

活品流通过程中虾夷扇贝风味品质的变化

杨婷婷¹, 刘俊荣^{1*}, 俞微微¹, 沈建², 马永生¹, 田元勇¹

(1. 大连海洋大学食品科学与工程学院, 辽宁 大连 116023;

2. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

摘要: 为探索采捕后活品贝类品质的变化规律及评价体系, 本研究以活品底播虾夷扇贝为研究对象, 针对其闭壳肌的感官及理化特性, 系统探讨了在活品流通过程中的风味品质变化规律。根据产业现有的流通模式, 建立湿运和干运 2 条模拟流通链进行为期 7 d 的跟踪研究, 通过感官及理化分析监测其风味品质的变化情况; 感官监测的指标包含气味、滋味、后味、质地及色泽等 5 个方面, 理化分析包括游离氨基酸、核苷酸关联物、糖原、状态指数 CI、剪切力以及蒸煮损失率等指标; 针对分析检测结果, 首先采用主成分分析方法 (PCA) 分析风味特征的变化规律, 再通过偏最小二乘法 (PLS2) 对感官和理化二者间的相关性进行分析。研究结果发现, 流通链初期, 采捕后的剧烈胁迫导致风味品质短暂下降, 感官分析出现了苦味、酸味等非愉悦描述词; 流通链中期, 逐渐适应并处于比较稳定的净化环境条件, 风味品质得到恢复, 风味特征主要体现在甜味、鲜味、海鲜味等愉悦描述词方面; 流通链后期, 苦味及酸味等非愉悦描述词再次出现。理化指标的分析结果表明, 活品流通过程中扇贝的生命状态整体上呈下降趋势。对比干运与湿运, 无论是感官品质还是生命状态, 均发现干运在较短期运输 (≤ 2 d) 时优于湿运, 湿运则在较长运输期 (≥ 3 d) 时显现出一定优势。感官与理化的相关性分析结果表明, 二者之间有关联的特征指标分别为, 感官特征的甜 (T-ST)、鲜 (AT-UM) 和奶香 (O-DR), 理化指标的 Gly、Glu、Arg、ATP、AEC 及 CI, 这些指标能够较客观地反映采捕后虾夷扇贝活品流通过程中的风味品质差异, 可为建立活品贝类流通过程的品质评价体系提供参考。

关键词: 虾夷扇贝; 活品流通链; 风味品质; 感官评价; 理化指标

中图分类号: S 983

文献标志码: A

活品虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 作为一种高端海产品, 消费者对其风味品质的期望值较高, 研究流通过程中活品虾夷扇贝风味品质的变化有助于为市场提供风味品质稳定的产品, 促进贝类产业的成熟和发展。活品贝类的商业流通主要包括采捕、净化、运输及销售 4 个环节^[1], 各环节所面临的露空、温变、震荡及高氨氮等胁迫因素影响其生理状态^[2-3], 进一步引起其风味品质的变化。目前, 活贝研究围绕保活方法开展得较多, 且一般以成活率和生理指标作为判断标准^[4-5], 而以风味品质为评判标准的研究较少, 针

对活品流通链的风味品质变化规律的研究尚未见报道。

构建活品虾夷扇贝风味品质评价体系是一项复杂的工程。感官分析已较多应用于酒类、奶制品和肉制品中^[6-8], 随着感官评价研究的日益成熟和系统化, 其在水产品的产品研发、质量评价、产品分级以及品质走势的预测中也扮演着越来越重要的角色^[9]。描述性感官分析是客观评价活品虾夷扇贝各个感官属性的重要方法^[10], 而描述词表的建立是其中关键步骤。感官评价在反映水产品风味品质时既有其直接、科学的一面, 也有评

收稿日期: 2014-08-31 修回日期: 2014-11-15

资助项目: 国家自然科学基金 (31271980); 国家现代农业技术产业体系专项 (NYCYTX-47)

通信作者: 刘俊荣, E-mail: ljunrong@dlou.edu.cn

价小组评价能力限制产生偏差的主观性的一面。游离氨基酸(FAA)、核苷酸关联物及糖原等一些生理代谢指标的水平既作为重要呈味成分影响到水产品现有的整体风味,又因其参与水产品的能量代谢、渗透调节影响其生存状态,可在一定程度上反映活贝未来几天的风味品质走势^[11]。因此,研究活品虾夷扇贝生理代谢指标的变化规律,并结合感官分析结果,建立二者的相关性,有助于综合评价活品虾夷扇贝的风味品质。

本研究通过追踪研究模拟流通条件下活品底播虾夷扇贝的感官特性和生理代谢特性变化,采用偏最小二乘法提取了与主要感官特征相关性强的主要生理代谢指标,以期从感官和生理代谢两个角度综合评价活品虾夷扇贝的风味质量,为科学地表征活品流通链下贝类的风味变化规律提供了借鉴。

1 材料与方 法

1.1 仪器设备 及试剂

Agilent 1260 高效液相色谱仪(自动进样器,四元梯度泵,DAD 检测器),美国 Agilent; Elite-AAK 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),大连依

利特; ODS-BP C18 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),大连依利特;高速冷冻离心机,德国 Sigma; Milli-Q 超纯水净化仪,美国 Millipore; 电子分析天平, Mettler Toledo AL204; pH 计,德国 Sartorius PB-10; 721 型分光光度计,上海光谱仪器有限公司; TMS-Pro 质构分析仪,美国 Food Technology Corporation; 50 mL 一次性纸杯、香槟酒杯、刀具,购自超市。

18 种氨基酸混标,中国药品生物制品检验研究院; ATP、ADP、AMP、IMP、AdR、Ad、HxR、Hx、Xt 标准品, Sigma-Aldrich; 氨基酸检测试剂盒,大连依利特; 糖原测定试剂盒,南京建成; 色谱级甲醇、乙腈, Sigma; 分析纯高氯酸、三氯乙酸、冰醋酸、盐酸、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾、浓硫酸、N,N-二甲基甲酰胺,国药化试; 胡萝卜条; 漱口水(常温饮用水)。

1.2 原料及活品流通链方案

活品虾夷扇贝选用北纬 39° 底播 3 龄贝[壳高(90.6 ± 3.1) mm, 体质量(89.2 ± 8.5) g], 采捕于 12 月。活品扇贝原料从采捕到模拟流通的方案见表 1。采捕后经活水舱暂养(8 h)、人工分选、缓冲池暂养(10 h)以及干露汽车运输抵达实

表 1 活品虾夷扇贝原料及模拟链设计
Tab.1 Live scallop (*P. yessoensis*) raw material and the trial supply chain design

	天数/d days	温度/°C temperature	溶氧/(mg/L) DO	密度 density	冰(水)/箱/kg(L) tank	环境条件 condition
采捕 harvest						海水 sea water
活水运输 living transportation						海水 sea water
到岸 landed	采捕后 24 h 之内	6 ~ 12	—	—	—	干露 air exposed
暂养 fostered						海水 sea water
分选 sorting						干露 air exposed
运输 transport						干露 air exposed
抵达实验室 arrived at the lab	0					
	1					
	2					
模拟净化 trail depuration	3	6 ~ 9	5 ~ 9	100 g/L	60	海水 sea water
	4					
	5-w	6 ~ 9	5 ~ 9		60	海水 sea water
	5-d	2 ~ 4	—		2	覆冰 ice covered
模拟运输 trail transportation	6-w	6 ~ 9	5 ~ 9	8 kg/箱	60	海水 sea water
	6-d	2 ~ 4	—		2	覆冰 ice covered
	7-w	6 ~ 9	5 ~ 9		60	海水 sea water
	7-d	2 ~ 4	—		2	覆冰 ice covered

