

脆肉鲩质构与感官评价的相关性研究

林婉玲, 杨贤庆, 李来好, 胡晓, 刁石强, 郝淑娴, 魏涯, 邓建朝, 吴燕燕

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 国家水产品加工技术研发中心, 农业部水产品加工重点实验室, 广东广州 510300)

摘要: 为了对脆肉鲩的特殊脆性进行较全面的评价, 本文采用仪器的质构剖面法 (TPA) 和感官的质地剖面检验法对脆肉鲩和鲩鱼的质构特性进行分析。通过因子和主成分分析, TPA 指标得出 2 个主成分, 感官评定得出 3 个主成分。对 TPA 测定结果和感官评定进行相关性分析, 结果表明 TPA 测定结果与感官评定结果之间存在显著的相关性 ($r=0.449\sim 0.763$, $P\leq 0.01$)。以 TPA 分析指标作为自变量, 感官分析指标为因变量进行逐步回归分析, 得到脆肉鲩的感官硬度、感官咀嚼性和感官多脂性的预测模型及鲩鱼感官硬度和感官弹性的预测模型。

关键词: 脆肉鲩; 脆性; 质构; TPA; 感官分析

文章编号: 1673-9078(2013)1-1-7

Research of Relationship between Texture and Sensory Evaluation of Crisp Grass Carp

LIN Wan-ling, YANG Xian-qing, LI Lai-hao, HU Xiao, DIAO Shi-qiang

HAO Shu-xian, WEI Ya, DENG Jian-chao, WU Yan-yan

(South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, National Research and Development Center for Aquatic Product Processing Key Laboratory of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China)

Abstract: In order to evaluate the special mastication of crisp grass carp, the research analyzed the textural characteristics of crisp grass carp and grass carp using Texture profile analysis (TPA) and texture profile analysis. Two principal components of TPA and three principal components of sensory evaluation were extracted by principal component analysis. The correlation was significant between TPA analysis and sensory evaluation measure ($r=0.449\sim 0.763$, $P\leq 0.01$). The data of principal sensory attributes as dependent variable, stepwise regression analysis was used to generate prediction equations with the parameters of TPA analysis as independent variables. The results indicated that the prediction equations of hardness, chewiness, greasy of crisp grass carp and hardness, springiness of grass carp were significant.

Key words: crisp grass carp; mastication; texture; TPA; sensory analysis

鱼片质量主要由外表、口感、味道、硬度、多汁性和加工特性所决定, 受质构、化学成分、颜色和脂肪含量等内在因素的影响, 其中质构特性是影响水产品消费者接受性和鱼片加工过程的一个重要因素^[1]。脆肉鲩(*Ctenopharyngodon idellus* C.et V)是我国新兴的一种淡水养殖鱼, 是用普通饲料将鲩鱼养殖到一定

收稿日期: 2012-11-22

基金项目: 农业部水产品加工重点实验室开放基金项目 (nybjg201202); 国家科技支撑计划项目 (2012BAD28B00); 广东省科技计划重点项目 (2011A020102005); 国家现代农业产业技术体系 (CARS-49)

作者简介: 林婉玲 (1979-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 水产品加工与质量安全研究

通讯作者: 杨贤庆 (1963-), 男, 研究员, 研究方向: 水产品加工与质量安全研究

重量后再改用以蚕豆为主的饲料喂养的一种鲩鱼, 其质构特性是影响消费者接受性的重要因素, 因为脆肉鲩鱼肉加热后肉质紧密, 不易变烂, 爽脆且富有弹性, 很受消费者的喜欢。目前对脆肉鲩脆性定义的研究方法主要是采用质构剖面分析法 (Texture profile analysis, TPA), 分析脆肉鲩与鲩鱼质构特性的差异^[2-4], 该分析法包括硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性和回复性^[5], 主要是模拟人口腔的咀嚼运动, 对样品进行两次压缩, 根据样品压缩变形所需要的力、压缩后恢复的程度及压缩峰面积等计算质构各种指标的值。这种方法具有简单、方便、快捷的特点, 但容易受鱼不同部位、待测样品规格大小所影响。感官评价是一种通过人口腔运动所得到的一种综合结果, 是最直接和准确的方法^[6], 但存在评定程序复杂、耗时、花费大

及人为因素影响等缺点。由于脆肉鲩的特殊脆性主要体现在热处理后鱼肉在口腔咀嚼时的感觉，而咀嚼是一个复杂的过程，包括咬、切、刺、磨和混合等口腔综合运动^[7]，因此采用合适的评价方法对脆肉鲩鱼肉特殊的脆性进行定义非常重要。所以，本文主要采用质构仪和感官评价方法对脆肉鲩和鲩鱼的特殊脆性进行测定，研究分析两种方法之间的相关性，建立脆肉鲩脆性的定义方法及评价模型，为脆肉鲩的养殖及加工过程中质量的控制提供依据及指导。

