



海产品 保鲜贮运技术与冷链装备

谢晶·编著

SEAFOOD PRESERVATION
AND STORAGE TECHNOLOGY &
COLD CHAIN FACILITIES



科学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

海产品保鲜贮运技术与冷链装备

谢 晶 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书全面而系统地介绍了海产品保鲜贮运技术与冷链装备方面的研究进展和技术成果,具有相当的科学价值和实用性。全书共七章,内容主要包括水产品低温保鲜技术的研究现状,冰温、气调包装和微冻在水产品保鲜上的应用,生物保鲜剂在水产品冷藏保鲜中的应用及其抑菌机理研究,海产品冷链物流保鲜工艺的研究,海产品低温贮运过程中的菌相变化,物流过程中水产品鲜活度特征指标及其动态模型的研究,以及水产品冷链流通相关装备研发。其中,第四章和第六章有关海产品物流过程中保鲜工艺、品质动态监控技术针对目前海产品流通过程品质保持和食品安全管理的产业需求,具有重要的实际指导意义。

本书可作为从事食品科学、水产加工理论研究的科技人员和水产企业研究开发人员的参考书,以及高等院校水产品、食品相关专业本科生、研究生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

海产品保鲜贮运技术与冷链装备 / 谢晶编著. — 北京: 科学出版社, 2019.1
ISBN 978-7-03-058484-7

I. ①海… II. ①谢… III. ①海产品—冷冻保鲜②海产品—冷冻食品—物流管理—设备管理 IV.
①TS254.47 ②F253.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第180638号

责任编辑: 陈 露

责任印制: 黄晓鸣 / 封面设计: 殷 靓

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

http: // www. sciencep. com

南京展望文化发展有限公司排版

苏州市越洋印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年1月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2019年1月第一次印刷 印张: 22 1/2

字数: 520 000

定价: 160.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

自20世纪90年代以来,我国水产品总量一直位居世界第一,是我国重要的动物蛋白来源;生鲜水产品因新鲜、美味、营养丰富,是我国水产品消费的主要形式。然而,生鲜水产品具有易腐性、季节性和地域性的特点,在贮藏、流通及产品开发方面受到很大限制。生鲜水产品的保鲜是保证其贮藏期品质稳定、优质流通的前提,然而由于低温贮藏、流通保鲜及商品化技术和冷链装备的相对滞后,我国生鲜水产品捕后损失率高达15%(发达国家低于5%),这已成为制约我国水产业发展,影响养殖户/渔民增收和产品市场竞争力的重要因素。行业迫切需要解决生鲜水产品的保鲜和商品化的问题,从而有效地降低水产品物流过程中的损耗并扩大其流通范围。

该书集成了海产品保鲜贮运工艺研究和低温物流装备研发的相关研究成果,密切联系产业实际,全面而系统地介绍了海产品保鲜工艺、贮运技术、物流过程中水产品品质实时监测技术、低温物流设备优化设计的最新研究方法、研究进展和研究成果。同时,该书还详细介绍了生物保鲜剂保鲜机理、海产品低温贮运过程中菌相变化、物流过程中水产品鲜活度特征指标及其动态模型等方面的最新研究进展。该书对于从事海产品保鲜、贮运、冷链装备研发的科研和技术人员,具有很强的针对性,不但对新技术、新工艺和新装备的开发有指导作用,而且还能从理论上寻找相关技术难题的解决办法。因此,该书具有很高的工程技术价值。

该书的主编谢晶教授,入选国家“万人计划”科技创新领军人才、国家百千万人才工程专家、科技部中青年创新领军人才,是上海市“食品科学与工程”高原学科带头人,享受国务院政府特殊津贴,也是农业部“十三五”海水鱼现代产业技术体系保鲜与贮运岗的岗位科学家。目前,国内外综合阐述海产品保鲜贮运技术与冷链装备的书籍不多,该书汇集了谢晶教授在海产品保鲜贮运技术与冷链装备领域多年的研究成果,具有很高的学术价值,对我国水产保鲜与贮运业的健康发展有很重要的指导意义。

朱蓓薇

2018年5月23日

前言

我国是水产品生产和消费大国,自20世纪90年代以来,我国水产品总量一直位居世界第一,水产品是我国重要的动物蛋白来源。2014年全国水产品总产量为6 461.52万t,其中海产品的产量为3 296万t,占全国渔业总产量的51%。然而,我国水产品流通过程中的高损耗及水产品流通所依托的制冷设备的高能耗却是一个不容忽视的问题。生鲜海产品因新鲜、美味、营养丰富,是我国水产品消费的主要形式;然而,生鲜海产品具有易腐性、季节性和地域性的特点,在贮藏、流通及产品开发方面受到很大限制。生鲜海产品的保鲜是保证其贮藏期品质稳定、优质流通的前提;但是由于低温贮藏、流通保鲜及商品化技术和冷链装备的相对滞后,我国生鲜海产品捕后损失率高达15%(发达国家低于5%),这已成为制约我国水产业发展,影响养殖户/渔民增收和产品市场竞争力的重要因素。

