

高静压处理对鱿鱼品质及货架期稳定性变化的影响

Quality and storage stability of high hydrostatic pressure-treated squid

金雅芳 邓云

JIN Ya-fang DENG Yun

(上海交通大学食品科学与工程系, 上海 200240)

(Department of Food Science and Technology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

摘要: 研究超高压处理对鱿鱼品质和货架期的影响。在 25 °C 下, 对鱿鱼进行 200, 400, 600 MPa, 5, 10, 20 min 的超高压处理。在 4 °C 条件下储藏 10 d 后, 分析超高压对储藏期间鱿鱼的水分、蛋白质、脂肪、pH 和菌落总数的影响。结果表明: 储藏前, 超高压对鱿鱼基本组分基本没有影响, 随压力增加和时间的延长, 水分、脂肪、蛋白质含量及 pH 没有显著变化, 但总菌落数显著下降, 于 600 MPa 处理 20 min 后, 总菌落数下降 1.7 lg CFU/g 左右; 储藏 10 d 后, 对照组的菌落总数上升至 7.0 lg CFU/g, 而超高压处理各组仍保持较低水平。由此可见, 超高压处理可以保留鱿鱼的营养品质、延长其货架期。

关键词: 超高压; 鱿鱼; 货架期; 微生物

Abstract: Effects of high hydrostatic pressure (HHP) treatments on the quality and shelf life of squid were studied. Squid muscles were high-pressure processed at pressure levels of 200, 400, 600 MPa for 5, 10, 20 minutes (25 °C). Then the treated samples were stored at 4 °C for 10 days. The effects of HHP on biochemical, pH and microbiological characteristics were analyzed. The results showed that HHP retained the moisture, protein and fat contents of fresh squid. And no significant changes were observed in pH after processing. HHP resulted in significant reductions ($P < 0.05$) in microorganisms. The total viable counts (TVC) decreased by 1.7 lg CFU/g after treated with 600 MPa for 20 min. The treated samples maintained lower viable counts throughout the storage, while the TVC of untreated samples increased to 7.0 lg CFU/g. Therefore, HHP is effective in preserving the quality and extending the shelf life of squid.

Keywords: high hydrostatic pressure; squid; shelf life; microorganism

超高压技术是以水或其他液体作为压力传递介质, 将物

料置于超高压容器腔中进行 100 MPa 以上高压处理的非热加工方式^[1]。与传统热加工方式相比, 超高压技术在杀灭物料中部分微生物、使酶失活的同时, 还可以保持食品中原有的营养品质、色泽和风味^[2,3]。因此, 利用超高压来对食品进行灭菌保鲜, 提高食品安全性、延长食品的货架期是近年来的加工热点之一^[4]。目前, 超高压已被用于果汁、果酱、火腿、海鲜等一系列食品的生产中^[5]。

与其他肉类相比, 海鲜极容易腐败, 而超高压处理在灭菌的同时不影响产品质量, 是耐储存海鲜的潜在加工方式。鱿鱼属于头足类(*cephalopoda*), 其蛋白含量高, 营养丰富, 是最常见的海鲜之一。然而, 新鲜鱿鱼因其水分含量极高(>80%), 货架期短^[6,7]。因而有必要对鱿鱼进行加工以延长其产品货架期。目前, 鱿鱼产品多采用干燥或冷冻的方式进行加工, 以抑制其内源酶活性、控制微生物生长。但是干燥容易引起营养成分的损失和质构、风味的改变^[8], 而冻藏中仍容易引起微生物污染, 造成风味的恶化甚至带来食品质量安全问题。本研究拟采用超高压技术处理新鲜鱿鱼, 研究保藏期间基本组分、pH、微生物等指标的变化, 旨在为超高压技术应用于鱿鱼保藏提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

新鲜鱿鱼(*Todarodes pacificus*)从市场上购买后, 冰水保存运送至实验室。洗净并除去内脏后, 将鱿鱼分装于塑封袋中(PA/PP 复合膜), 真空热封;

平板计数琼脂培养基: 北京陆桥公司。

1.1.2 主要仪器设备

超高压处理装置: HHP-750 型, 压力媒介为水, 压力容器容量为 2 L(直径 90 mm, 高度 320 mm), 内蒙古包头科发高压科技有限公司;

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 31271955)

