

文章编号:1000-0615(2009)03-0519-08

不同加热条件下海螺足部质构的变化

刘敬智, 高昕, 许加超, 张亚琦, 陈燕

(中国海洋大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266003)

摘要:研究了鲜活和不同加热条件下(5、20、60 min)海螺足部的组织构造及其流变学特性的变化,并进行了质地剖面分析(TPA)和感官评定试验,为海螺深加工制品的开发及加工工艺的优化提供理论基础和科学依据。组织构造变化采用 Van Gieson 染色法观察,流变学特性参数和 TPA 通过质构仪测定,同时比较了 TPA 和感官评定间的相关性。结果表明:不同的加热处理对海螺足部的组织结构和流变学特征参数有明显影响。流变学特性与组织结构的变化之间具有一定的关联性。流变学特征参数表明鲜活海螺足部的肌肉具有硬度大、弹力和粘着性小的质地特点,而加热样品则是硬度小、弹力和粘着性大。海螺足部的热加工应以加热 20 min 为宜,时间太短或过长都无法给人以最佳的口感。TPA 和感官评定在硬度($R=0.969\ 2$)、弹性($R=0.927\ 2$)和咀嚼性($R=0.854\ 2$)方面呈显著相关性,在粘着性($R=0.794\ 5$)方面也有较好的相关性。

关键词:海螺;组织构造;流变学特性;质地剖面分析;感官评定

中图分类号:S 985.3⁺⁹

文献标识码:A

海螺属软体动物,种类繁多,分布较广,资源量丰富,其营养丰富、味道鲜美,肉质鲜嫩,细腻可口,是沿海居民喜食的优质贝类。常见的品种有红螺、香螺、马蹄螺、玉螺、荣螺等,其中以红螺为主要品种,山东半岛以脉红螺居多^[1]。脉红螺(*Rapana venosa*)属于软体动物门(Mollusca)、腹足纲(Gastropoda)、狭舌目(Stenoglossa)、骨螺科(Muricidae)、红螺属。其贝壳高可达 11 cm,宽 9 cm。壳极坚厚,壳顶尖细,螺旋部短小,体螺层膨大,螺面黄褐色,有棕黑色斑点。壳内面杏红色,有珍珠光泽。幼贝生活在低潮线附近岩石间,成贝多生活在低潮线以下数米深的海底,有时钻入泥沙内生活^[2]。脉红螺足部(可食用部分)肌肉发达,除鲜食外,适宜爆炒或氽汤。肉味鲜美,营养丰富,同时还可制罐头、冷冻或加工成干制品,深受国内外市场欢迎,具有很高的经济价值。

目前海螺的研究主要集中在生态^[3-4]、生物活性^[5-6]及药理活性^[7-10]等方面,对其质构的研究却不多见,上世纪 90 年代 Sugo 等^[11]对海螺不

同部位胶原蛋白的类型和肌肉的超微结构进行了研究,Yoshihiro 等^[12]对海螺不同部位的肌肉在加热过程中嫩度和超微结构的变化进行了研究,而应用物性学手段(组织构造、应力松弛、破断强度、质地剖面分析和感官评定)对其流变学特征参数及仪器测定与感官评定间相关性的研究却鲜有报道,这在很大程度上制约了水产品深加工制品质量和行业的发展。

鉴于此,本文以脉红螺的足部肌肉(主要食用部分)为研究对象,通过 Van Gieson 染色法对鲜活与不同加热条件下(5、20、60 min)的组织结构进行观察,并利用质构仪测定其流变特性值(弹性模量、粘性模量、应力松弛时间、破断强度和质地剖面分析),同时进行感官评定,并对质地剖面分析和感官评定之间的相关性进行探讨。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

脉红螺[体重(400±30.5)g]购于青岛南山

收稿日期:2008-04-20

修回日期:2008-12-25

作者简介:新世纪人才计划(NCET-07-0779);国家自然科学基金(30771674);山东省科技攻关计划项目(2007GG10005008158)