虽然我国近年来低温物流的建设成效显著,但目前仍然存在不少问题,其中最主要的是冷链设备或设施设计不合理(主要表现为流场不合理、库内外冷热交换严重等)造成能耗大,以冷藏环节为例,我国冷藏耗电量全国平均为 $131 \text{ kW} \cdot \text{h} / (\text{m}^3 \cdot \text{a})$,是英国平均水平的2倍多,是日本平均水平的2.5倍左右;而且冷链装备设计不合理还会影响贮存商品的质量。

本书全面而系统地介绍了海产品保鲜贮运技术与冷链装备方面的研究进展和技术成果,具有相当的科学价值和实用性。全书共七章,内容主要包括水产品低温保鲜技术的研究现状、冰温气调包装和微冻在水产品保鲜上的应用、生物保鲜剂在水产品冷藏保鲜中的应用及其抑菌机理研究、海产品冷链物流保鲜工艺的研究、海产品低温贮运过程中的菌相变化、物流过程中水产品鲜活度特征指标及其动态模型的研究以及水产品冷链流通相关装备研发。其中的第四章和第六章有关水产品物流过程保鲜工艺、品质动态监控技术针对目前水产品流通过程品质保持和食品安全管理的产业需求,具有重要的实际指导意义。本书是谢晶教授团队在海产品保鲜贮运技术与装备领域多年研究成果的归纳和总结。本书对于从事海产品保鲜、贮运、冷链装备研发的科研人员和技术人员,有很强的针对性;本书不但对新工艺、新装备的开发有指导作用,而且还能从理论上寻找相关技术难题的解决办法。

本书涉及的相关研究内容得到“十二五”国家科技支撑计划项目“物流农产品品质维持与质量安全控制技术”之课题“物流过程协同管理与溯源平台”(2013BAD19B06)、国家农业成果转化资金项目“农产品贮运保鲜技术与设备”(2013GB2C000156)、上海市科学技术委员会社发海洋领域重点项目“海产品供应全过程食品安全监管与控制技术”(14dz1205100)、上海市科技兴农重点攻关项目“水产品物流过程品质动态监测与质量安

全控制技术研究示范”[沪农科攻字(2013)第3-4字)]等资金的资助,相关内容分别获得省部级的奖项,作者在此表示衷心的感谢。本书的出版受到国家科学技术学术著作出版基金、上海市食品科学与工程高原学科建设项目资助。

本书可作为从事水产品保鲜、水产物流和贮运、食品科学理论研究的科技人员,水产企业研究开发人员的参考书,以及海洋水产品相关的高等院校食品科学与工程、水产品加工及贮藏工程专业本科生、研究生的学习参考书。

本书所涉及的内容领域广泛,限于作者水平,本书难免存在疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

谢 晶

2018年4月13日

目 录

序 前 言

第一章 水产品低温保鲜技术的研究现状	1
第一节 水产品的腐败变质	1
一、引起水产品腐败变质的主要原因	1
二、引起水产品腐败和变质的因素	5
三、水产品的冷藏与冻藏	8
第二节 水产品保鲜技术研究进展	15
一、水产品鲜度等级及鉴定	15
二、低温保鲜技术	22
三、冰温保鲜技术	25
四、微冻保鲜技术	30
五、保鲜冰在水产品保鲜中的应用	32
六、气调保鲜技术	36
第三节 生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用	40
一、生物保鲜剂的分类	40
二、生物保鲜剂国内外研究现状	41
第四节 生物保鲜剂抑菌机理的研究现状	46
一、茶多酚的抑菌机理	46
二、溶菌酶的抑菌机理	46
三、壳聚糖的抑菌机理	47
四、Nisin的抑菌机理	47
第二章 冰温、气调包装和微冻在水产品保鲜上的应用	58
第一节 不同温度下鲳鱼品质变化与微观组织变化的影响	58
一、菌落总数的变化	58
二、pH的变化	59
三、TVB-N值的变化	59
四、K值的变化	59