注:“w”表示湿运链,“d”表示干运链,下同

Notes: “w” indicates the wet-chain, “d” indicates the dry-chain, the same as below

实验室(6 h),离水后历经 24 h 抵达实验室。然后以干运和湿运 2 种流通方式进行为期 7 d 的模拟活品链的研究。净化(1~4 d),干运和湿运二者净化方式一致,均暂养于 11 个水族箱(38 cm × 49 cm × 38 cm)内,每个水族箱 60 只扇贝,采用连

续充气系统,每天更换海水 1 次,各水族箱中若出现虾夷扇贝死亡则立即捞出;模拟运输(5~7 d),湿运链采用活水充氧的方式,干运链采用加冰方式。于流通过程中每天的固定时间取样(13:00),各批次的样品编码见表 2。

表 2 模拟流通过程中活品虾夷扇贝的样品代码说明
Tab. 2 Sample coding specification of trial supply chain for live scallop (*P. yessoensis*)

模式 treatment	原料 raw material		模拟净化 trail depuration				模拟运输 trail transportation	
	0	1	2	3	4	5	6	7
湿运链 wet-chain	D-0*	D-1	D-2	D-3	D-4w	D-5w	D-6w	D-7w
干运链 dry-chain					D-4d	D-5d	D-6d	D-7d

注:“D”表示流通天数

Notes: “D” indicates days along the trail supply chain

1.3 感官评价方法

参考“国标”^[12],在前期研究基础^[13]之上进一步完善,先后开展了感官评价小组建立、描述词确定和感官评价小组能力评估 3 个阶段^[14-15],初步构建活品虾夷扇贝感官评价方法。

首先在招募的 98 名志愿者中进行筛选,构建由 11 位评价员组成的感官评价小组,年龄为 21~23 岁(10 女,1 男)。筛选和培训历时 4 个月,累

计培训时间 40 h,人均感官评价扇贝样品 60 次,最终评价员能充分熟悉活品虾夷扇贝样品和参比物,并熟练使用强度标尺。由征集自感官评价小组的 151 个最初描述词经统计学删减^[16]得到 33 个描述词(表 3),对其定义和添加参比物后建立感官评价描述词表,用于活品虾夷扇贝的感官评价。

表 3 活品虾夷扇贝感官评价描述词及字母缩写
Tab. 3 Sensory descriptors with acronyms for live scallop (*P. yessoensis*)

属性(缩写) attribute(acronym)	数量/个 number	描述词 descriptors
气味(O) odor(O)	9	O-海鲜味(O-SF);O-鱼腥味(O-FS);O-土腥味(O-ET);O-土豆泥味(O-BP);O-玉米味(O-BC);O-甜味(O-ST);O-海藻味(O-SW);O-奶香味(O-DR);O-硫味(O-SP)
滋味(T) taste(T)	9	T-鲜味(T-UM);T-甜味(T-ST);T-海鲜味(T-SF);T-奶香味(T-DR);T-土腥味(T-ET);T-鱼腥味(T-FS);T-金属味(T-MT);T-酸味(T-SR);T-苦味(T-BT)
后味(AT) aftertaste(AT)	7	AT-海鲜味(AT-SF);AT-甜味(AT-ST);AT-鲜味(AT-UM);AT-鲜奶味(AT-DR);AT-酸味(AT-SR);AT-苦味(AT-BT);AT-金属味(AT-MT)
质地(Tx) texture(Tx)	6	纤维感(Tx-FR);Tx-嫩度(Tx-TD);Tx-弹性(Tx-SP);Tx-多汁性(Tx-JC);Tx-粘滞感(Tx-AD);Tx-涩味(Tx-AS)
外观(A) appearance	2	颜色(Col);光泽(Glo)
合计 total		33

感官样品制备 取模拟流通链下鲜活虾夷扇贝 18 个,清洗沥干、去壳取出闭壳肌,用冰水冲洗、沥干,修整使形状规则,对剖(一半供气味分析,另一半供色泽评分和入口分析),置于冰块上备用。采用蒸汽锅,常压蒸制 2.5 min,室温冷却 30 s。其中,用于气味分析的样品置于香槟酒杯中,加盖呈送给评价员;用于入口分析的样品置于贝壳中呈送给评价员。

评价程序 发放活品虾夷扇贝感官评分表,准备胡萝卜条和漱口用温水;样品用 3 位随机数编码后,先呈送用于气味分析的样品,待评分结束再呈送用于外观和入口分析的样品;每批扇贝样品,各评价员重复感官分析 3 次。

评价方法 按照 0~5.0 的强度梯度,参照各描述词下参比物强度,对活品虾夷扇贝的 33 个描述词从气味、滋味、后味、质地及色泽 5 个方面

(表3)进行感官评价。首先,气味评分,感官评价员嗅闻手背清除嗅觉干扰,在接到呈送的样品后,揭开盖子均匀呼吸进行嗅闻打分;然后,对贝壳中的扇贝样品进行评分,对照比色卡进行外观评分后将样品分2次入口依次评价其滋味、质地及后味。每2次感官评定的时间间隔为1~2 min,中间用胡萝卜条清除口中上个样品的余味并用温水漱口。

1.4 理化指标分析

游离氨基酸的测定方法 提取:取活品虾夷扇贝20个,加冰于15 min内运至实验室,快速取出闭壳肌,放入预冷的高速组织捣碎机,10 000 r/min匀浆1 min。称取闭壳肌匀浆2.5 g于30 mL离心管中,加15 mL 5%的TCA溶液,均质2 min后静置7 min,以12 000 r/min的转速离心15 min,取上清液。上述操作需在4 ℃下、30 min内完成。每个样品制备3个平行样,每个样分别测定2次,取平均值。

衍生:将上清液全部转移至50 mL离心管,调pH至9.0(先用10 mol/L的KOH调pH至8.5,再用3 mol/L的KOH调pH至9.0);按氨基酸试剂盒说明进行衍生操作。

HPLC分析条件,色谱柱:Elite-AAK柱;柱温:27 ℃;检测器:DAD;检测波长:360 nm/4 nm;流动相流速:1.2 mL/min;进样量:10 μL;流动相A:磷酸盐缓冲液(pH 6.4~8.0);流动相B:50%乙腈水溶液;梯度洗脱顺序:0~4 min,流动相A 84%~69%;9.5~17 min,流动相A 64%~45%;17~28 min,流动相A 45%~35%;34~36 min,流动相B 100%;38 min,流动相A 84%。

核苷酸关联物的测定方法 提取:取游离氨基酸提取方法下的闭壳肌匀浆,参照Hu等^[17]的方法,略作修改(用10 mol/L KOH调pH至2~3.5),提取核苷酸关联物。上述操作需在4 ℃下、30 min内完成。每个样品制备3个平行样,每个样分别测定2次,取平均值。