通讯作者:高昕, E-mail: xingao@ouc.edu.cn

水产品批发市场。碎壳取肉,去除螺旋、螺黄及螺头的硬质胶盖,用清水冲洗干净。取其足部肌肉(主要食用部分)作为样品备用。样品测定部位及断面如图1所示。



图1 海螺足部的切面示意图

a. 纵切面, b. 横切面

Fig. 1 Schematic diagram of turban shell foot

a. vertical section, b. cross section

1.2 试验方法

水分和粗蛋白测定 水分含量的测定其中,采用恒温干燥法;粗蛋白含量的测定采用凯氏定氮法^[13]。

胶原蛋白含量的测定 标准曲线制作:准确称取L-羟脯氨酸100 mg溶于0.01 mol/L盐酸中,定容至100 mL,吸取10 mL到100 mL容量瓶中,用蒸馏水定容到100 mL(临用前配置),浓度为100 μg/mL。吸取羟脯氨酸标准工作液5.0、10.0、15.0、20.0、25.0 mL,分别用蒸馏水定容至100 mL,其浓度分别为5.0、10.0、15.0、20.0、25.0 μg/mL。分别吸取上述各标准液1 mL,加入1 mL柠檬酸缓冲液和1 mL氯胺T溶液在室温(25 ℃)下氧化10 min,加入高氯酸1 mL放置10 min,加入对二甲基氨基苯甲醛1 mL,65 ℃水浴显色20 min,冷却后在560 nm处测吸光度。以蒸馏水为空白,其它操作同上。胶原蛋白含量的测定:称取2 g左右的样品放入安瓿瓶中,然后加入浓度为6 mol/L HCl溶液2 mL,封口,置于130 ℃下水解6 h。将水解液定容后,测定吸光值,得出结果^[14]。

中心温度的测定 在样品边缘剪开一个小口子,插入NetDAQ数据采集器测温探头,置于沸水中加热,测出不同时间下样品的温度,绘制成曲线。

差示扫描量热(DSC)测定 称取鲜活样品15 mg左右,铝坩埚直径5 mm,用差示扫描量热仪(DSC)(200PC; NETZSCH Gerätebau GmbH, Germany)测定海螺的热变性温度。扫描温度为

20~100 ℃,升温速率为2 ℃/min,氛围气体为高纯氮。

组织构造观察 将鲜活和不同加热样品切成5 cm×5 cm×5 cm的小块,包埋于OCT液中,-20 ℃冻藏20 min以上,用冷冻切片机(Model CM 1900; Leica Co. Ltd; U. S. A.)切成8 μm厚,贴于载玻片上,用Van Gieson染色法染色后^[15],用Olympus BX51光学显微镜放大200倍进行观察。

应力松弛实验 应力松弛曲线采用逐次逼近法进行分析,近似方程可以表示如下

$$P(t) = e_0 \left(\sum E_i e^{-t/\tau_i} \right) \quad (1)$$

其中, $P(t)$ 是应力松弛过程中的应力, e_0 是变量, t 是时间, E_i 是样品第*i*次解析的弹性模量($E_0 = E_1 + E_2 + \dots + E_n$,总弹性模量), τ_i 是样品第*i*次的应力松弛时间($\tau_i = \eta_i / E_i$, η_i 是第*i*次解析的粘性模量)。用 $\ln P(t)$ 对*t*作曲线,对这条曲线作切线,可以得出最大的应力松弛时间 τ_1 和弹性模量 E_1 , η_1 是通过 τ_1 和 E_1 计算出来的,依次类推。计算出 E_1 和 τ_1 之后,用 $\ln [P(t) - e_0 E_1 e^{-t/\tau_1}]$ 对*t*作第二条曲线,然后用同样的方法求出相应 E_2 、 τ_2 和 η_2 。本文中应力松弛曲线进行到二次解析为止。

应力松弛实验 运用单轴向压缩和拉伸型流变仪(型号TMS-PRO;美国Food Technology Corporation, U. S. A.)在室温下进行测量。本实验采用直径为4 mm的圆柱型探头,压缩速度为1 mm/s运动,样品变形量20%,每个样品测定的重复次数为6次。