作者简介: 金雅芳(1990—), 女, 上海交通大学在读硕士研究生。

E-mail: jinyafang1990@gmail.com

通讯作者: 邓云

收稿日期: 2015-01-10

真空包装机: AC-220 V型, 上海胜松机械制造有限公司;

均质机: PT 10-35GT型, 瑞士 Kinematica 公司;

pH计: MP 220型, 瑞士梅特勒-托利多公司。

1.2 方法

1.2.1 超高压处理 将鱿鱼置于超高压容器内, 于 25 °C 下处理样品, 采用的压力分别为 200, 400, 600 MPa, 处理时间为 5, 10, 20 min。升压速度 8.3 MPa/s, 降压时间低于 4 s。将未经超高压处理的样品作为空白对照。所有处理重复 3 次。处理后的鱿鱼 4 °C 条件下保存, 进行货架期试验。

1.2.2 理化指标检测 水分、蛋白质、脂肪测定分别参照 GB/T 5009.3—2010、GB/T 5009.5—2010、GB/T 14772—2008 进行; pH测定: 取 5 g 鱿鱼样品, 加入 0.1 mol/L KCl 溶液 45 mL, 8 000 r/min 均质 3 min, 静置 30 min 后测定 pH。所有检测进行 3 次。

1.2.3 菌落总数的测定 称取 25 g 鱿鱼样品放入盛有 225 mL 生理盐水的无菌均质杯内, 8 000 r/min 均质 1 min。将样品匀液用生理盐水倍比稀释至合适的浓度后, 吸取 1 mL 于无菌平皿中, 加入平板计数琼脂培养基(30±1) °C 培养 72 h 后计数。结果以 lg CFU/g 表示。

1.2.4 统计分析 采用 SPSS Statistics 19 软件对所得到的数据进行统计方差分析, 数据用平均值±标准差表示。并通过 Duncan's test(显著水平 α=0.05)进行多重比较。

2 结果与讨论

2.1 超高压处理对鱿鱼理化指标的影响

由表 1 可知, 未经高压处理的对照组测得的新鲜鱿鱼水分、蛋白质和脂肪含量分别为 83.5%, 14.5%, 0.77% 左右(湿基)。已有的文献^[8]报道显示鱿鱼水分含量为 74.0%~

84.2%, 蛋白含量为 13.0%~19.2%, 脂肪含量为 0.29%~2.0%。不同鱿鱼之间基本组分不同, 这与鱿鱼的种类、年龄、性别和生殖状态等相关。经不同高压处理后鱿鱼的基本组分含量见表 1, 储藏前, 超高压处理对水分含量、蛋白质、脂肪无显著影响。

但在 4 °C 下储存 10 d 后, 高压处理后的样品水分含量相比于储存前都有所下降(除 400 MPa, 5 min 处理组, 其余处理组 P<0.05), 而对照组在储存前后水分含量基本不变。在 200 MPa 时, 处理 5 min, 水分含量下降至 81.8%, 而处理 10 min 后, 水分含量进一步下降; 20 min 处理的与 10 min 的没有显著差异。压力高于 200 MPa(400, 600 MPa) 时, 在同一时间下, 水分含量随着压力的增大而迅速减少; 当压力(400, 600 MPa) 相同时, 随着时间的增大, 水分含量也显著下降(P<0.05)。储存 10 d 后, 600 MPa 处理 20 min 后的鱿鱼水分含量最小, 为 80.3%。这可能是由于高压导致蛋白质持水力下降造成的^[9]。高压下, 肌纤维变性、胶原蛋白收缩, 蛋白质的持水力下降。随着保藏时间的增加, 鱿鱼中的部分水分被挤出由肌肉纤维构成的空间结构^[10]。Ortea 等^[11]的试验也观察到, 在鲑鱼冷冻储藏 20 d 的过程中, 所有高压处理组(135~200 MPa, 30 s) 的水分含量显著下降(P<0.05), 他们认为这是由于鲑鱼超高压导致蛋白的疏水作用和静电相互作用发生变化, 从而造成持水力的下降。

超高压及储存前后蛋白质含量没有显著性差异(P>0.05), 即不存在粗蛋白的损失。而在 Cruz-Romero 等^[12]的研究中, 牡蛎和 100 mL 水一同封装, 进行 100~800 MPa, 20 °C, 10 min 的超高压处理后, 牡蛎的蛋白含量与对照组相比, 随着压力增大而减小。Kaur 等^[9]的研究也表明, 在 270 和 435 MPa, 25 °C 处理 5 min 后, 虾的蛋白含量也显著下降