1 样品与方法

1.1 样品及前处理

鲜活脆肉鲩和鲩鱼直接由中山市脆肉鲩某养殖基地提供，平均体重 4.0~4.5 kg。脆肉鲩和鲩鱼在捕获之后放在水中充氧运至实验室，冰晕之后去头去内脏，用流动水清洗干净。分别将背部和腹部肌肉上的皮和红色肌肉去除后切成 3 cm×3 cm×2 cm 的长方体，立即放入塑料袋中置于沸水中分别煮 10 min，分别用于质构测定及感官评价。

1.2 方法

1.2.1 质构测定方法 (TPA)

样品采用 TA-XT2i 型质构仪 (英国 SMS 公司) 进行 TPA 测定。测定时取鱼身背部和腹部的鱼片，切成 2.0×2.0×1.5 cm 规格。探头为 P35 的圆柱型探头，测试前速度 (Pre-Test Speed) 为 2 mm/s；测试后速度 (Post-Test Speed) 为 5 mm/s；测试速度 (Test Speed) 为 2 mm/s；测定间隔时间为 5 s；压缩比为 30%；启动形式 (Trigger Type) 为 auto-20 g；数据获得速率 (Data Acquisition Rate) 为 400.00 pps。每种样品共测定 20

次。其特征曲线如图 1 所示，特征参数定义如下^[5]：

硬度 (Hardness)：定义为给定变形率下样品对压缩的抵抗力，第一次压缩循环中出现的峰值所代表的力，代表使样品变性所需的力 (f₂)，单位为 g；**弹性 (Springiness)**：样品经过第一次压缩后所能够再恢复的程度，即用第二次压缩中所检测到的样品恢复高度和第一次的压缩变形量之值之比，无单位；**胶粘性 (Gumminess)**：描述测试样品的黏性特性，反映为破碎胶态食品到可咀嚼状态时所需的能量，数值上表示为硬度和内聚性的乘积，单位为 g；**咀嚼性 (Chewiness)**：用于描述测试样品被咀嚼时的性质，反映食品从可咀嚼状态到可吞咽状态所需要的能量，数值上用胶粘性和弹性的乘积表示，单位为 g；**回复性 (Resilience)**：表示样品在第一次压缩过程中回弹能力，可用第一次压缩回撤时的面积除以第一次压缩时的面积，无单位。

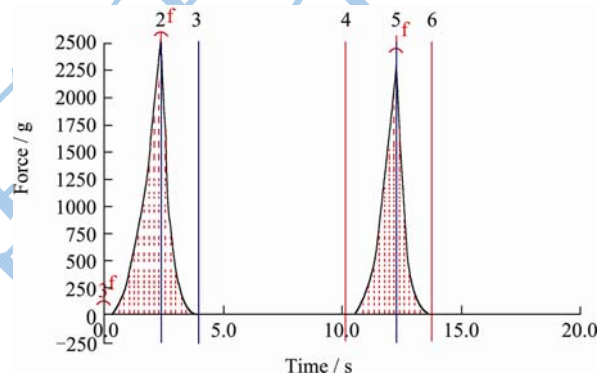


图 1 典型的质构曲线图

Fig.1 Typical curve of instrumental texture profile analysis (TPA)

1.2.2 感官评价方法

表 1 脆肉鲩和鲩鱼肉感官质构评定描述词汇、定义及参照物

Table 1 Vocabulary, definition and reference foods for sensory texture attributes of crisp grass carp and grass carp filets

指标	评价方法	分数范围
硬度	将样品放在白齿间 (口腔后方两侧的牙齿) 并均匀咀嚼, 评价压迫食品所需的力量 (用同样的力咀嚼)	0 < 鸡蛋白 ≤ 1; 鸡蛋白 = 2; 鸡蛋白 ~ 胡萝卜 = 3~6; 胡萝卜 = 7; > 胡萝卜 ≥ 8
粘聚性	将样品放在白齿间压迫它并评价在样品断裂前的变形量	三明治面包 = 3; 葡萄干 = 5
弹性	将样品放在白齿间并进行局部压迫, 取消压迫并评价样品恢复变形的速度和程度	0 < 法兰克福香肠 < 5; 法兰克福香肠 = 5; 果冻 = 15
咀嚼性	将样品放在口腔中每秒钟咀嚼一次, 所用力与用 0.5s 内咬穿一块口香糖所需力量相同, 评价当可将样品吞咽时所咀嚼次数	纪录吞咽前咀嚼的平均数
胶粘性	将样品放在口腔中并在舌头与上腭间摆弄, 评价分散食品所需要力量	很容易分散 = 1; 容易分散 = 3; 一般分散 = 5; 难分散 = 7; 很难分散 = 9
多脂性		没有 = 1; 一点 = 3; 明显 = 5; 比较明显 = 7; 很明显 = 9