破断实验 使用与应力松弛实验所用的仪器相同。使用直径为2 mm的圆柱型探头进行测量。每个样品测定的重复次数为6次。

TPA分析 使用和上述破断实验相同的质构仪,模拟口腔咀嚼肌肉的穿透测定方法,使用圆柱型探头(直径为2 mm),进行两次压缩(刺穿),探头下行速度为1 mm/s,探头返回速度为1 mm/s,形变量为70%,每个样品测定的重复次数为6次。如图2为典型的海螺TPA曲线。其中各种参数的测量方法为①硬度:第一次穿冲样品时的压力峰值;②弹性:长度2/长度1;③粘性:面积3/面积4;④咀嚼性:胶着性×弹性^[16]。

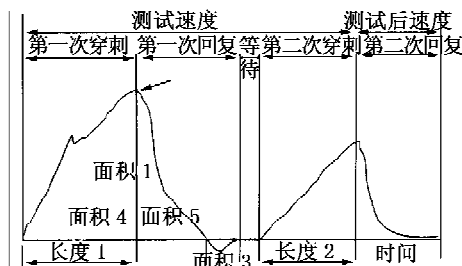


图2 质地剖面分析曲线
Fig.2 The curve of texture profile analysis

感官评定 感官评定试验由 10 名从事食品研究的人员组成评定小组采用双盲法^[17]进行评定。评定分数采用 -3 ~ 3 分制,分别对应很差、差、较差、一般、较好、好、很好。

2 结果与讨论

2.1 样品在加热过程中质量、体积和主要成分的变化

鲜活和不同加热条件下样品的各种变化见表

表1 样品在加热过程中质量、体积和主要成分含量的变化
Tab.1 Changes of the weight, volume and proximate components content of sample during boiling %

样品 sample	鲜活 raw	5 min	20 min	60 min
质量 weight	100	84.77 ± 1.39	67.04 ± 1.03	61.94 ± 0.88
体积 volume	100	80.27 ± 1.02	69.74 ± 1.14	67.01 ± 0.85
水分含量 water	74.56 ± 1.21	78.09 ± 1.00	76.98 ± 1.12	76.52 ± 1.07
粗蛋白 crude protein	17.95 ± 0.60	14.00 ± 0.58	14.96 ± 0.61	15.50 ± 0.78
胶原蛋白 collagen	8.30 ± 0.25	2.93 ± 0.16	2.82 ± 0.20	3.06 ± 0.12

表2 样品在加热过程中主要成分的变化
Tab.2 Changes of proximate components of sample during boiling g

样品 sample	鲜活 raw	5 min	20 min	60 min
水分 water	74.56	66.20	51.61	47.40
固形物 solid content	25.44	18.57	15.43	14.54
粗蛋白 crude protein	17.95	11.87	10.03	9.60
胶原蛋白 collagen	8.30	2.48	1.89	1.90

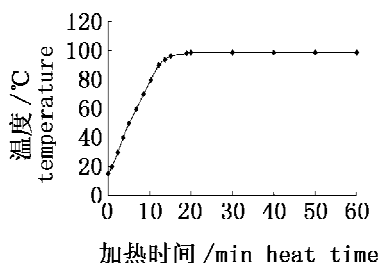


图3 样品中心温度变化
Fig.3 Temperature changes in the center of sample

1。与鲜活样品相比,加热样品的质量、体积、粗蛋白和胶原蛋白的含量分别下降了 15.23%、19.73%、3.95%、5.37%,而水分含量上升了 3.53%。随着加热的进行,加热样品的质量、体积和水分含量均呈明显下降趋势,而加热 20 min 后这些下降幅度急剧减小。对各项测定指标的具体变化量进行计算,如表 2 所示:加热后样品中水分、固形物、粗蛋白和胶原蛋白呈急剧减少趋势,这一趋势在加热 20 min 后逐渐趋平。结合样品中心温度变化曲线(图 3)和 DSC 吸热曲线(图 4)可以发现,样品中蛋白质的热变性温度在 55.18 °C,加热 5 min 后样品的中心温度接近蛋白质的变性温度,导致大部分蛋白质发生变性,其中约 70% 的胶原蛋白热变性形成可溶性的明胶随水分一起流失。加热 20 min 后,样品中心温度已达 100 °C,各种物质的变化基本结束,内外水交换逐渐平衡,水分、粗蛋白和胶原蛋白的具体含量趋向稳定。