表 1 超高压对鱿鱼基本理化指标的影响[†]

Table 1 Effects of HHP on the biochemical characteristics of squid during storage (n=3)

压力/ MPa	时间/ min	水分/%(湿基)		蛋白/%(湿基)		脂肪/%(湿基)	
		第 0 天	第 10 天	第 0 天	第 10 天	第 0 天	第 10 天
0.1	0	83.5 ± 0.8 ^{Aa}	83.8 ± 1.0 ^{Ad}	14.5 ± 0.1 ^{Aa}	14.0 ± 0.2 ^{Aa}	0.77 ± 0.03 ^{Aa}	0.77 ± 0.05 ^{Aa}
	5	84.6 ± 0.4 ^{Ba}	81.8 ± 0.9 ^{Abc}	13.6 ± 0.1 ^{Aa}	12.7 ± 0.3 ^{Aa}	0.78 ± 0.04 ^{Aa}	0.82 ± 0.08 ^{Aa b}
	20	83.2 ± 0.1 ^{Ba}	81.4 ± 0.5 ^{Aabc}	14.7 ± 0.5 ^{Aa}	13.7 ± 0.4 ^{Aa}	0.76 ± 0.08 ^{Aa}	0.81 ± 0.11 ^{Aa b}
200	5	84.5 ± 0.4 ^{Ba}	81.4 ± 0.9 ^{Aabc}	13.5 ± 0.6 ^{Aa}	12.4 ± 0.1 ^{Aa}	0.73 ± 0.01 ^{Aa}	0.83 ± 0.01 ^{Aab}
	10	83.2 ± 1.2 ^{Aa}	82.4 ± 1.1 ^{Acd}	13.5 ± 1.8 ^{Aa}	12.2 ± 0.1 ^{Aa}	0.78 ± 0.01 ^{Aa}	0.82 ± 0.02 ^{Aab}
	20	83.7 ± 1.2 ^{Ba}	81.3 ± 0.6 ^{Aabc}	14.3 ± 0.1 ^{Aa}	13.7 ± 2.2 ^{Aa}	0.76 ± 0.01 ^{Aa}	0.83 ± 0.03 ^{Aab}
400	5	84.5 ± 0.5 ^{Ba}	80.5 ± 0.4 ^{Aab}	13.5 ± 0.1 ^{Aa}	12.4 ± 0.4 ^{Aa}	0.75 ± 0.07 ^{Aa}	0.93 ± 0.07 ^{Abc}
	10	83.5 ± 1.4 ^{Ba}	81.6 ± 0.4 ^{Aabc}	14.5 ± 0.1 ^{Aa}	13.2 ± 0.4 ^{Aa}	0.83 ± 0.05 ^{Aa}	0.93 ± 0.01 ^{Abc}
	20	84.0 ± 1.6 ^{Ba}	80.7 ± 0.7 ^{Aab}	13.7 ± 0.5 ^{Aa}	12.8 ± 0.3 ^{Aa}	0.73 ± 0.01 ^{Aa}	1.01 ± 0.03 ^{Bc}
600	5	82.6 ± 1.4 ^{Ba}	80.3 ± 1.1 ^{Aa}	14.5 ± 0.8 ^{Aa}	12.3 ± 0.3 ^{Aa}	0.81 ± 0.10 ^{Aa}	1.05 ± 0.04 ^{Ac}
	20						

† 同一行中, 不同的大写字母表示有显著性差异(P<0.05); 同一列中, 不同的小写字母表示有显著性差异(P<0.05)。

($P < 0.05$)。这可能是由于超高压破坏了肌原纤维蛋白结构,使蛋白更容易浸出到水中,同时,蛋白质的持水能力增加,使得水分含量增加。而在本研究中,鱿鱼是直接进行真空热封,未在袋内加入蒸馏水,两者的水环境不同,因此,蛋白质没有损失,同时,储藏前,水分含量在超高压前后也没有显著差异。蛋白质的持水能力受到氨基酸组成、蛋白质构象、pH、盐离子、温度等的影响^[13,14]。不同试验中所采用的样品前处理、压力大小、温度、贮藏时间和蛋白质来源不同,引起了蛋白质构象和基质环境的差异,从而导致其持水力的不同。