HPLC分析条件,色谱柱:ODS-BP-C18;柱温:35 ℃;检测器:DAD;检测波长:254 nm/4 nm;流动相流速:0.7 mL/min;进样量:20 μL。流动相A:0.05 mol/L的K₂HPO₄-KH₂PO₄缓冲液(pH 6.5);流动相B:流动相A:甲醇溶液(8:2);梯度洗脱顺序:0~14 min,流动相A 100%;14~20 min,流动相B 0%~15%;20~30 min,流动相

B 15%~25%;31~34 min,流动相B 100%;35~40 min,流动相B 25%;40~45 min,流动相A 100%。

糖原的测定方法 取游离氨基酸提取方法下的闭壳肌匀浆,用液氮速冻,-80 ℃保存待测。测定时采用糖原试剂盒,每个样品制备3个平行样,取平均值。

状态指数的测定方法 活体扇贝的状态指数(condition index, CI)测定参照Maguire等^[18]的方法,按如下公式进行计算:

$$CI = \frac{\text{鲜贝整重}}{\text{壳高} \times \text{壳宽} \times \text{壳厚}} \times 10\ 000$$

剪切力的测定方法 取大小均一的扇贝闭壳肌5个,按照感官样品制备的方法进行熟制处理,待中心温度冷却至室温时,沿肌纤维垂直的方向测定扇贝闭壳肌剪切力。

剪切力测试条件:1 000 N力量感应元;V型刀具[刀具厚度(3.0±0.2)mm,刃口内角度60°,内三角切口的高度≥35 mm,砧床口宽(4.0±0.2)mm];剪切速度60 mm/s。

蒸煮损失率的测定方法 取活品虾夷扇贝30个,加冰于15 min内运至实验室。置于塑料筐中沥水10 min,给扇贝编号以便于识别。去壳取闭壳肌,用滤纸吸干闭壳肌表面水分并称重,得W₀。按照感官样品制备的方法熟制处理,用滤纸吸干闭壳肌表面水分并称重,得W₁,计算方法如下:

$$\text{蒸煮损失率}(\%) = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

1.5 统计分析

理化检测的结果以平均值±标准差(mean±SD)表示,当单因素方差分析(One-Way ANOVA)达显著差异(P<0.05)后,进行Student-Newman-Keuls(SNK)多重比较检验组间差异,统计软件为SPSS 17.0;感官分析结果采用主成分分析法(PCA),感官特性和理化指标的相关性分析采用偏最小二乘法(PLS2),统计软件为Unscrambler V 9.7(CAMO, Norway)。

2 结果与讨论

2.1 流通过程中感官特性的变化

湿运链中虾夷扇贝的感官评价主成分分析结果如图1所示,前2个主成分PC1和PC2的贡献

值和糖原的水平均高于相应的湿运样品,说明短期运输(≤ 2 d)时干运较湿运具有优越性;干运样品 D-7d 的 Hx、HxR、Xt 和 K 值水平快速上升,且体腔液体积明显下降,说明当延长运输期时(≥ 3 d)湿运具有优势。与呈味相关的指标分析

表明,随着流通天数的增加,主要愉悦性呈味物质(Gly、Glu)水平下降,同时非愉悦性呈味物质(Arg、Hx、和 Xt)逐渐积累。与湿运相比较,干运样品的 Gly 水平较高,此结果与扇贝状态指数表现出的规律相一致(表 4,表 5)。

表 4 活品虾夷扇贝流通过程的游离氨基酸含量变化
Tab.4 Changes of free amino acid levels in adductor along trail supply chain of live *P. yessoensis*