脆肉鲩和鲩鱼的感官评价分析方法采用质地剖面

检验法^[8], 利用参照食品模拟特殊评分下脆肉鲩和鲩

鱼肉的状态,评价人员根据国标 GB/T 14195-1993^[9]及 GB/T 16860-1997^[8]进行培训,评价的具体指标、方法及食品参照物见表 1。为了避免评价小组成员因各自不同嗜好等因素造成对产品的偏见,对样品及样品顺序采取了三位数字代码(查阅随机数表)进行盲标。感官评价的样品在送呈评价员之前置于 45℃的条件下。每次评价由每个评价员单独进行,不互相交流,并且在每个样品评价之间用清水漱口,排除上一个样品对下个样品的影响。

1.3 数据统计分析方法

采用 SPSS 13.0 和 Excel 2003 进行数据处理,结果采用平均值±标准差形式表示,用 t 检验和 Pearson 相关检验对数据进行差异性分析,应用因子分析和主成分分析法对两种鲢鱼的质构指标和感官指标进行分析,并应用逐步回归法进行回归分析,建立分析预测模型。

2 结果与分析

2.1 仪器测定和感官评定结果

从脆肉鲢和鲢鱼片的 TPA 的测定结果来看(表 2),脆肉鲢与鲢鱼的各项质构参数有显著差异,脆肉鲢鱼背部肌肉(简称背肌)和腹部肌肉(简称腹肌)的硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性和回复性,均与鲢鱼的背肌和腹肌有非常显著的差异($p < 0.001$)。从表 2 可知,脆肉鲢鱼腹肌的硬度比背肌的低,但弹性、咀嚼性和回复性均比背肌的高,并且具有显著性差异($p < 0.05$)。而鲢鱼背肌和腹肌除了弹性和回复性具有显著性差异外,硬度、胶粘性和咀嚼性均无显著性差异。由此可见,采用质构剖面法能显著性地区分脆肉鲢和鲢鱼之间质构的差异,并且能对脆肉鲢背肌和腹肌的质构特性的差异进行区分,所以可用该法对脆肉鲢肌肉的特殊脆性进行仪器分析。

表 2 脆肉鲢和鲢鱼肉 TPA 测定结构 (n=20)

Table 2 TPA test results of crisp grass carp and grass carp filets (n=20)

样品	部位	硬度/g	弹性	胶粘性/g	咀嚼性/g	回复性
鲢鱼	背	327.15±115.96	0.56±0.08	136.57±55.77	79.09±40.12	0.22±0.03
	腹	255.31±82.11	0.77±0.05 ^{aa}	144.11±44.72	112.01±37.24	0.34±0.04 ^{aa}
脆肉鲢	背	1580.94±399.66 ^{aa}	0.78±0.07 ^{aa}	825.76±216.99 ^{aa}	648.09±207.49 ^{aa}	0.38±0.06 ^{aa}
	腹	1209.18±102.63 ^{bbc}	0.91±0.07 ^{bbc}	754.17±57.04 ^{bb}	684.66±64.85 ^{bb}	0.47±0.03 ^{bb c}

注: aa $p < 0.001$,与鲢鱼背比较; a $p < 0.05$,与鲢鱼背比较; bb $p < 0.001$,与鲢鱼腹比较; b $p < 0.05$,与鲢鱼腹比较; cc $p < 0.001$,与脆肉鲢背比较; c $p < 0.05$,与脆肉鲢背比较。

表 3 脆肉鲢和鲢鱼肉感官评定结果 (n=12~15)

Table 3 The results of sensory evaluation of crisp grass carp and grass carp filets (n=12~15)

样品	部位	硬度	粘聚性	弹性	咀嚼性	胶粘性	多脂性
鲢鱼	背	2.0±0.8	3.3±0.9	3.5±2.1	13.3±1.8	4.3±1.2	1.8±0.9
	腹	2.6±1.1	3.6±0.6	2.9±1.2	9.7±1.1 ^a	3.3±1.7	1.6±0.5
脆肉鲢	背	4.2±1.1 ^{aa}	4.9±1.0 ^a	4.8±1.9 ^a	17.1±1.9 ^{aa}	5.4±1.8	4.0±0.9 ^{aa}
	腹	5.0±1.1 ^{bc}	5.0±0.7 ^b	5.9±2.8 ^b	20.3±6.2 ^b	6.4±1.9 ^b	4.4±0.7 ^{bb}