对于绝大部分样品,储存前后脂肪含量没有显著变化($P > 0.05$)。但是对于不同时间和压力超高压处理后的结果,10 d 后,超高压处理后的样品脂肪含量明显大于对照组。Ramirez-Suarez 等^[15]的研究发现,在 310 MPa 超高压后,金枪鱼(*Thunnus alalunga*)肌肉中的脂肪含量增加。

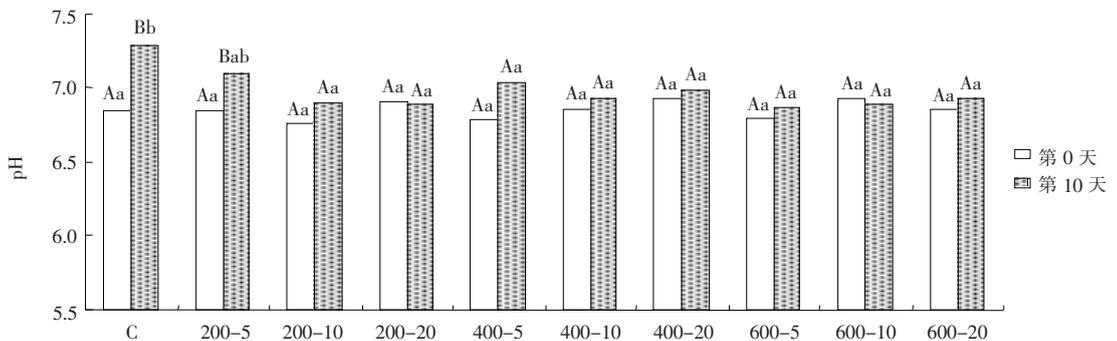
2.2 超高压处理对鱿鱼 pH 的影响

pH 可以用于判断新鲜度,是用于海鲜产品质量控制最

简便的方法之一。在储藏或加工过程中,由于微生物或酶的作用,氧化还原平衡改变,自由氧和羟基离子的浓度产生影响,从而导致 pH 的改变^[9]。

由图 1 可知,储藏前,与对照相比,超高压处理后 pH 没有明显变化($P < 0.05$)。这与 Lopez 等^[16]以 200, 400 MPa 处理日本对虾后的结果一致。但在常耀光等^[17]的研究中,南美白对虾在(200, 400, 600, 700 MPa) 10 min 的高压处理后,相比于对照组, pH 均显著上升,且增幅随着压力的增大而增大,这可能与某些蛋白质在高压下构象发生变化相关。超高压处理后,蛋白质发生变性或分解,使某些氨基酸基团暴露,从而改变 pH^[18]。这不同结果之间的差异可能在于,本试验与 Lopez 等^[16]是将物料直接真空包装后放入高压装置进行处理,而常耀光等^[17]将南美白对虾装入 PEC 蒸煮袋,加入蒸馏水后再进行密封。这说明 pH 变化与物料周围的水环境相关。

在 10 d 后,对照组处理的鱿鱼 pH 从 6.8 上升到 7.3。200 MPa, 5 min 处理组鱿鱼 pH 也显著上升(7.1),但幅度比



C: 对照组; 200-5、200-10、200-20 分别代表 200 MPa 处理 5、10、20 min; 400-5、400-10、400-20 分别代表 400 MPa 处理 5、10、20 min; 600-5、600-10、600-20 分别代表 600 MPa 处理 5、10、20 min; 相同处理不同贮藏时间的显著性差异用大写字母表示, 相同贮藏时间不同处理的显著性差异用小写字母表示。

图 1 超高压对鱿鱼 pH 的影响

Figure 1 Effects of HHP on the pH of squid during storage

对照组低,其他组储存前后均没有显著差异。在 Kaur 等^[9]的试验中,经 100, 270 MPa, 5 min 处理的样品在储存 10 d 后, pH 均有所上升,但是上升幅度不如对照组,和本试验的结果相似。对于海鲜而言, pH > 7.5 的样品即被认为已经腐败^[9]。在水产品冷冻储存过程中, pH 的增加往往是由于微生物或自溶作用导致的。随着微生物的滋生及在内源酶的作用下,蛋白质被分解为小分子胺类物质,氧化三甲胺被分解释放三甲胺,使 pH 值急剧上升。因此,一般 pH 的上升和挥发性盐基氮的增加成正比^[19]。