		mg/100 g							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		D-0	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5w	D-5d	D-6w
天冬氨酸 Asp	湿运 wet	56.48 ± 2.32 ^a	72.33 ± 2.92 ^{ab}	72.45 ± 2.37 ^{ab}	70.10 ± 0.81 ^{ab}	74.15 ± 0.71 ^b	61.90 ± 2.96 ^{ab}	57.85 ± 18.67 ^{ab}	59.53 ± 5.36 ^{ab}
	干运 dry	56.48 ± 2.32 ^a	72.33 ± 2.92 ^{bc}	72.45 ± 2.37 ^b	70.10 ± 0.81 ^b	74.15 ± 0.71 ^b	65.15 ± 6.43 ^b	69.08 ± 4.05 ^a	69.75 ± 3.25 ^b
谷氨酸 Glu	湿运 wet	67.13 ± 1.99 ^a	168.60 ± 13.69 ^c	114.73 ± 9.97 ^c	149.30 ± 5.53 ^{de}	142.18 ± 8.53 ^d	93.08 ± 8.34 ^b	80.35 ± 31.89 ^{ab}	127.55 ± 13.05 ^d
	干运 dry	67.13 ± 1.99 ^a	168.60 ± 13.69 ^c	114.73 ± 9.97 ^c	149.30 ± 5.53 ^d	142.18 ± 8.53 ^d	110.53 ± 6.67 ^c	118.58 ± 7.23 ^c	83.10 ± 4.63 ^b
丝氨酸 Ser	湿运 wet	63.08 ± 2.68 ^a	69.10 ± 6.78 ^a	67.25 ± 1.24 ^a	65.63 ± 3.90 ^a	66.55 ± 0.73 ^a	68.75 ± 0.87 ^a	68.70 ± 20.85 ^a	59.18 ± 5.71 ^a
	干运 dry	63.08 ± 2.68 ^{ab}	69.10 ± 6.78 ^b	67.25 ± 1.24 ^{ab}	65.63 ± 3.90 ^{ab}	66.55 ± 0.73 ^{ab}	66.60 ± 6.26 ^b	68.13 ± 1.75 ^a	61.78 ± 3.01 ^{ab}
精氨酸 Arg	湿运 wet	941.15 ± 36.10 ^a	1 007.85 ± 43.52 ^{bc}	1 045.70 ± 23.77 ^c	1 045.30 ± 21.74 ^c	1 033.38 ± 9.06 ^c	1 069.42 ± 10.73 ^c	956.35 ± 38.92 ^{ab}	999.18 ± 53.37 ^{bc}
	干运 dry	941.15 ± 36.10 ^a	1 007.85 ± 43.52 ^{bc}	1 045.70 ± 23.77 ^c	1 045.30 ± 21.74 ^c	1 033.38 ± 9.06 ^c	1 040.17 ± 29.97 ^c	1 107.23 ± 29.83 ^d	962.42 ± 40.93 ^{ab}
甘氨酸 Gly	湿运 wet	1 684.79 ± 70.94 ^{cd}	1 807.87 ± 73.10 ^e	1 622.15 ± 15.93 ^{bc}	1 824.38 ± 27.75 ^e	1 816.35 ± 14.84 ^e	1 750.21 ± 21.10 ^{de}	1 583.17 ± 53.90 ^b	1 485.64 ± 62.93 ^a
	干运 dry	1 684.79 ± 70.94 ^{ab}	1 807.87 ± 73.10 ^e	1 622.15 ± 15.93 ^a	1 824.38 ± 27.75 ^e	1 816.35 ± 14.84 ^e	1 847.88 ± 23.31 ^e	1 819.61 ± 30.01 ^f	1 756.14 ± 78.34 ^{bc}
苏氨酸 Thr	湿运 wet	9.70 ± 0.26 ^a	9.70 ± 0.41 ^a	10.15 ± 0.72 ^a	9.50 ± 0.14 ^a	8.53 ± 0.05 ^a	9.83 ± 0.10 ^a	8.00 ± 2.43 ^a	7.43 ± 4.68 ^a
	干运 dry	9.70 ± 0.26 ^a	9.70 ± 0.41 ^a	10.15 ± 0.72 ^a	9.50 ± 0.14 ^a	8.53 ± 0.05 ^a	9.25 ± 0.79 ^a	9.10 ± 0.71 ^a	9.45 ± 0.44 ^a
脯氨酸 Pro	湿运 wet	16.23 ± 0.68 ^{bc}	20.00 ± 0.81 ^d	17.90 ± 0.42 ^d	16.68 ± 0.71 ^{bc}	14.90 ± 0.22 ^{ab}	14.40 ± 0.50 ^{ab}	12.23 ± 3.89 ^a	14.35 ± 1.05 ^a
	干运 dry	16.23 ± 0.68 ^{bc}	20.00 ± 0.81 ^d	17.90 ± 0.42 ^d	16.68 ± 0.71 ^c	14.90 ± 0.22 ^a	12.40 ± 1.07 ^{bc}	16.18 ± 0.43 ^a	15.13 ± 0.68 ^{ab}
丙氨酸 Ala	湿运 wet	61.03 ± 3.11 ^c	59.25 ± 2.29 ^c	54.01 ± 0.38 ^{bc}	51.83 ± 0.85 ^b	59.60 ± 0.83 ^c	50.51 ± 0.59 ^b	42.26 ± 9.09 ^a	51.12 ± 3.76 ^b
	干运 dry	61.03 ± 3.11 ^c	59.25 ± 2.29 ^c	54.01 ± 0.38 ^b	51.83 ± 0.85 ^b	59.60 ± 0.83 ^c	53.83 ± 0.87 ^b	48.23 ± 1.54 ^a	64.43 ± 2.96 ^d
缬氨酸 Val	湿运 wet	8.18 ± 0.83 ^a	8.70 ± 0.22 ^a	12.00 ± 0.43 ^b	7.68 ± 0.88 ^a	6.90 ± 0.08 ^a	7.48 ± 0.21 ^a	9.48 ± 3.23 ^a	9.55 ± 0.51 ^a
	干运 dry	8.18 ± 0.83 ^{bc}	8.70 ± 0.22 ^{cd}	12.00 ± 0.43 ^c	7.68 ± 0.88 ^b	6.90 ± 0.08 ^a	6.73 ± 0.46 ^c	10.33 ± 0.26 ^{de}	9.43 ± 0.26 ^{de}
甲硫氨酸 Met	湿运 wet	11.73 ± 1.15 ^d	14.38 ± 0.71 ^e	11.45 ± 0.34 ^d	11.10 ± 0.57 ^d	10.43 ± 0.53 ^{cd}	8.30 ± 0.52 ^b	6.60 ± 1.55 ^{bc}	7.80 ± 0.79 ^a
	干运 dry	11.73 ± 1.15 ^e	14.38 ± 0.71 ^d	11.45 ± 0.34 ^d	11.10 ± 0.57 ^e	10.43 ± 0.53 ^{bc}	9.35 ± 0.83 ^b	9.78 ± 0.76 ^c	9.48 ± 0.43 ^b
半胱氨酸 Cys	湿运 wet	0.88 ± 0.05 ^a	0.88 ± 0.05 ^a	0.90 ± 0.00 ^a	0.88 ± 0.10 ^a	0.95 ± 0.10 ^a	0.98 ± 0.13 ^a	0.95 ± 0.10 ^a	0.88 ± 0.05 ^a
	干运 dry	0.88 ± 0.05 ^a	0.88 ± 0.05 ^a	0.90 ± 0.00 ^a	0.88 ± 0.10 ^a	0.95 ± 0.10 ^{ab}	0.95 ± 0.10 ^b	1.03 ± 0.05 ^a	1.00 ± 0.00 ^{ab}
异亮氨酸 Ile	湿运 wet	1.75 ± 0.06 ^a	2.38 ± 0.13 ^b	2.35 ± 0.10 ^b	1.70 ± 0.00 ^a	1.68 ± 0.10 ^a	1.75 ± 0.06 ^a	1.93 ± 0.57 ^a	1.70 ± 0.20 ^a
	干运 dry	1.75 ± 0.06 ^a	2.38 ± 0.13 ^c	2.35 ± 0.10 ^c	1.70 ± 0.00 ^a	1.68 ± 0.10 ^a	1.65 ± 0.10 ^b	2.00 ± 0.08 ^a	1.85 ± 0.06 ^{ab}
亮氨酸 Leu	湿运 wet	4.53 ± 1.50 ^{bc}	4.98 ± 0.96 ^c	4.75 ± 0.57 ^c	2.95 ± 0.42 ^{ab}	3.00 ± 0.14 ^{ab}	3.13 ± 0.32 ^{ab}	3.13 ± 1.02 ^a	2.90 ± 0.37 ^{ab}
	干运 dry	4.53 ± 1.50 ^b	4.98 ± 0.96 ^b	4.75 ± 0.57 ^b	2.95 ± 0.42 ^a	3.00 ± 0.14 ^a	2.53 ± 0.25 ^a	3.18 ± 0.33 ^a	2.58 ± 0.15 ^a
色氨酸 Try	湿运 wet	3.55 ± 0.42 ^{ab}	3.53 ± 0.17 ^{ab}	3.00 ± 0.08 ^a	3.13 ± 0.10 ^a	3.20 ± 0.08 ^a	3.33 ± 0.17 ^{ab}	4.05 ± 0.87 ^{ab}	5.25 ± 0.24 ^b
	干运 dry	3.55 ± 0.42 ^a	3.53 ± 0.17 ^a	3.00 ± 0.08 ^a	3.13 ± 0.10 ^a	3.20 ± 0.08 ^a	3.38 ± 0.05 ^b	4.83 ± 0.40 ^c	4.48 ± 0.39 ^b
苯丙氨酸 Phe	湿运 wet	15.55 ± 1.05 ^{ab}	13.60 ± 1.49 ^a	20.70 ± 1.11 ^b	14.00 ± 0.84 ^a	15.45 ± 1.52 ^{ab}	17.78 ± 2.75 ^{ab}	12.20 ± 5.06 ^b	8.45 ± 1.34 ^a
	干运 dry	15.55 ± 1.05 ^b	13.60 ± 1.49 ^b	20.70 ± 1.11 ^c	14.00 ± 0.84 ^b	15.45 ± 1.52 ^b	20.45 ± 3.38 ^b	14.78 ± 0.70 ^c	22.70 ± 5.08 ^c
组氨酸 His	湿运 wet	1.45 ± 0.21 ^b	1.58 ± 0.19 ^{bc}	2.15 ± 0.10 ^c	1.75 ± 0.24 ^{bc}	1.73 ± 0.24 ^{bc}	1.65 ± 0.17 ^{bc}	0.85 ± 0.70 ^{bc}	0.50 ± 0.00 ^a
	干运 dry	1.45 ± 0.21 ^b	1.58 ± 0.19 ^b	2.15 ± 0.10 ^c	1.75 ± 0.24 ^b	1.73 ± 0.24 ^b	1.75 ± 0.17 ^a	0.50 ± 0.00 ^a	0.50 ± 0.00 ^a
赖氨酸 Lys	湿运 wet	3.68 ± 0.10 ^{ab}	5.75 ± 0.40 ^d	4.60 ± 0.28 ^{bc}	4.50 ± 0.23 ^{abc}	4.48 ± 0.43 ^{abc}	5.05 ± 0.31 ^c	3.60 ± 0.96 ^{abc}	5.03 ± 0.55 ^a
	干运 dry	3.68 ± 0.10 ^a	5.75 ± 0.40 ^c	4.60 ± 0.28 ^b	4.50 ± 0.23 ^b	4.48 ± 0.43 ^b	4.23 ± 0.26 ^b	4.28 ± 0.46 ^b	4.38 ± 0.15 ^b
酪氨酸 Tyr	湿运 wet	0.45 ± 0.06 ^a	0.93 ± 0.36 ^b	0.93 ± 0.13 ^b	0.83 ± 0.29 ^b	1.08 ± 0.15 ^b	1.00 ± 0.12 ^b	1.13 ± 0.15 ^b	1.05 ± 0.13 ^b
	干运 dry	0.45 ± 0.06 ^a	0.93 ± 0.36 ^{ab}	0.93 ± 0.13 ^{ab}	0.83 ± 0.29 ^b	1.08 ± 0.15 ^{ab}	0.95 ± 0.24 ^{ab}	1.03 ± 0.33 ^{ab}	1.38 ± 0.15 ^c