注: aa $p < 0.001$,与鲢鱼背比较; a $p < 0.05$,与鲢鱼背比较; bb $p < 0.001$,与鲢鱼腹比较; b $p < 0.05$,与鲢鱼腹比较; cc $p < 0.001$,与脆肉鲢背比较; c $p < 0.05$,与脆肉鲢背比较。

由表 3 可知,脆肉鲢和鲢鱼肉的感官评定结果存在一定的差异,除了胶粘性外,脆肉鲢鱼背肌的硬度、粘聚性、弹性、咀嚼性和多脂性均与鲢鱼的存在显著性差异($p < 0.005$),而脆肉鲢腹肌的硬度、粘聚性、弹性、咀嚼性、胶粘性和多脂性均与鲢鱼腹肌的感官指标存在显著性差异($p < 0.005$)。对两种鱼不同部位之间的差异,由表 3 可知,脆肉鲢鱼腹肌的硬度、粘聚性、弹性、咀嚼性、胶粘性和多脂性均比背肌高,而鲢鱼除了硬度和粘聚性比背肌高外,其它指标均比背肌低,但两种鲢鱼不同部位之间的感官指标不存在显著性差异($p > 0.05$)。结合 TPA 的测定结果分析(表

2),脆肉鲢与鲢鱼的质构特征存在明显差异性。因此,结合两种测定结果进行进一步的因子分析和主成分分析及两种测定结果的相关性分析,有利于更加准确地对脆肉鲢的脆性进行评价。

2.2 TPA 测定和感官评定结果的因子及主成分分析

为了进一步分析 TPA 测定指标和感官指标对脆肉鲢脆性的贡献程度,对两种测定结果进行因子分析和主成分分析。从表 4 中可以看出,脆肉鲢背肌和腹肌的 TPA 主成分 1 和主成分 2 特征值分别占总方差的百分比为 46.570%、23.128%和 49.77%和 48.694%,累计分别达到了 69.69%和 97.971%,因此取前两个因

子分别作为脆肉鲩背肌和腹肌的主成分。鲩鱼背肌和腹肌 TPA 的主成分 1 和主成分 2 的特征值方差累计分别达到了 85.826%和 95.377%，能完全解释鲩鱼质构情况，因此取主成分 1 和 2 作为鲩鱼的主成分。

对于感官评定结果来说(表 5)，脆肉鲩的背肌和腹肌的主成分 1、主成分 2 和主成分 3 特征值累计分

别达到了 86.234%和 84.288%，因此取前三个因子分别作为脆肉鲩背肌和腹肌的主成分。鲩鱼背肌和腹肌感官分析的主成分 1、主成分 2 和主成分 3 的特征值方差累计分别达到了 95.071%和 100%，说明了这三个主成分已经能完全解释鲩鱼感官评定的情况，因此取主成分 1、2、3 作为鲩鱼感官评定的主成分。

表 4 脆肉鲩和鲩鱼不同部位肌肉 TPA 分析的各成分特征根与方差贡献率

Table 4 Total variance explained for TPA analysis of different part of crisp grass carp and grass carp

脆肉鲩	主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%	鲩鱼	主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
背部	1	2.329	46.570	46.570	背部	1	3.179	63.590	63.590
	2	1.156	23.128	69.698		2	1.112	22.236	85.826
	3	0.897	17.950	87.648		3	0.650	12.999	98.825
	4	0.601	12.024	99.672		4	0.056	1.116	99.941
	5	0.016	0.328	100.000		5	0.003	0.059	100.000
腹部	1	2.464	49.277	49.277	腹部	1	3.574	71.480	71.480
	2	2.435	48.694	97.971		2	1.195	23.897	95.377
	3	0.101	2.029	100.000		3	0.223	4.466	99.842
	4	-3.296E-17	-6.592E-16	100.000		4	0.007	0.147	99.989
	5	-2.079E-16	-4.159E-15	100.000		5	0.001	0.011	100.000
	1	2.464	49.277	49.277		1	3.574	71.480	71.480

表 5 脆肉鲩和鲩鱼不同部位肌肉感官评定的各成分特征根与方差贡献率

Table 5 Total variance explained for sensory evaluation for different part of crisp grass carp and grass carp

脆肉鲩	主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%	鲩鱼	主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
背部	1	2.475	41.254	41.254	背部	1	2.931	48.845	48.845
	2	1.485	24.745	66.000		2	2.040	33.997	82.842
	3	1.214	20.235	86.235		3	0.734	12.229	95.071
	4	0.481	8.014	94.250		4	0.172	2.860	97.931
	5	0.307	5.113	99.363		5	0.124	2.069	100.000
	6	0.038	0.639	100.000		6	-2.631E-17	-4.384E-16	100.000
腹部	1	2.367	39.458	39.458	腹部	1	2.381	39.681	39.681
	2	1.543	25.716	65.174		2	2.125	35.411	75.092
	3	1.147	19.114	84.288		3	1.494	24.908	100.000
	4	0.842	14.040	98.328		4	8.923E-16	1.487E-14	100.000
	5	0.069	1.158	99.486		5	3.232E-17	5.386E-16	100.000
	6	0.031	0.514	100.000		6	-5.701E-17	-9.501E-16	100.000