2.3 超高压对鱿鱼微生物的影响

在超高压处理前,鱿鱼的菌落总数在 3.0 lg CFU/g 左右。在 Paarup 等^[20]的试验中,洗净且除去内脏的鱿鱼(*Todaropsis eblanae*)初始菌落总数为 4.0 lg CFU/g 左右。海鲜内源微生物的组成及含量受到捕获位置、季节和品种等的影响,当然也与水环境、处理方法和温度有关。

由图 2(a)可知,在超高压处理后,鱿鱼总菌落数随着处理压力和时间的延长而明显下降。200 MPa, 5 min 超高压处理后,菌落总数就降至 2.39 lg CFU/g。而在 200, 400, 600 MPa 分别处理 20 min 后,杀菌效率分别为 91.1%, 95.1%, 98.0%, 灭菌效果显著($P < 0.05$)。超高压已经被广泛认为是一种良好的可用于食品灭菌保藏的非热加工技术。超高压过程中有升压、保压和降压 3 个阶段,分别导致细胞萎缩、不可逆细胞质传递和细胞破碎^[21]。其杀菌的机理是,超高压作用于细菌,破坏细胞膜结构,改变细胞膜通透性,导致细胞质的流失;或者通过改变细胞形态、遗传机制,使酶变性,影响生化反应等途径起到杀菌效果^[1, 21]。其杀菌的效果与食物组成、微生物种类、保压时间、处理压力和温度等相关。文献^[16]显示,300~600 MPa 的高压可以使多数的细菌与真菌失活。Paarup 等^[20]研究发现,经过 200~400 MPa, 15 min 超高压处理后,鱿鱼微生物低于检出限。

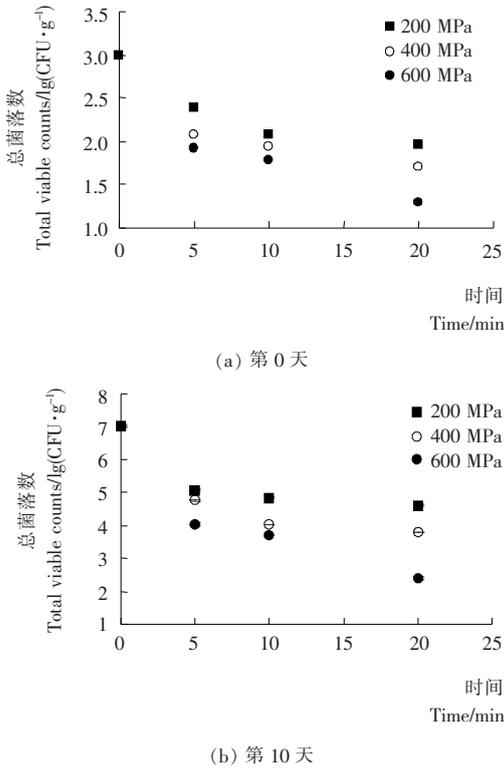


图2 超高压对鱿鱼菌落总数的影响

Figure 2 Effects of HHP on the total viable counts of squid during storage

而 Hurtado 等^[22]的试验结果显示,在 7 °C 和 40 °C 经 400 MPa 处理 15 min 时,可以分别使章鱼 (*Octopus vulgaris*) 总菌落数降低 10² CFU/g 和 10⁴ CFU/g 左右。超高压的杀菌作用也在其他很多海鲜中被证实,如鲈鱼、熏鲑鱼、金枪鱼等^[23, 24]。

储藏 10 d 后,未经高压处理的鱿鱼菌落总数上升至 7.0 lg CFU/g 左右(图 2(b)),超过了 6.0 lg CFU/g 可接受限^[21]。而经过高压处理的鱿鱼,在保存 10 d 后,总菌落数均低于 6.0 lg CFU/g。其中 200 MPa, 5 min 鱿鱼的菌落总数上升至 5.1 lg CFU/g,仅为未经处理鱿鱼的 1.2%。且随着高压时间的延长或压力的上升,菌落总数更低。600 MPa, 20 min 处理后的样品,其总菌落数仅为 2.4 lg CFU/g,比未经处理样品储存前的初始值还要低。这说明超高压对微生物造成了潜在的致命性损伤,影响其扩增能力。但 Paarup 等^[20]的研究表明,微生物在超高压灭活后,经过较长时间的滞后期,其生长会有所恢复。这种滞后期在肠杆菌、乳酸杆菌中均能观察到。因此,进行货架期试验来测定微生物生长具有重要意义^[20]。