注:同一行内的不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下同

Notes: different letters within a row indicate significant differences ($P < 0.05$), the same as below

表 5 活品虾夷扇贝模拟流通过程的 ATP 关联物含量变化
Tab. 5 Changes of ATP-related compounds levels in adductor along trail supply chain of live *P. yessoensis*

		0	1	2	3	4	5	6	7
		D-0	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5w	D-6d	D-7w
IMP	湿运 wet	0.148 ± 0.01 ^c	0.049 ± 0.01 ^a	0.067 ± 0.03 ^a	0.063 ± 0.02 ^a	0.052 ± 0.01 ^a	0.115 ± 0.03 ^b	0.053 ± 0.01 ^a	0.058 ± 0.01 ^a
	干运 dry	0.148 ± 0.01 ^c	0.049 ± 0.01 ^a	0.067 ± 0.03 ^a	0.063 ± 0.02 ^a	0.052 ± 0.01 ^a	0.042 ± 0.01 ^a	0.046 ± 0.01 ^a	0.092 ± 0.02 ^b
ATP	湿运 wet	7.925 ± 1.24 ^{ab}	9.479 ± 0.21 ^{bc}	10.881 ± 1.69 ^c	10.008 ± 0.78 ^c	10.689 ± 1.10 ^c	6.542 ± 0.58 ^a	6.811 ± 0.85 ^a	9.288 ± 0.55 ^{bc}
	干运 dry	7.925 ± 1.24 ^a	9.479 ± 0.21 ^{ab}	10.881 ± 1.69 ^b	10.008 ± 0.78 ^b	10.689 ± 1.10 ^b	10.308 ± 0.95 ^b	10.867 ± 0.48 ^b	7.884 ± 0.94 ^a
ADP	湿运 wet	3.603 ± 0.53 ^c	1.097 ± 0.11 ^a	1.287 ± 0.12 ^a	1.511 ± 0.11 ^a	1.352 ± 0.09 ^a	2.197 ± 0.24 ^b	1.165 ± 0.25 ^a	1.324 ± 0.18 ^a
	干运 dry	3.603 ± 0.53 ^c	1.097 ± 0.11 ^a	1.287 ± 0.12 ^a	1.511 ± 0.11 ^a	1.352 ± 0.09 ^a	1.288 ± 0.17 ^a	1.450 ± 0.13 ^a	2.275 ± 0.43 ^b
Hx	湿运 wet	0.078 ± 0.02 ^b	0.042 ± 0.01 ^a	0.042 ± 0.01 ^a	0.039 ± 0.01 ^a	0.044 ± 0.01 ^a	0.041 ± 0.01 ^a	0.019 ± 0.00 ^a	0.031 ± 0.01 ^a
	干运 dry	0.078 ± 0.02 ^b	0.042 ± 0.01 ^a	0.042 ± 0.01 ^a	0.039 ± 0.01 ^a	0.044 ± 0.01 ^a	0.047 ± 0.01 ^a	0.055 ± 0.01 ^a	0.109 ± 0.03 ^c
Xt	湿运 wet	0.057 ± 0.01 ^b	0.092 ± 0.01 ^c	0.036 ± 0.01 ^{ab}	0.059 ± 0.02 ^b	0.056 ± 0.01 ^b	0.037 ± 0.01 ^{ab}	0.025 ± 0.00 ^a	0.022 ± 0.00 ^a
	干运 dry	0.057 ± 0.01 ^a	0.092 ± 0.01 ^b	0.036 ± 0.01 ^a	0.059 ± 0.02 ^a	0.056 ± 0.01 ^a	0.033 ± 0.01 ^a	0.042 ± 0.01 ^a	0.051 ± 0.01 ^a
AMP	湿运 wet	1.138 ± 0.16 ^a	0.070 ± 0.01 ^c	0.107 ± 0.03 ^a	0.087 ± 0.03 ^a	0.076 ± 0.02 ^a	0.284 ± 0.08 ^b	0.144 ± 0.03 ^a	0.107 ± 0.06 ^a
	干运 dry	1.138 ± 0.16 ^c	0.070 ± 0.01 ^a	0.107 ± 0.03 ^a	0.087 ± 0.03 ^a	0.076 ± 0.02 ^a	0.104 ± 0.00 ^a	0.089 ± 0.04 ^a	0.297 ± 0.05 ^b
Ad	湿运 wet	0.010 ± 0.00 ^a	0.006 ± 0.00 ^a	0.010 ± 0.00 ^a	0.011 ± 0.00 ^a	0.008 ± 0.00 ^a	0.007 ± 0.00 ^a	0.007 ± 0.00 ^a	0.011 ± 0.00 ^a
	干运 dry	0.010 ± 0.00 ^a	0.006 ± 0.00 ^a	0.010 ± 0.00 ^a	0.011 ± 0.00 ^a	0.008 ± 0.00 ^a	0.009 ± 0.00 ^a	0.009 ± 0.00 ^a	0.009 ± 0.00 ^a
HxR	湿运 wet	0.377 ± 0.10 ^a	0.268 ± 0.04 ^a	0.283 ± 0.19 ^a	0.374 ± 0.02 ^a	0.366 ± 0.09 ^a	0.244 ± 0.06 ^a	0.240 ± 0.04 ^a	0.381 ± 0.12 ^a
	干运 dry	0.377 ± 0.10 ^a	0.268 ± 0.04 ^a	0.283 ± 0.19 ^a	0.374 ± 0.02 ^a	0.366 ± 0.09 ^a	0.327 ± 0.07 ^a	0.415 ± 0.07 ^a	0.328 ± 0.08 ^a
AdR	湿运 wet	0.008 ± 0.00 ^b	0.005 ± 0.00 ^{ab}	0.008 ± 0.00 ^b	0.003 ± 0.00 ^a	0.007 ± 0.00 ^{ab}	0.008 ± 0.00 ^b	0.008 ± 0.00 ^{ab}	0.005 ± 0.00 ^{ab}
	干运 dry	0.008 ± 0.00 ^b	0.005 ± 0.00 ^{ab}	0.008 ± 0.00 ^b	0.003 ± 0.00 ^a	0.007 ± 0.00 ^{ab}	0.006 ± 0.00 ^{ab}	0.007 ± 0.00 ^{ab}	0.006 ± 0.00 ^{ab}