为了更好的反映两种鲩鱼的质构特征，利用特征值，采用正交旋转法分别将脆肉鲩和鲩鱼背肌和腹肌的 TPA 和感官评定结果的主成分因子进行旋转，得到各指标的特征向量系数(表 6 和表 7)。从表 6 可以看出，脆肉鲩背肌 TPA 各参数中的主成分 1 中载荷较高的有胶

粘性、硬度和弹性，主成分 2 是咀嚼性和硬度；脆肉鲩腹肌 TPA 各参数中的主成分 1 中载荷较高的是回复性，主成分 2 的是胶粘性、硬度和咀嚼性。由此可见，决定脆肉鲩背肌脆性的 TPA 指标是胶粘性、硬度、弹性、咀嚼性，决定腹肌的指标是胶粘性、硬度、咀嚼性和

回复性。对于鲢鱼来说,背肌中主成分1载荷较高的参数有咀嚼性、弹性和硬度,主成分2无决定性的指标;腹肌中主成分1载荷较高的参数是硬度和咀嚼性,主成分2中的是弹性。主成分分析结果说明对脆肉鲢背肌的

质构起决定作用的指标是胶粘性、硬度、弹性、回复性和咀嚼性,而腹肌是胶粘性、硬度、回复性和咀嚼性;对鲢鱼背肌和腹肌质构起决定作用的咀嚼性、弹性和硬度,两者没有差异。

表6 脆肉鲢和鲢鱼不同部位肌肉 TPA 分析的特征向量系数

Table 6 Eigenvector coefficients of TPA analysis on different part of crisp grass carp and grass carp

TPA 指标	脆肉鲢背		脆肉鲢腹		鲢鱼背		鲢鱼腹	
	主成分 1	主成分 2	主成分 1	主成分 2	主成分 1	主成分 2	主成分 1	主成分 2
胶粘性	0.62	0.20	0.25	0.85	-0.55	0.23	0.42	0
硬度	0.51	0.51	0.20	0.88	0.53	0.20	0.52	-0.16
弹性	0.52	-0.32	-0.55	0.13	0.56	0	0.36	0.60
回复性	0.41	-0.48	0.54	-0.17	0.18	-0.58	-0.25	0.37
咀嚼性	-0.09	0.60	-0.28	0.81	0.60	0.16	0.52	0.13

表7 脆肉鲢和鲢鱼不同部位肌肉感官评定的特征向量系数

Table 7 Eigenvector coefficients of sensory evaluation for different part of crisp grass carp and grass carp

感官评定 指标	脆肉鲢背主成分			脆肉鲢腹主成分			鲢鱼背主成分			鲢鱼腹主成分		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
硬度	0.47	0.23	0.27	0.11	0.95	-0.28	0.46	0.15	0.0	0.63	0.13	0.0
粘聚性	0.38	0.22	0.45	0.65	0.54	0.57	0.52	0.23	-0.14	0.47	0.47	0.08
弹性	0.48	0.00	0.50	0.78	0	0.42	0.44	0.15	0.63	0.27	0.59	-0.24
咀嚼性	0.31	0.60	-0.18	0.47	0.24	-0.19	0.19	0.66	0.70	0.36	0.46	0.41
胶粘性	0.00	0.73	0.22	0.56	0.45	0.14	0.24	0.61	0.0	0.09	0.46	0.63
多脂性	0.56	0.00	0.63	0.88	0.29	0.61	0.48	0.32	-0.30	0.41	0.00	-0.60

从表7中可知,脆肉鲢背肌感官评定结果中,主成分1载荷较高的是硬度、弹性和多脂性,主成分2的是胶粘性、咀嚼性,主成分3的是多脂性和弹性。而脆肉鲢腹肌的主成分1载荷较高的是多脂性、弹性和胶粘性,主成分2的是硬度和粘聚性,主成分3的是多脂性和粘聚性。对于肉质来说,硬度越大,抗拒牙齿压力的能力越大,发生断裂所需的变形量越大,粘聚性就越大,恢复形变的速度就越快,弹性也就越大,咀嚼所需的能量也越高。对于脆肉鲢来说,其特殊脆性体现在口腔中的一种综合表现,通过硬度、咀嚼性、胶粘性、弹性和回复性,另外,多脂性是脆肉鲢区别于鲢鱼的另一个感官指标。从表7中可见,在鲢鱼背肌和腹肌的主成分中,多脂性不是决定鲢鱼三个主成分的指标,背肌主成分1的是粘聚性、主成分2的是咀嚼性和胶粘性,主成分3的是弹性和咀嚼性,而腹肌主成分1的是硬度,主成分2的是弹性,主成分3的是胶粘性。由此可知,决定脆肉鲢背肌的主要感官特征是弹性、硬度、胶粘性、咀嚼性和多脂性,决定腹肌的是弹性、硬度、粘聚性和多脂性,而决定鲢鱼背肌和腹肌分别是弹性、胶粘性、粘聚性、咀嚼性和硬度、弹性和胶粘性。结合TPA的主成分分析结果,说明脆肉鲢和鲢鱼影响质构的因素存在明显的差异,为了进一步研究决