3 结论

储藏前,超高压对鱿鱼基本组分影响很小,在不同压力和时间的处理后,水分、脂肪、蛋白质含量及 pH 没有显著变化。但在 10 d 后,超高压处理后的鱿鱼相比于储存前水分含

量显著降低($P < 0.05$),且随着压力和时间的升高,下降幅度变大。而大部分超高压处理后的样品在储存前后蛋白质和脂肪没有差异。对于未经高压处理的鱿鱼,储存 10 d 后,pH 显著上升,200 MPa, 5 min 处理的鱿鱼 pH 也有所增高,而其他压力处理下,pH 在储存后没有显著变化($P > 0.05$)。超高压可以显著降低鱿鱼中总菌落数,且杀菌率与保压时间、压力成正比,在 600 MPa, 20 min 的处理后,总菌落数最低。因此,超高压可以保留鱿鱼的营养品质、降低微生物含量、延长货架期,是一种可以保证鱿鱼品质和微生物安全的加工技术。

参考文献

- 王志江, 何瑞琪, 蒋爱民, 等. 超高压处理白切鸡在冷藏过程中微生物和品质的变化[J]. 食品与机械, 2010, 26(2): 43~46.
- 段虎, 王祎娟, 马汉军. 超高压处理对肉及肉制品食用品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 151~154.
- Sequeira-Munoz A, Chevalier D, LeBail A, et al. Physicochemical changes induced in carp (*Cyprinus carpio*) fillets by high pressure processing at low temperature[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2006, 7(1): 13~18.
- Yaldagard M, Mortazavi S A, Tabatabaie F. The principles of ultra-high pressure technology and its application in food processing/preservation: A review of microbiological and quality aspects [J]. African Journal of Biotechnology, 2008, 7(16): 2 739 ~ 2 767.
- Murchie L W, Cruz-Romero M, Kerry J P, et al. High pressure processing of shellfish: a review of microbiological and other quality aspects[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2005, 6(3): 257~270.
- Olivas R R, Sández O R, Haard N F, et al. Changes in firmness and thermal behavior of ice-stored muscle of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) [J]. European Food Research and Technology, 2004, 219(4): 312~315.
- Deng Yun, Wang Yue-gang, Yue Jin, et al. Thermal behavior, microstructure and protein quality of squid fillets dried by far-infrared assisted heat pump drying[J]. Food Control, 2014, 36(1): 102~110.
- Deng Y, Wu Juan, Su Shu-qiang, et al. Effect of far-infrared assisted heat pump drying on water status and moisture sorption isotherm of squid (*Illex illecebrosus*) fillets[J]. Drying Technology, 2011, 29(13): 1 580~1 586.
- Kaur B P, Kaushik N, Rao P S, et al. Effect of high-pressure processing on physical, biochemical, and microbiological characteristics of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(6): 1 390~1 400.
- Mckenna D R, Nanke K E, Olson D G. The Effects of Irradiation, High hydrostatic pressure, and temperature during pressurization on the characteristics of cooked-reheated salmon and