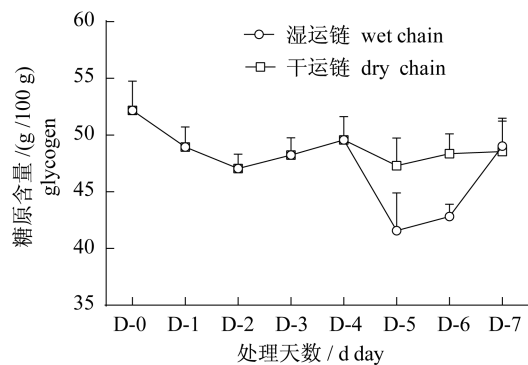


图 3 糖原含量的变化

Fig. 3 Changes of glycogen content in scallop adductor along the live supply chain

通过对两种欧洲蛤仔 (*Ruditapes decussatus* 和 *Venerupis pullastra*) 的研究, Albentosa 等^[19] 发现糖原是贝类饥饿处理数天后最先被消耗的生化储能物质, Patrick 等^[20] 也认为糖原的水平可反映贝类在胁迫条件下维持其基本生存和应对持续的胁迫因素的能力。此外, 糖原也被认为是扇贝的重要呈味物质, 能增强贝类风味的浓厚与持久性。

干运链的糖原含量变化不大, 而湿运链后期 (D-5w ~ D-6w) 样品的糖原含量明显低于相应的干运链样品, 同样也说明了对于短期运输 (≤ 2 d) 干运较好 (图 3)。而针对图中显示的样品 D-7w 的糖原含量升高现象, 推测是由于扇贝长时间饥饿, 在糖原消耗

的同时伴随有脂肪酸或氨基酸的糖原异生过程。

状态指数 (CI) 的变化 在活品流通过程中, 扇贝的风味品质与其生命状态具有某种内在关联, Mubiana 等^[21] 认为双壳贝类状态指数的降低与饥饿环境下生化储备物的利用有关^[11], 可综合反映波动环境条件下的贝类生理和营养状态。

净化过程 (D-1 ~ D-4) 对扇贝状态指数影响不大, 然而, 干运后期 (D-5d ~ D-7d) 扇贝状态指数快速下降, 此研究结果与 Anacleto 等^[11] 的发现相一致, 即运输过程的露空等胁迫因素使扇贝体腔液快速减少, 引起扇贝状态指数和生命活力的下降 (图 4)。

闭壳肌物性特征的变化 扇贝闭壳肌的某些物性特征与扇贝整体风味有密切关联, 本研究选取剪切力以及蒸煮损失率作为物性指标, 观察其在活品流通过程中的变化。

样品剪切力在净化阶段 (D-0、D-1 和 D-3) 较高, 运输阶段 (D-5 ~ D-7) 较低, 且在该阶段干运链高于湿运链 (图 5)。样品蒸煮损失率在湿运链波动幅度较小, 说明湿运过程对扇贝闭壳肌的蒸煮损失率影响不大; 然而, 在干运后期 (D-5d ~ D-7d) 扇贝闭壳肌蒸煮损失率的上升趋势较湿运后期更为明显 (图 6)。上述结果在一定程度上表明了干运扇贝的质地稍逊于湿运。

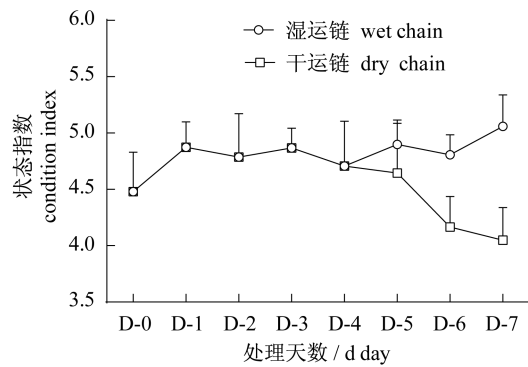
图 4 活品扇贝状态指数的变化 ($n = 30$)

Fig. 4 Condition index of scallops along the live supply chain

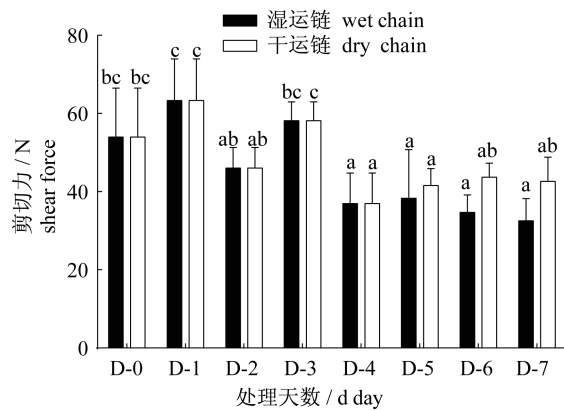
图 5 模拟流通过程中扇贝闭壳肌剪切力的变化 ($n = 5$)

Fig. 5 Change of shear force of scallop adductors along the live supply chain

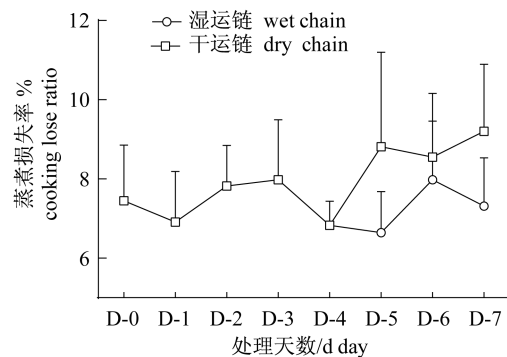
图 6 扇贝闭壳肌蒸煮损失率的变化 ($n = 30$)

Fig. 6 Cooking loss ratio of scallop adductors along the live supply chain

2.3 感官特征与理化指标的相关性分析

扇贝活品流通过程中的生理代谢指标随环境波动而变化,然而鉴于感官分析是评价水产品风味最直接、有效的手段,将感官特征与相关代谢产

物的变化相关联,有助于通过可定量测定的理化指标实现流通链的过程控制以最大限度保持扇贝的风味品质。采用 PLS2 方法,分别对湿运及干运活品流通中样品的感官特征与理化指标进行相关性分析,前两个主成分对湿运链和干运链样品的感官属性差异解释率仅分别为 42% 和 39%,但作为对感官属性和生化指标的探索性研究,该结果亦能说明二者之间的某种内在关联,极具进一步探索价值(图 7,图 8)。