定脆肉鲢特殊脆性的指标,对两种鲢鱼的TPA结果和感官评价结果进行相关性分析。

2.3 TPA各指标和感官评定各指标之间的相关性分析

从主成分分析中可以看到,决定脆肉鲢和鲢鱼TPA和感官评定的指标明显不同,这与两种鱼不同的脆性有关。从表8和表9中可见,TPA指标和感官指标中硬度均与咀嚼性、弹性和胶粘性呈显著的正相关($p < 0.02$)。硬度主要是样品放在白齿间或舌头与上腭间并均匀咀嚼时压迫食品所需的力量,而咀嚼性是将样品咀嚼到吞咽时所咀嚼的能量,与硬度密切相关。在前期的研究中,脆肉鲢的硬度及咀嚼性均比鲢鱼的高^[4],证明了硬度与咀嚼性存在一定的相关性。因为在脆肉鲢和鲢鱼肌肉中,脆肉鲢的肌纤维密度较大,肌纤维间的填充物多^[3],鱼肉咀嚼时所需要的力量较大,而且咀嚼到吞咽时所需的能量也越大,进一步说明了咀嚼性与硬度密切相关。对于脆肉鲢来说,由于水分含量较低,鱼肉的机械强度就增强,硬度相应增大^[10,11]。另外,弹性也与咀嚼性呈极显著的正相关($p < 0.02$)。弹性是反映样品恢复变形和恢复程度,脆肉鲢由于肌纤维间隙填充物多,填充物的主要成分是胶原蛋白,且脆肉鲢胶原蛋白含量比鲢鱼的高^[12],而胶原蛋白的弹性强,样品的咀嚼性好,并且样品经过牙齿的挤压后恢复变性

及变形程度相对较强,而样品的弹性越好,表现出来的抗拒形变的力越大,咀嚼抵达吞咽阶段需要的能量更多^[13],咀嚼性越好。虽然TPA分析和感官评定各指标之间存在相同性,但是同时也存在一定的差异。在TPA指标中,回复性与咀嚼性、硬度、弹性之间存在极显著相关($p < 0.005$)。在质构特性中,咀嚼性和回复性是反映肌肉弹性的主要因素,主要是反映肌肉受力压缩变形恢复到原来形状的程度^[14],由于脆肉鲩肌肉中肌纤维之间的空隙小,并且弹性的填充物多^[3],因此肌肉受力压缩变性后恢复原来状态的程度就比较高,所以可将回复性作为脆肉鲩质构特性评价的另一重要指标。在前期的研究中,脆肉鲩的脂肪含量比鲩鱼的高^[11],感官分析中多脂性是脆肉鲩的一个重要的指标,而且多脂性与硬度、粘聚性、弹性、咀嚼性呈极显著正相关($p < 0.005$)。

表 8 TPA 分析指标之间的皮尔逊相关系数

Table 8 Pearson correlation coefficients among the results of

		TPA analysis				
	回复性	咀嚼性	胶粘性	硬度	弹性	
回复性	1					
咀嚼性	0.634**	1				
胶粘性	0.362*	0.647**	1			
硬度	0.534**	0.839**	0.790**	1		
弹性	0.783**	0.553**	0.136	0.452**	1	

注: **在 0.01 水平(双侧)上显著相关, *在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

表 9 感官评定指标之间的皮尔逊相关系数

Table 9 Pearson correlation coefficients among the results of sensory evaluation

	硬度	粘聚性	胶粘性	弹性	咀嚼性	多脂性
硬度	1					
粘聚性	0.327	1				
胶粘性	0.588**	0.269	1			
弹性	0.487**	0.418*	0.432*	1		
咀嚼性	0.449*	0.244	0.285	0.551**	1	
多脂性	0.457**	0.738**	0.353	0.635**	0.483**	1

注: **在 0.01 水平(双侧)上显著相关, *在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

2.4 TPA 测定结果与感官评定结果相关性分析

TPA分析和感官评定之间存在一定的相关性,从表10中可以看出,TPA测定模式中硬度和咀嚼性与感官评定指标之间存在显著或极显著的相关性,其中TPA中硬度与感官分析中的硬度、粘聚性、弹性、咀嚼性和多脂性存在极显著的相关性,咀嚼性与感官分析中的硬