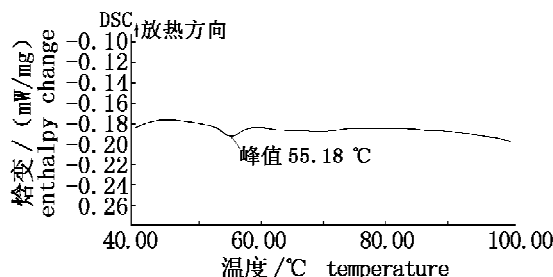


图4 鲜活样品 DSC 吸热曲线
Fig.4 DSC patterns of raw sample

2.2 海螺组织结构的变化

本采用 Van Gieson 染色法进行染色,胶原纤维被染成红色,肌肉纤维被染成黄色。与鲜活样品相比,加热样品的组织构造发生了明显的变化:肌原纤维间的空隙增大,相互间的粘结增多,胶原纤维消失(图5)。随着加热的进行,肌原纤维逐渐凝聚成较粗的纤维,纤维间的空隙进一步增大,粘结更加紧密,继续加热至 60 min 发现粗纤维进一步凝聚,相互间的粘结反而有所减弱,空隙则稍有增大,同时空隙间出现了一些细小的颗粒。

研究表明,加热后样品中的蛋白质变性收缩,水分开始流失,使得肌原纤维间的空隙增大,相互间的粘结增多,而胶原纤维消失的主要原因是胶原蛋白变性形成可溶性明胶随水分一起流失。继续加热使得蛋白质的热变性进一步完全,肌原纤维开始凝聚成粗纤维,导致纤维间

的空隙进一步增大,其中部分片段在凝聚过程中从粗纤维上脱落,形成细小的颗粒。观察加热样品横纵切面的组织构造可以发现水分的流失以纵向为主,粘结点处的可溶性固形物可能因加热时间过长随着水分一起流失,从而使得粗纤维间的粘结减弱。

2.3 海螺流变学性质

鲜活样品的弹性模量(E_0 、 E_1 、 E_2)和破断强度明显高于加热样品,而应力松弛时间(τ_1)和粘性模量(η_1)则低于加热样品。随着加热的进行,样品的流变学特性参数呈现明显的变化趋势:弹性模量和破断强度下降,应力松弛时间和粘性模量上升(表3)。加热 20 min 后,弹性模量和破断强度的下降趋势迅速减弱;应力松弛时间和粘性模量在 20 min 处达最大值,其后稍有下降。

表3 鲜活和不同加热条件下样品的流变学参数变化

Tab.3 The rheological properties of raw and differently boiled sample

	$E_0(\times 10^6)$	$E_1(\times 10^6)$	$E_2(\times 10^6)$	$\tau_1(S)$	$\tau_2(S)$	$\eta_1(\times 10^6)$	$\eta_2(\times 10^6)$	破断力(gf) breaking force
足部横切面 cross section								
鲜活 raw	30.86 ± 2.36	26.15 ± 2.01	4.71 ± 0.35	8.16 ± 0.45	1.85 ± 0.12	212.9 ± 14.59	8.67 ± 0.38	1240 ± 28.51
5 min	25.27 ± 1.31	22.08 ± 1.08	3.19 ± 0.23	16.19 ± 1.08	1.87 ± 0.08	356.8 ± 10.22	5.92 ± 0.16	860.6 ± 12.22
20 min	14.59 ± 1.67	13.01 ± 1.56	1.58 ± 0.11	31.61 ± 1.98	1.90 ± 0.07	414.5 ± 13.25	3.05 ± 0.09	319.8 ± 15.64
1 h	13.31 ± 1.12	11.89 ± 1.03	1.42 ± 0.09	30.96 ± 2.12	1.90 ± 0.05	370.4 ± 15.40	2.68 ± 0.06	254.8 ± 18.62
足部纵切面 vertical section								
鲜活 raw	36.51 ± 2.20	32.05 ± 1.99	4.46 ± 0.21	6.89 ± 1.89	1.50 ± 0.14	221.7 ± 22.91	6.72 ± 0.35	1876 ± 49.93
5 min	24.33 ± 3.31	21.00 ± 2.85	3.33 ± 0.46	18.09 ± 1.04	1.83 ± 0.12	377.9 ± 28.71	6.11 ± 0.40	718.5 ± 28.71
20 min	15.84 ± 1.15	14.24 ± 1.02	1.60 ± 0.13	29.45 ± 1.85	1.90 ± 0.31	420.8 ± 10.86	3.04 ± 0.26	437.5 ± 19.85
1 h	14.94 ± 1.09	13.43 ± 0.98	1.51 ± 0.11	25.62 ± 2.78	1.97 ± 0.22	345.2 ± 10.99	2.93 ± 0.15	289.8 ± 16.54