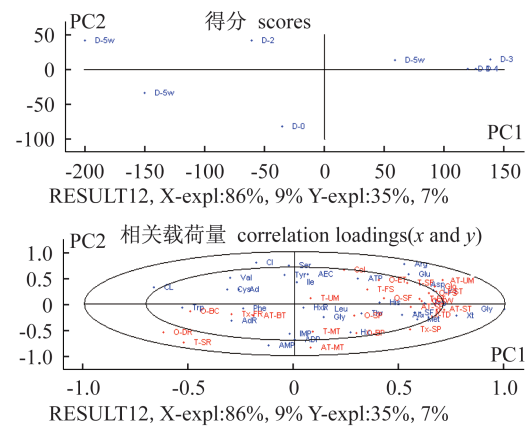


图 7 PLS2 分析的活品湿运链的样品得分和相关性载荷图

相关性载荷图中,蓝色表示自变量,即生理代谢指标 (FAA、ATP 关联物、糖原、状态指数、蒸煮损失率、剪切力),红色表示因变量,即 33 个感官特性。内、外椭圆分别代表 $r^2 = 0.5$ 和 1.0,下同

Fig. 7 PLS2 scores and correlation loadings plot for scallops along the wet-chain

In the correlation loading plot, blue words represent the independent variable, namely physiological metabolic parameters (FAA, ATP related compounds, glycogen, condition index, cooking lose ratio, shear force); red words indicate the dependent variable, namely 33 sensory attributes. Internal and external oval tables respectively represent $r^2 = 0.5$ and 1.0, the same as below

在湿运链的 PLS2 相关性分析中,生理代谢指标作为自变量 X,33 个感官属性作为因变量 Y,该模型中,可解释的 X 变量方差贡献率为 PC1 = 86%、PC2 = 9%,可解释的 Y 变量方差贡献率为 PC1 = 35%、PC2 = 7%,对 X、Y 变量的解释效果一般(图 7)。样品 D-0 ~ D-7w 之间的差异沿 PC1 明显区分开来。样品 D-1、D-3 和 D-4 的样品得分相近,与感官属性 AT-ST、T-ST、AT-UM、AT-SF、Tx-TD、Glo 具有较强的相关性(相关载荷量

大于 0.5),且与生理指标 Gly、Glu、Arg 相关性好,表示上述样品在甜、鲜和光泽、嫩度方面分值较高。样品 D-6w 和 D-7w 与感官特性 T-SR 和 O-DR 具有较强的相关性,且与生理指标 CL 相关性好,在一定程度上说明上述样品开始出现酸味等不良滋味且蒸煮损失较大。同样值得关注的是,样品 D-0 与感官特性 AT-MT 及生理指标 AMP 具有一定关联。

生理代谢指标 Gly、Glu、Arg、Ser、ATP、AMP、Cl、CL 和感官属性 T-ST、AT-UM、T-ST、Tx-SP、T-SR、AT-MT 和 O-DR 位于两个椭圆之间,表示具有 50% 到 100% 的方差贡献率,说明该模型对上述变量具有较好的解释能力。而且生理指标 Glu 和 Arg 与感官特征 T-SF 和 AT-UM 的相关性较好, Gly 与 AT-ST 的相关性较好,而 AMP 则与 AT-MT 具有相关性(图 7)。

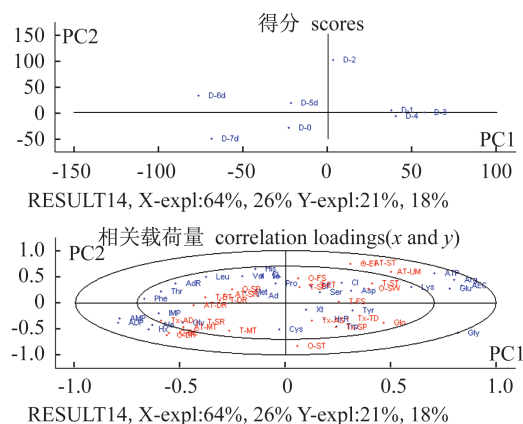


图 8 PLS2 分析的干运链扇贝样品得分和相关性载荷图

Fig. 8 PLS2 scores and correlation loadings plot for scallops along the dry-chain

干运链的 PLS2 分析模型中可解释的方差贡献率分别为,生理代谢指标 PC1 = 64%、PC2 = 26%,感官特性 PC1 = 21%、PC2 = 18% (图 8),说明感官特性和生理代谢指标之间具有一定相关性,该模型能在一定程度上反映流通过程中样品的综合风味差异。样品 D-0 ~ D-7d 之间的差异沿 PC1 较好地区分开来。D-1、D-3 和 D-4 的样品得分相近,与感官属性 AT-ST、AT-UM 和 O-ET 具有较强的相关性(相关载荷量大于 0.5),且与生理指标 Gly、Glu、Arg 和 ATP、AEC 相关性好。样品 D-6d 和 D-7d 与感官特性 O-BC 和 O-DR 相关,且与生理指标 AMP、ADP 和 Hx 相关性好,在一定程度上说明上述样品生理状态低于流通天数较短的样品;

而此时的扇贝样品未出现湿运链后期表现出的酸味,说明在一定程度上干运效果优于湿运。

生理指标 Gly、Glu、Arg、AEC、ATP、AMP 和感官属性 AT-ST、AT-UM、O-ET 和 O-DR 位于两个椭圆之间,表示具有 50% 到 100% 的方差贡献率,从而说明上述变量可用于区分干运链样品的风味差异。

3 结论

本研究结合产业实际情况,通过仿真(模拟)供应链设计,较系统地探索了活品底播虾夷扇贝在流通过程中的品质变化规律,并在以下几个方面获得有意义的收获:①采捕后早期的环境胁迫对活品虾夷扇贝的风味品质有影响,并且在活品流通过程中风味品质整体呈下降趋势;②活品流通链过程中的风味品质变化与生命代谢之间有一定的关联性,在此研究基础上,可以进一步探索评价活品虾夷扇贝品质的感官及理化指标;③本研究对于进一步探索活品贝类品质的关键影响因素,提供过程控制依据,最终改善我国活品贝类品质现状有重要的实际意义。

参考文献:

- [1] Yu D, Liu J R, Yang J D, et al. The supply chain traceability management system for yesso scallop *Patinopecten yessoensis* culture [J]. Fisheries Science, 2013, 32(2): 117 - 124. [于笛,刘俊荣,杨君德,等.海水养殖虾夷扇贝供应链可追溯管理体系的探讨.水产科学,2013,32(2):117 - 124.]
- [2] Gao F. Effects of environmental stress on ecophysiological characteristics of suspension-feeding bivalves [D]. Gradschool of Chinese academy of sciences (Marine research institute), 2005. [高菲.环境胁迫对滤食性贝类生理生态学特征的影响.中国科学院研究生院(海洋研究所),2005.]
- [3] Neil D M. Ensuring crustacean product quality in the post-harvest phase [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2012, 110(2): 267 - 275.
- [4] Chen J J, Liu Q M, Yang X M, et al. Applied research on keeping tegillarca granosa alive under low temperature [J]. Journal of Zhejiang Wanli University, 2007, 20(5): 72 - 75. [陈建军,刘青梅,杨性民,等.泥蚶低温保活技术的应用研究.浙江万里学院学报,2007,20(5):72 - 75.]
- [5] Bernárdez M, Pastoriza L. Quality of live packaged mussels during storage as a function of size and