度、粘聚性、弹性、咀嚼性和多脂性同样存在极显著的相关性($p < 0.01$)。在仪器分析指标中,硬度是与感官分析指标相关性较显著的指标^[15-17],而在本研究中,TPA模式中的硬度与感官指标有显著相关性,咀嚼性同样与感官评价指标存在显著的相关性。TPA指标中的胶粘性、粘聚性、弹性及多脂性同样存在极显著($p < 0.01$)的正相关性。在感官分析中,多脂性与TPA分析中的所有指标均存在显著的相关性,特别是硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性,存在极显著的相关性($p < 0.05$),结合感官评定指标之间相关性结果(表9),多脂性除了与胶粘性无相关性外,与其它感官指标均存在极显著的相关性;弹性也是感官分析中与TPA各指标相关性极显著的指标($P < 0.01$,见表10),而胶粘性、TPA指标的相关性较差,只与硬度和咀嚼性存在显著性差异($P < 0.05$),结果进一步说明多脂性和弹性在脆肉鲩和鲩鱼的质构分析中起着重要的作用,也进一步说明了脆肉鲩特殊脆性的评价必须联合TPA仪器分析和感官分析,才能对脆肉鲩的特殊脆性进行全面的评价。因此,综合TPA测定结果和感官评定指标的相关性分析,对脆肉鲩特殊脆性起决定作用的指标是硬度、弹性、咀嚼性、胶粘性和多脂性。

表 10 TPA 分析和感官评定指标之间的皮尔逊相关系数

Table 10 Pearson correlation coefficients among the results of TPA analysis and sensory evaluation

TPA分析	感官分析					
	硬度	粘聚性	胶粘性	弹性	咀嚼性	多脂性
硬度	0.449**	0.590**	0.450*	0.728**	0.481**	0.703**
弹性	0.255	0.266	0.266	0.478**	0.461*	0.436**
胶粘性	0.280	0.544**	0.277	0.472**	0.268	0.547**
咀嚼性	0.551**	0.521**	0.460*	0.763**	0.558**	0.675**
回复性	0.284	0.429*	0.343	0.646**	0.413*	0.412*

注: **在 0.01 水平(双侧)上显著相关, *在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

因此,为了进一步对脆肉鲩的特殊脆性进行评价及预测,以 TPA 分析指标作为自变量,感官分析指标为因变量进行逐步回归分析,变量入选和剔除的 F 值显著水平分别为 0.05 和 0.1。对感官分析指标的逐步回归方程,其回归预测模型见表 11。由表 11 可知,经显著性检验,脆肉鲩感官指标中的硬度、咀嚼性和多脂性的模型均具有显著性 ($P < 0.05$),而粘聚性、胶粘性、弹性的模型不显著 ($P > 0.05$),所以剔除。对于鲩鱼来说,其感官指标的模型只有硬度和弹性具有显著性 ($P < 0.05$),所以选硬度和弹性作为鲩鱼感官指标的自变量。脆肉鲩的脂肪含量比鲩鱼高^[11],预测模型的结果进一步说明了脆肉鲩的多脂性在模型中

起重要的作用,而鲢鱼的预测模型中多脂性不具有显著性。因此,由分析预测模型可见,两种鱼的肉质影响指标具有明显的差异,进一步说明了脆肉鲢中感官

硬度、咀嚼性和多脂性的变化会受到 TPA 中硬度和弹性的影响,而鲢鱼感官硬度和弹性会受到胶粘性、弹性和咀嚼性的影响。

表 11 感官指标对 TPA 仪器分析指标的逐步回归分析预测模型

Table 11 Predictive equations for TPA parameters as functions of sensory attributes by stepwise regressions

预测模型		复相关系数R	决定系数R ²	校正决定系数R ² _{adj}	Sig.	
脆肉鲢						
感官分析	硬度	Ha=-1.085+7.632c	0.576	0.332	0.284	0.02
	咀嚼性	Ch=11.681-3.719a	0.530	0.281	0.226	0.042
	多脂性	Gr=5.74-0.367c	0.522	0.272	0.220	0.038
鲢鱼						
感官分析	硬度	Ha=1.948+2.39b	0.705	0.497	0.451	0.007
	弹性	Sp=4.149+16.654c-37.815d	0.527 ^c 0.701 ^d	0.277 ^c 0.491 ^d	0.222 ^c 0.406 ^d	0.044