应力松弛时间和肌原纤维蛋白分子间的粘结力密切相关,粘结力越大,互相滑动所需的时间就越长,应力松弛时间也就越长^[18]。粘性模量的变化趋势和应力松弛时间的变化应相一致^[13]。结合组织切片和流变学特征参数可以看出,样品中肌原纤维间粘结的强弱与应力松弛时间、粘性模量的变化趋势相一致。另外也可发现,样品中肌原纤维间的空隙的大小与弹性模量、破断强度的变化趋势基本相同。

一般来说,破断强度与硬度存在对应关系,弹性模量与肌肉中的弹性成分有关,弹性模量大,弹力小;弹性模量小,弹力大;粘性模量和应力松弛时间与肌肉中的粘性成分、粘结性具有正比关系,和粘着性相对应^[19]。由此可知:鲜活样品具有硬

度大、弹力和粘着性小的特点;而加热样品则硬度小、弹力和粘着性大;随着加热的进行,样品呈现硬度下降、弹力和粘着性上升的变化趋势,20 min 后硬度和弹力的变化趋势明显减弱,粘着性则略有下降。

2.4 质地剖面分析

由图6可知,鲜活样品的硬度明显高于加热样品,而弹性、粘着性和咀嚼性则低于加热样品。随着加热的进行,样品的弹性、粘着性和咀嚼性明显增大,硬度则急剧下降。至 20 min 时,弹性、粘着性和咀嚼性达到最大值,继续加热则弹性和粘着性稍有下降,而咀嚼性则下降明显。硬度在加热前 20 min 迅速下降,之后下降趋势急剧减弱。在加热过程中,硬度、弹性、粘着性和咀嚼性在横