- oxygen concentration [J]. Food Control, 2011, 22 (2): 257 - 265.
- [6] Niu Y W, Zhang X M, Xiao Z B, *et al.* Study on correlation between sensory evaluation and sensors analysis of electronic tongue of cherry wine [J]. Journal of Science and Technology of Food Industry, 2012, 33 (16): 105 - 107. [牛云蔚, 张晓鸣, 肖作兵, 等. 樱桃酒感官评价与电子舌感官分析的相关性研究. 食品工业科技, 2012, 33 (16): 105 - 107.]
- [7] Wang Y. Study on ready-to-feed infant milk sensory scoring [J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2009, 32 (5): 241 - 242. [王勇. 液态婴儿奶的感官评价研究. 乳业科学与技术, 2009, 32 (5): 241 - 242.]
- [8] Cao X H, Liu L P. Application of fuzzy mathematical comprehensive evaluation in sensory analysis of chicken [J]. Food Science, 2012, 33 (8): 241 - 243. [曹雪慧, 刘丽萍. 模糊综合评判在鸡肉感官评价中的应用. 食品科学, 2012, 33 (8): 241 - 243.]
- [9] Giménez A, Ares F, Ares G. Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches [J]. Food Research International, 2012, 49 (1): 311 - 325.
- [10] Stone H, Sidel J, Oliver S, *et al.* Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis [M] // Gacula M C. Descriptive sensory analysis in practice. Trumbull: Food & Nutrition Press, INC. , 1997: 5 - 13.
- [11] Anacleto P, Maulvault A L, Barrento S, *et al.* Physiological responses to depuration and transport of native and exotic clams at different temperatures [J]. Aquaculture, 2013, 408 - 409: 136 - 146.
- [12] GB/T 16291. 1 - 2012. Sensory analysis. General guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: Selected assessors [S]. Beijing: China Standard Press, 2012. [GB/T 16291. 1 - 2012. 感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则第 1 部分: 优选评价员. 北京: 中国标准出版社, 2012.]
- [13] Yang T T, Liu J R, Shen J, *et al.* Development of sensory descriptors for live bottom cultured scallop *Patinopecten yessoensis* [J]. Food Science, 2014, 35 (19): 16 - 22. [杨婷婷, 刘俊荣, 沈建, 等. 活品底播虾夷扇贝感官描述词的建立. 食品科学, 2014, 35 (19): 16 - 22.]
- [14] Tomic O, Forde C, Delahunty C, *et al.* Performance indices in descriptive sensory analysis-A complimentary screening tool for assessor and panel performance [J]. Food Quality and Preference, 2013, 28 (1): 122 - 133.
- [15] GB/T 12312 - 2012. Sensory analysis. Method of investigating sensitivity of taste [S]. Beijing: China Standard Press, 2012. [GB/T 12312 - 2012. 感官分析味觉敏感度的测定方法. 北京: 中国标准出版社, 2012.]
- [16] GB/T 16861 - 1997. Sensory analysis-identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach [S]. Beijing: China Standard Press, 1998. [GB/T 16861 - 1997. 感官分析通过多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词. 北京: 中国标准出版社, 1998.]
- [17] Hu Y Q, Zhang J Q, Ebitanl K, *et al.* Development of simplified method for extracting ATP-related compounds from fish meat [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2013, 79 (2): 219 - 225.
- [18] Maguire J A, Fleury P G, Burnell G M. Some methods for quantifying quality in the scallop *Pecten maximus* (L.) [J]. Shellfish Research, 1999, 18 (1): 59 - 66.
- [19] Albentosa M, Fernández-Reiriz MJ, Labarta U, *et al.* Response of two species of clams, *Ruditapes decussatus* and *Venerupis pullastra*, to starvation: physiological and biochemical parameters [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part B: Biochemistry & Molecular Biology, 2007, 146 (2): 241 - 249.
- [20] Patrick S, Faury N, Gouilletquer P. Seasonal changes in carbohydrate metabolism and its relationship with summer mortality of Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Marennes-Oléron bay (France) [J]. Aquaculture, 2006, 252 (2 - 4): 328 - 338.
- [21] Mubiana V K, Vercauteren K, Blust R. The influence of body size, condition index and tidal exposure on the variability in metal bioaccumulation in *Mytilus edulis* [J]. Environmental Pollution, 2006, 144 (1): 272 - 279.

Flavor attributes of scallop *Patinopecten yessoensis* along the live supply chain

YANG Tingting¹, LIU Junrong^{1*}, YU Weiwei¹, SHEN Jian², MA Yongsheng¹, TIAN Yuanyong¹

(1. College of Food Science and Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;

2. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China)

Abstract: To explore the mechanism of change in flavor quality of post-harvested commercial bivalve molluscs, a trial study for bottom-raised scallop (*Patinopecten yessoensis*) was carried out. Two 7-day-long trial supply chains for live products were designed with reference to the current operation in the scallop industry, which were immersed (wet-chain) and non-immersed (dry-chain), respectively. Sensory attributes, physical characteristics and physiological condition of scallop were tracked by daily testing of adducors separated from live scallop sampled. Flavor profiles were described by sensory evaluation with 5 aspects of sensory indexes (odor, taste, aftertaste, texture and appearance), FAA (free amino acids), ATP and its breakdown products, Glycogen, CI (condition index), Shear Force and Cooking Loss were selected as quality condition indicators of live scallop. Principal Component Analysis (PCA) was used to identify outliers between the sensory evaluations of each sample. To interpret the flavor attributes developed during supply chains, relationships between the sensory properties and lab measurements were determined by partial least squares regression analysis (PLS2). Results showed that, during early stage of both supply chains, severe stress induced by harvest and post-harvest led to a temporary decrease of the flavor quality, and much less palatable descriptors (bitter, sour) appeared; During middle stage of the both supply chain, scallop live in a relatively stable environment, the main flavor profile contributors were palatable descriptors (sweetness, umami and seafood); in the late stage, less palatable descriptors (bitter, sour) appeared again; totally, quality condition of live scallop tended to decline, indicated by the measurement of physicochemical indexes selected; comparing wet-chain with dry-chain, short-term transportation (≤ 2 days) in the dry-chain has superiority over wet chain on both sensory characteristics and physiological conditions, when extending transportation period (≥ 3 days) wet-chain showed some advantages; result of the correlation between sensory and physicochemical indexes showed that, sensory descriptors (sweet taste, umami aftertaste, dairy odor) and physicochemical indicators (Gly, Glu, Arg, ATP, AEC, CI) could distinguish the difference of scallops sampled along the supply chains with different flavor attributes, and could provide a reference for scientifically characterizing the flavor variation discipline of scallops along the live supply chain.

Key words: *Patinopecten yessoensis*; live supply chain; flavor quality; sensory evaluation; physicochemical indexes

Corresponding author: LIU Junrong, E-mail: ljunrong@dlou.edu.cn