注: a.硬度 (TPA); b.胶粘性 (TPA); c.弹性 (TPA); d.咀嚼性 (TPA)。

3 结论

3.1 TPA 测定结果表明脆肉鲢与鲢鱼的各质构参数有显著差异,因此采用质构剖面法能显著性地区分脆肉鲢和鲢鱼之间,并能区分脆肉鲢背肌和腹肌的质构特性的差异性,所以可用该法对脆肉鲢肌肉的特殊脆性进行仪器分析,而感官分析中,脆肉鲢鱼肉的硬度、粘聚性、弹性、咀嚼性和多脂性均与鲢鱼的存在显著性差异。

3.2 脆肉鲢背肌和腹肌 TPA 中两个最重要的主成分(方差贡献率分别达到了 69.69%和 97.971%),完全解释了脆肉鲢背肌的胶粘性、硬度、弹性、咀嚼性和腹肌的胶粘性、硬度、咀嚼性和回复性;鲢鱼背肌和腹肌 TPA 中两个最主要的主成分(方差贡献率分别达到了 85.826%和 95.377%),很好地对鲢鱼背部和腹肌的咀嚼性、弹性和硬度进行解释。对于感官评定结果来说,分别提取出脆肉鲢背肌和腹肌的三个主成分,方差贡献率分别达到了 86.234%和 84.288%,可完全对脆肉鲢背肌的弹性、硬度、胶粘性、咀嚼性、多脂性和腹肌的弹性、硬度、粘聚性、多脂性进行解释;而鲢鱼背肌和腹肌提取的三个主成分方差贡献率分别达到了 95.071%和 100%,可完全对鲢鱼背肌和腹肌的是弹性、胶粘性、粘聚性、咀嚼性和硬度、弹性和胶粘性进行解释,可见脆肉鲢与鲢鱼之间决定质构特征的指标存在差异。综合 TPA 测定结果和感官评定指标的相关性分析,对脆肉鲢特殊脆性起决定作用的指标是硬度、弹性、咀嚼性、胶粘性和多脂性。通过逐步回归分析,脆肉鲢中感官硬度、咀嚼性和多脂性的变化受到 TPA 中硬度和弹性的影响,而鲢鱼感官硬度和弹性受胶粘性、弹性和咀嚼性的影响。

参考文献

- [1] Haard NF. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish [J]. Food Research International, 1992, (25): 289-307
- [2] 朱志伟,李汴生,阮征,等.脆肉鲢鱼肉与普通鲢鱼鱼肉理化特性比较研究[J].现代食品科技,2008,24(2):109-112,119
- [3] Lin WL, Zeng QX, Zhu ZW. Different changes in mastication between crisp grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C.et V) and grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) after heating: The relationship between texture and ultrastructure in muscle tissue [J]. Food Research International, 2009, 42(2): 271-278
- [4] 林婉玲,关熔,曾庆孝,等.影响脆肉鲢鱼背肌质构特性的因素[J].华南理工大学学报(自然科学版),2009,37(4):134-137
- [5] Bourne MC. Texture profile analysis [J]. Food Technology, 1978, 32: 62-66
- [6] Kerry J, Kerry J, Ledward D. Meat Processing: Improving Quality [M]. New York: CRC Press, 2002
- [7] Bourne M C. Food texture and viscosity: Concept and measurement (2nd ed.) [M]. San Diego: Academic press, 2002

- [8] GB/T 16860-1997,质地剖面分析法[S].北京:中国标准出版社,1997
- [9] GB/T 14195-1993,感官分析 选拔与培训感官分析 优选评价员导则[S].北京:中国标准出版社,1993
- [10] Dunajski E. Texture of fish muscle [J]. Journal of Texture Studies, 1979, 10(4): 301-318
- [11] Lin WL, Zeng Q X, Zhu Z W, Song G S. Relation between protein characteristics and TPA testure characteristics of crisp grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. ET V) and grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J]. Journal of Texture Studies 2012, 43: 1-11
- [12] 刘邦辉,王广军,郁二蒙,等.投喂蚕豆和普通配合饲料草鱼肌肉营养成分比较分析及营养评价[J].南方水产科学, 2011,7(6):58-65
- [13] 殷俊,梅灿辉,陈斌,等.肉丸品质的质构与感官分析[J].现代食品科技,2011,27(1):50-55
- [14] Veland J O, Torrissen O J. Texture of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle as measured instrumentally using TPA and Warner-Bratzler shear test [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79: 1737-1746
- [15] Szczesniak A S. Sensory texture profiling-historical and scientific perspectives [J]. Food Technology, 1998, 52(8): 54-57
- [16] Chuang Chao-Chi G, Yeh A I. Rheological characteristics and texture attributes of glutinous rice cakes [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 74: 314-323
- [17] Monaco R D, Cavella S, Masi P. Predicting sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements [J]. Journal of Texture Studies, 2008, 39: 129-149