纵切面的变化趋势基本相一致。

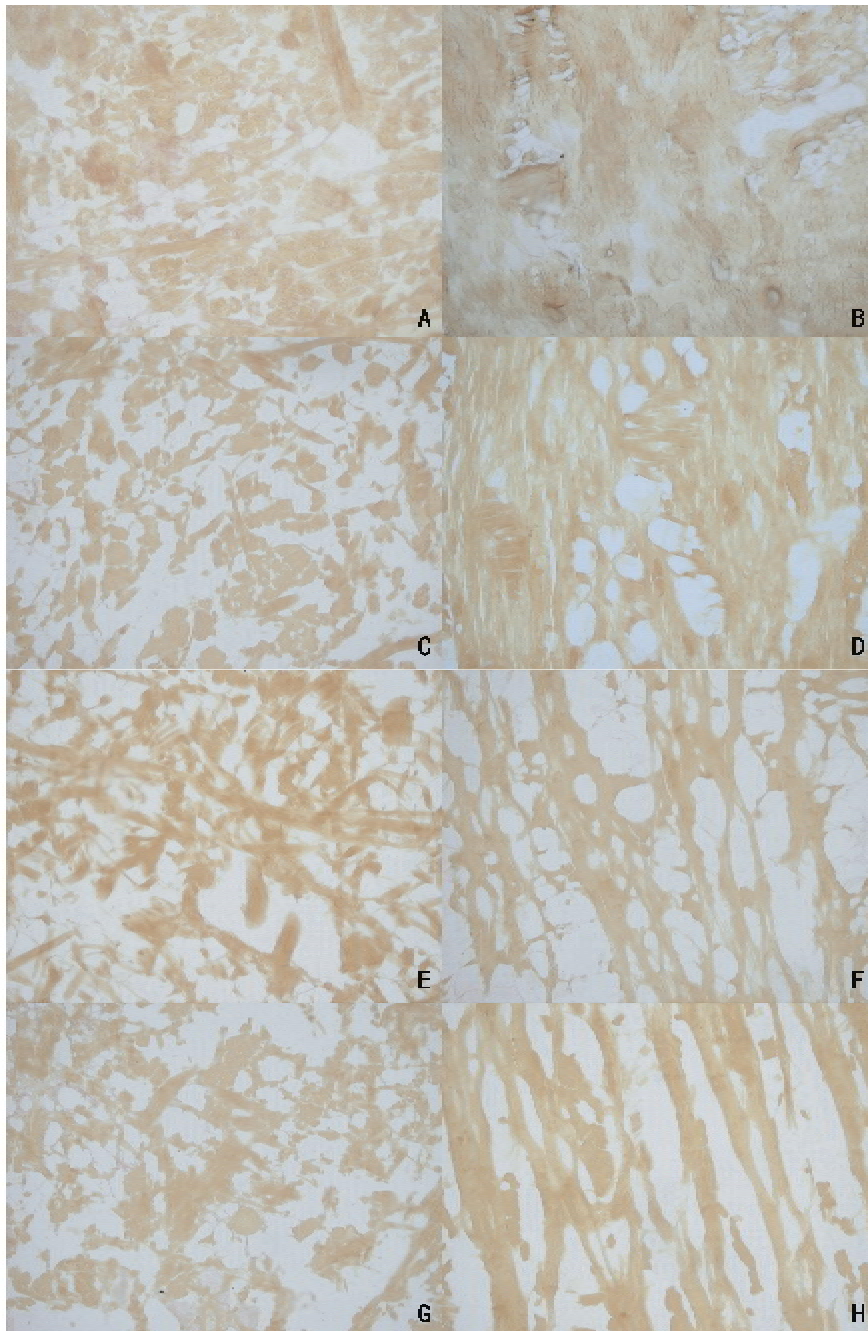


图5 鲜活和不同加热条件下样品的光学显微镜照片

A, C, E, G 为横切面; B, D, F, H 为纵切面; A, B 鲜活; C, D 加热 5 min; E, F 加热 20 min; G, H 加热 60 min

Fig.5 Light microscopy of raw and differently boiled sample

A, C, E, G; cross section; B, D, F, H; vertical section; A, B; raw; C, D; heat 5 min; E, F; heat 20 min; G, H heat 60 min

