 赵敏,池莉平,王凤岩,等. 小鼠急性酒精性肝损伤模型的建立及应用[J]. 华南预防中医,2005,31(1):14-16.
- [20] 齐慧慧,宋佳,陈岳祥. 小鼠急性酒精性肝损伤模型的建立[J]. 世界华人消化杂志,2012(9):759-763.
- [21] Stewert R R, Bewley J D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes[J]. PlantPhysiol,1980,65(2):245-248.
- [22] Chiang M L, Chou C C. Expression of superoxide dismutase, catalase and thermostable direct hemolysin by, and growth in the presence of various nitrogen and carbon sources of heat-shocked and ethanol-shocked *Vibrio parahaemolyticus*[J]. International Journal of Food Microbiology,2008,121(3):268-274.
- [23] 董卫华,赵春澎,谷兆侠,等. 宁夏枸杞谷胱甘肽过氧化物酶的测定[J]. 新乡医学院报,2006,23(1):31-32.
- [24] 中华人民共和国卫生部,保健食品检验与评价技术规范(2003年版)[S]. 2003:110-112.
- [19] Akira N, Kiyofumi Y, Li B Z. Interleukin 6 protects pc12 cells from 4-hydroxynonenal-induced cytotoxicity by increasing intracellular glutathione levels[J]. Free Radical Biology & Medicine,2002,32(12):1324-1332.
- [25] Nanji A A. Apoptosis and alcoholic liver disease[J]. Seminars in Liver Disease,1998,18(2):87-90.
- [26] Harmeet M, Randal J. Kaufman. Endoplasmic reticulum stress in liver disease[J]. Journal of Hepatology,2011,54(4):795-809.
- [27] 彭文锋,钟政永. ADA与ALT、AST、GGT联合检测在肝脏疾病诊断中的意义[J]. 当代医学,2011,17(9):4-6.
- [28] 朱萍. 线粒体与酒精性肝病关系的研究[D]. 济南:山东大学医学院,2007.
- [29] 谭华炳,贺琴,李金科. 脂肪肝肝组织脂质含量与肝功能关系的实验研究[J]. 山西医药杂志,2009,38(1):25-27.
- [30] 辛晓林,刘长海. 中药多糖抗氧化作用研究进展[J]. 北京中医药大学学报,2000,23(5):54-55.
- [31] Loguerill C, Federico A. Oxidative stress in viral and alcoholic hepatitis[J]. Free Radical Biology & Medicine,2003,34(1):1-10.
- [32] Jones B E, Liu H, Lo CR, et al. Cytochrome P450 2E1 expression induces Hepatocyte resistance to cell death from oxidative stress[J]. Antioxid Redox Signal,2002,4(5):701-709.
- [33] 张俊会,王谦. 杏鲍菇多糖的抗氧化活性研究[J]. 中国食用菌,2002,22(2):38-39.
- [34] 刁雪峰,王单一,熊正英,等. 云芝多糖对运动训练大鼠脑组织抗氧化能力和ATPase活性的影响[J]. 食品科学,2012,33(5):256-259.
- [35] Penninckx M. A short review on the role of glutathione in the response of yeast to nutritional, environmental, and oxidative stresses[J]. Enzyme Microb Technol,2000,26(9-10):737-742.
- [36] Masalkar P D, Abhang S A. Oxidative stress and antioxidant status in patients with alcoholic liver disease[J]. Clinica Chimica Acta,2005,355(1-2):61-65.

(上接第314页)

- [4] Soyer A, Özalp B, Dalmiş Ü, et al. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat[J]. Food Chemistry,2010,120(4):1025-1030.
- [5] Bertram H, Kristensen M, Andersen H. Functionality of myofibrillar proteins as affected by pH, ionic strength and heat treatment—a low-field NMR study[J]. Meat Science,2004,68(2):249-256.
- [6] Albarraçín W, Sánchez I, Grau R, et al. Salt in food processing; usage and reduction: a review[J]. International Journal of Food Science & Technology,2011,46(7):1329-1336.
- [7] 徐慧文,谢晶,汤元睿,等. 冰藏和冷藏条件下金枪鱼品质变化的研究[J]. 食品工业科技,2014(13):321-326.
- [8] Hong H, Luo Y, Zhou Z, et al. Effects of low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets stored at 4°C[J]. Food Chemistry,2012,133(1):102-107.
- [9] Shi C, Cui J, Luo Y, et al. Effect of lightly salt and sucrose on rigor mortis changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stored at 4°C[J]. International Journal of Food Science & Technology,2014,49(1):160-167.
- [10] Goulas A, Kontominas M. Effect of salting and smoking—method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes[J]. Food Chemistry,2005,93(3):511-520.
- [11] Xu Y, Xia W, Yang F, et al. Effect of fermentation temperature on the microbial and physicochemical properties of silver carp sausages inoculated with *Pediococcus pentosaceus*[J]. Food Chemistry,2010,118(3):512-518.
- [12] Kilinc B, Cakli S. Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardina pilchardus*) during marination[J]. Food Chemistry,2004,88(2):275-280.
- [13] Ge L, Xu Y, Xia W. The function of endogenous cathepsin in quality deterioration of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets stored in chilling conditions[J]. International Journal of Food Science & Technology,2015,50(3):797-803.
- [14] Gaarder M, Bahuaud D, Veiseth E, et al. Relevance of calpain and calpastatin activity for texture in super-chilled and ice-stored Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillets[J]. Food Chemistry,2012,132(1):9-17.
- [15] Stefánsson G, Nielsen H, Skåra T, et al. Frozen herring as raw material for spice-salting[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2000,80(9):1319-1324.