- catfish fillets[J]. *Journal of Food Science*, 2003, 68(1): 368~377.
- 11 Ortea I, Rodríguez A, Tabilo-Munizaga G, et al. Effect of hydrostatic high-pressure treatment on proteins, lipids and nucleotides in chilled farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) muscle[J]. *European Food Research and Technology*, 2010, 230(6): 925~934.
- 12 Cruz-Romero M, Smiddy M, Hill C, et al. Effects of high pressure treatment on physicochemical characteristics of fresh oysters (*Crassostrea gigas*) [J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2004, 5(2): 161~169.
- 13 孙小斐, 乔玉辉. 不同因素对白果蛋白持油性, 持水性和起泡性的影响[J]. *食品与机械*, 2012, 28(3): 17~20.
- 14 李梦琴, 王跃, 赵杨, 等. 小麦麸皮超高压处理条件优化及其微观结构观察[J]. *食品与机械*, 2011, 27(4): 10~14.
- 15 Ramirez-Suarez J C, Morrissey M T. Effect of high pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2006, 7(1): 19~27.
- 16 Pérez-Mateos M, López-Caballero M E, Montero P. Effect of high pressure and 4-hexylresorcinol on enzymatic activity and darkening in oysters[J]. *Journal of Food Science*, 2002, 67(6): 2107~2112.
- 17 常耀光, 李兆杰, 薛长湖, 等. 超高压处理对南美白对虾在冷藏过程中贮藏特性的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 24(12): 230~237.
- 18 Angsupanich K, Ledward D A. High pressure treatment effects on cod (*Gadus morhua*) muscle[J]. *Food Chemistry*, 1998, 63(1): 39~50.
- 19 Angsupanich K, Ede M, Ledward D A. Effects of high pressure on the myofibrillar proteins of cod and turkey muscle[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47(1): 92~99.
- 20 Paarup T, Sanchez J A, Peláez C, et al. Sensory, chemical and bacteriological changes in vacuum-packed pressurised squid mantle (*Todaropsis eblanae*) stored at 4 °C [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, 74(1): 1~12.
- 21 Gou J, Xu H, Choi G P, et al. Application of high pressure processing for extending the shelf-life of sliced raw squid[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2010, 19(4): 923~927.
- 22 Hurtado J L, Montero P, Borderías J, et al. High-pressure/temperature treatment effect on the characteristics of octopus (*Octopus vulgaris*) arm muscle[J]. *European Food Research and Technology*, 2001, 213(1): 22~29.
- 23 Chéret R, Chapleau N, Delbarre - Ladrat C, et al. Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets[J]. *Journal of Food Science*, 2005, 70(8): e477~e483.
- 24 Lakshmanan R, Dalgaard P. Effects of high-pressure processing on *Listeria monocytogenes*, spoilage microflora and multiple compound quality indices in chilled cold-smoked salmon[J]. *Journal of Applied Microbiology*, 2004, 96(2): 398~408.

(上接第 110 页)

定程度时,所有虾壳都被顺利切开,且虾壳切面平整、光滑,虾体切面完好无明显缺损(图 6(b))。随着圆盘刀转速的进一步提高,肉眼无法明显区别虾体切面质量。根据试验绘制的对虾开背刀速度特性曲线见图 7。由图 7 可知,圆盘刀转速选择 350~400 r/min 可满足要求^[7,8]。

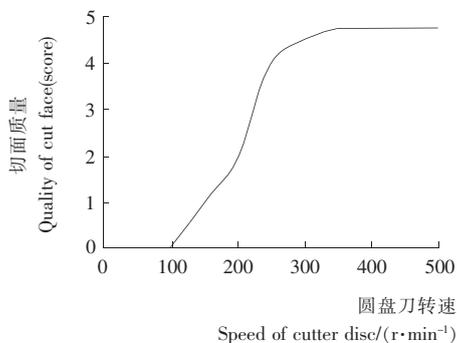


图 7 速度特性曲线图

Figure 7 Graph showing of speed characteristic

4 结论

(1) 设计了一种对虾开背装置,装置带有对辊与轮式相结合的上料装置,可提高开背生产率。

(2) 通过试验观察虾仁内部结构,提出了对虾无损伤开

背,即沿对虾竖切面直接开到虾线处,对虾仁主体损伤最小。

(3) 通过改变对虾圆盘开背刀刀型、转向和转速,通过试验得到了一种虾仁损伤较小的开背方式,即采用无齿圆盘刀正向以 350~400 r/min 切割。

参考文献

- 王泽河,张丽丽,张秀花,等. 双辊式对虾粗定向方法的试验与研究[J]. *食品与机械*, 2013, 29(6):99~101.
- 许玉德,孙晟,朱云. 不同虾种间肌肉组织蛋白质的比较[J]. *台湾海峡*, 2001, 20(2):177~181.
- 姜明,汝少国,刘晓云. 中国对虾(*Penaeus chinensis*)糠虾肌肉组织中球形病毒的超微结构研究[J]. *海洋湖沼通报*, 1999(3): 30~34.
- 陈庆余,沈健,傅润泽,等. 典型海产小杂鱼机械去头方法研究[J]. *渔业现代化*, 2012, 39(5):38~42.
- 陈庆余,沈健,欧阳杰,等. 典型海产小杂鱼机械去脏试验[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(20):278~285.
- 彭三河,徐武. 链式淡水鱼加工前处理装置的研制[J]. *食品与机械*, 2013, 29(2):139~142.
- 雷树德,谭鹤群. 链式剖鱼机的研制与试验研究[J]. *农机化研究*, 2009(9):81~84.
- 朱国. 小型淡水鱼剖鱼机设计与关键工艺参数研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2008.