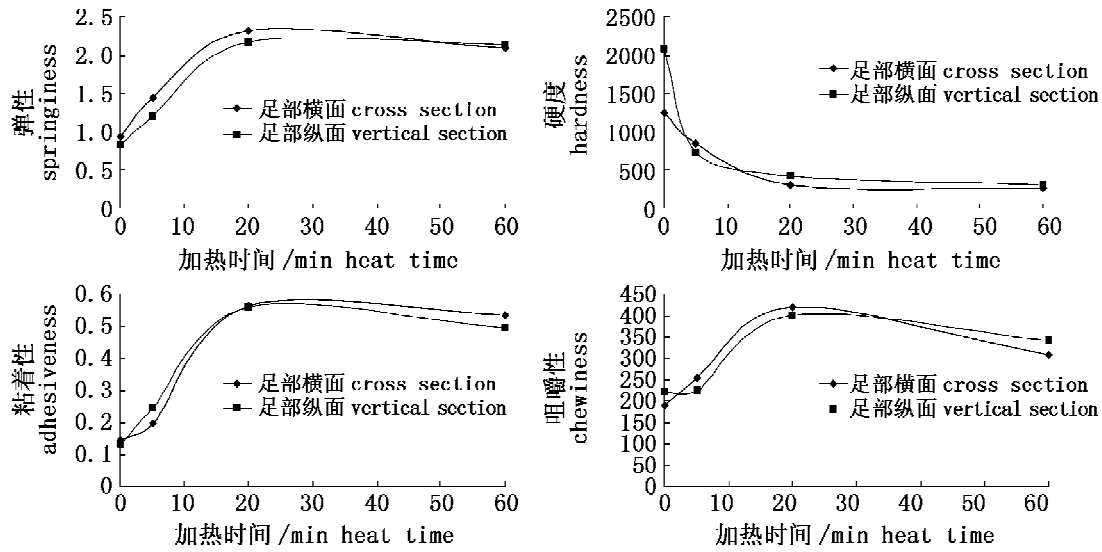


图6 加热过程中样品弹性、硬度、粘着性和咀嚼性的变化

Fig.6 Changes of springiness, hardness, adhesiveness and chewiness of sample during boiling

2.5 感官评定

表4给出了鲜活和不同加热条件下样品感官评定的结果。鲜活样品的硬度明显高于加热样品的硬度,而弹性、粘着性和咀嚼性则低于加热样品,这与TPA测得的结果相一致。在加热的过程中,样品的硬度逐渐下降,弹性逐渐上升,20 min

后这些变化逐渐趋平;粘着性则没有随加热时间的延长呈现明显变化,这和TPA测得的结果有差异;咀嚼性随加热的进行逐渐增大,在加热20 min时达到最大值,继续加热则咀嚼性呈现下降趋势,这与TPA测得的结果基本相同。

表4 鲜活和不同加热条件下样品的感官评定

Tab.4 Sensory evaluation of raw and differently boiled sample

样品 sample	硬度 hardness	弹性 springiness	粘着性 adhesiveness	咀嚼性 chewiness
鲜活 raw	2.85 ± 0.66	-1.23 ± 0.68	-1.56 ± 0.85	-1.85 ± 0.88
5 min	1.29 ± 0.51	1.34 ± 0.57	0.05 ± 0.72	1.40 ± 0.32
20 min	0.41 ± 0.56	2.25 ± 0.17	0.35 ± 0.64	2.53 ± 0.43
60 min	0.65 ± 0.67	2.45 ± 0.45	0.75 ± 0.45	2.01 ± 0.37

2.6 TPA与感官评定的相关性

由表5可知,TPA与感官评定间相关性的顺序为:硬度 > 弹性 > 咀嚼性 > 粘着性。获得仪器测量和感官测量的高相关性,一直是众多学科领域科学家们的目标。不少学者认为有价值的仪器测量值应能高水平的预测感官测试的结果^[17]。近年来,科学工作者在这方面进行了大量的研究,结果显示:当仪器测量和感官评定之间的相关系数在±0.9到±1.0之间时,仪器测量的结果用来预测感官测量是可信的;在±0.8到±0.9之间时,仪器测量的结果用来预测感官测量是稍微可信的,在±0.7到±0.8之间时,则可作为边际预测^[17-18]。根据上述标准,我们可以认为,样品的

硬度和弹性用TPA测得的结果来预测感官评定是可信的,咀嚼性用TPA测得的结果来预测感官评定是稍微可信的,粘着性只能用TPA测得的结果来作边际预测。

表5 TPA与感官评定间的相关系数

Tab.5 Correlation coefficient between TPA and sensory evaluation

硬度 hardness	弹性 springiness	粘着性 adhesiveness	咀嚼性 chewiness
0.969 2	0.927 2	0.794 5	0.854 2

注:以上为加热过程中两者的相关系数R值,皆由散点值计算所得

Notes: The value which calculated by scatter point value was correlation coefficient between TPA and sensory evaluation

3 总结

综合上述结果可知,鲜活样品具有硬度大、弹力和粘着性小的特点;加热样品则是硬度小、弹力和粘着性大。对鲜活样品进行加热处理时,加热时间应在 20 min 为宜,若加热时间过短,因其中心温度未达到 100 ℃,加热程度尚嫌不足;而加热时间太长则其质地过于松软,弹性下降,咀嚼性相对较差,无法给人以最佳的口感。

参考文献:

- [1] 崔明彦. 海螺资源开发技术[J]. 海洋科学,1997, 6:12-13.
- [2] 齐钟彦. 中国经济软体动物[M]. 北京:农业出版社, 2003:93-94.
- [3] Nakajima T. Dating of shellmound at Chiba-city in Japan[J]. Applied Radiation and Isotopes, 1993, 44: 157-159.
- [4] Williams S T. Molecular phylogeny suggests polyphyly of both the turban shells (family Turbinidae) and the superfamily Trochoidea [J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2006, 39:33-51.
- [5] Nishitani H. Finding of a homarine-synthesizing enzyme in turban shell and some properties of the enzyme [J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1995, 322:327-332.
- [6] Xiao T F. Purification and characterization of a Na⁺/K⁺ dependent alginate lyase from turban shell gut *Vibrio* sp. YKW-34[J]. Enzyme and Microbial Technology,2007, 41:828-834.
- [7] Laboratory of Food Science. Pharmacologically active amines in a turban-shell [J]. Toxicon, 1975,13: 133-134.
- [8] Ogata T. Turboverdin, a new bile pigment from a turban shell, *Turbo cornutus* [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology,1979,63:239-243.
- [9] Katsutoshi I. PSP-toxicification of the carnivorous gastropod *Rapana venosa* inhabiting the estuary of Nikoh River [J]. Marine Pollution Bulletin,2004, 48:1116-1121.
- [10] Pavlina D A. Carbohydrate moieties of molluscan *Rapana venosa* hemocyanin[J]. Micron,2004,35: 101-104.
- [11] Shugo W. Characterization of the types of turban shell *Batillus cornutus* muscle-ultrastructure and protein composition [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1986,52:737-744
- [12] Yoshihiro O. Heat-induced tendering of turban shell (*Batillus cornutus*) muscle [J]. Journal of Food Science, 1985, 50:981-984.
- [13] 林维宣. 食品分析[M]. 北京:轻工业出版社, 1989:46-52.
- [14] Woessner J F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of amino acid [J]. Arch Biochem Biophys, 1961, 93: 440-447.
- [15] Kageyama K. Manual of histologic techniques[M]. Tokyo: Igaku syoin Ltd., 1988: 92-95.
- [16] 楚炎沛. 物性测试仪在食品品质评价中的应用研究[J]. 粮油与饲料工业,2003,7:40-43
- [17] 黄德智. 肉制品添加物的性能与应用[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2002:67-69.
- [18] Matumoto S. The rheological of food[M]. Tokyo: Food Material Research Institute Press, 1987: 13-15.
- [19] Henry W F. Texture of semi-solid food-sensory and physical correlates[J]. J Food Science, 1978, 36: 155-168.
- [20] 蒙名燕. 食品质构的仪器测量和感官测试之间的相关性[J]. 食品工业科技,2006,27:198-202.
- [21] Kramer A. Objective testing of vegetable quality [J]. Food Technology, 1951: 265-269.

Texture changes of turban shell foot with different boiling time

LIU Jing-zhi, GAO Xin, XU Jia-chao, ZHANG Ya-qi, CHEN Yan

(*College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China*)

Abstract: Tissue structure and rheological properties of both raw and heated turban shell foot with different time (5, 20, 60 min) were investigated, and texture profile analysis and sensory evaluation were experimented, which would provide theoretic basis and scientific gist for opening up the production of turban shell foot and optimizing process. The structural changes were observed using a light microscope, the rheological parameters and texture profile analysis were determined by texture analyzer. The relationship between texture profile analysis and sensory evaluation was evaluated. The results show that heating and its time had made great difference on the tissue structure and rheological properties of turban shell foot, and there is a correlation between rheological parameters and texture structure. The hardness became lower when turban shell was heated, while both elasticity and adhesiveness increased. On the view of sense, heating for 20 min was more enjoyable. The hardness, springiness and chewiness of TPA significantly correlated with those of sensory evaluation, and there was a good correlation between sensory evaluation and TPA parameter on adhesiveness.

Key words: turban shell; tissue structure; rheological properties; texture profile analysis; sensory evaluation