五、肌动球蛋白含量的变化	60
六、肌动球蛋白巯基含量的变化	60
七、微观组织结构的变化	61
八、本节小结	62
第二节 温度波动对微冻鲳鱼品质变化与微观结构的影响	62
一、贮藏温度波动测定结果	63
二、菌落总数的变化	63
三、pH的变化	63
四、TVB-N值的变化	64
五、K值的变化	64
六、微观组织结构的变化	65
七、本节小结	65
第三节 植酸与海藻糖对微冻鲳鱼保鲜效果的影响	67
一、感官评定的变化	67
二、pH的变化	68
三、TVB-N值的变化	68
四、K值的变化	69
五、微生物的变化	69
六、本节小结	71
第四节 冰温贮藏对南美白对虾保鲜效果的影响	71
一、冰点和冰箱温度波动	71
二、感官评定得分	72
三、多酚氧化酶活性与黑变	72
四、TVB-N值的变化	73
五、pH变化	73
六、菌落总数变化	74
七、本节小结	74
第五节 南美白对虾气调包装工艺及保鲜效果评价	75
一、南美白对虾气调包装感官评价结果	75
二、色差 L^* 值和 b^* 值的变化	75
三、pH的变化	76
四、菌落总数的变化	77
五、TVB-N值的变化	77
六、本节小结	78

第六节	4-HR 对于涂膜南美白对虾的黑变抑制和残留量分析	78
一、	4-HR 涂膜南美白对虾黑变感官评分结果	78
二、	多酚氧化酶活性的变化	79
三、	菌落总数的变化	80
四、	TVB-N 值的变化	80
五、	HR 残留量	81
六、	本节小结	81
第七节	冰温技术结合保鲜剂对南美白对虾品质的影响	82
一、	保鲜剂配方的确定	82
二、	黑变感官评分结果	83
三、	多酚氧化酶活性的变化	83
四、	TVB-N 值的变化	84
五、	pH 的变化	84
六、	菌落总数的变化	85
七、	本节小结	85
第八节	涂膜及气调保鲜对南美白对虾品质的影响	86
一、	原料分组与处理	86
二、	菌落总数的变化	87
三、	TVB-N 值的变化	88
四、	pH 的变化	88
五、	多酚氧化酶活性的变化	89
六、	综合感官评定结果	90
七、	本节小结	91
第九节	气调包装结合冰温贮藏对南美白对虾品质的影响	91
一、	样品处理工艺	92
二、	TVB-N 值的变化	92
三、	pH 的变化	92
四、	菌落总数的变化	93
五、	多酚氧化酶活性的变化	93
六、	综合感官评定结果	94
七、	本节小结	94
第十节	臭氧冰与电解水冰处理延长鲳鱼的冷藏货架期	95
一、	冰的制备	95
二、	电解水冰与臭氧冰制冰前后浓度测定结果	95

三、感官品质的变化	95
四、TVB-N 值的变化	96
五、pH 的变化	96
六、TMA-N 值的变化	97
七、TBA 值的变化	97
八、K 值的变化	98
九、APC 的变化	98
十、本节小结	99
 第三章 生物保鲜剂在水产品冷藏保鲜中的应用及其抑菌机理研究	102
第一节 几种单一生物保鲜剂对冷藏带鱼的保鲜效果研究	102
一、茶多酚对冷藏带鱼品质变化的影响	103
二、Nisin 对冷藏带鱼品质变化的影响	105
三、溶菌酶对冷藏带鱼品质变化的影响	108
四、本节小结	111
第二节 复合生物保鲜剂对冷藏带鱼贮藏保鲜效果的影响	111
一、复合生物保鲜剂最佳配比试验	112
二、复合生物保鲜剂的配制与原料处理	113
三、带鱼经复合保鲜剂处理后在贮藏过程中的品质变化	113
四、复合保鲜剂最佳配比的确定	116
五、本节小结	118
第三节 生物保鲜剂结合气调包装对带鱼冷藏货架期的影响	118
一、处理方式	118
二、感官品质的变化	119
三、菌落总数的变化	119
四、TVB-N 值的变化	120
五、pH 的变化	121
六、TBA 值的变化	121
七、汁液流失率的变化	122
八、本节小结	122
第四节 含茶多酚、植酸生物保鲜剂冰对鲳鱼保鲜效果的影响	123
一、感官评分值的变化	123
二、APC 的变化	124
三、TVB-N 值的变化	125

四、TMA-N值的变化	126
五、K值的变化	126
六、TBA值的变化	127
七、pH的变化	128
八、本节小结	128
第五节 茶多酚、植酸复合生物保鲜剂冰对鲳鱼品质变化的影响	129
一、样品处理	129
二、最佳生物保鲜剂冰配比浓度的确定	129
三、复合生物保鲜剂冰对鲳鱼感官品质的影响	131
四、复合生物保鲜剂冰对鲳鱼理化指标的影响	131
五、本节小结	133
第四章 海产品冷链物流保鲜工艺的研究	136
第一节 温度波动对食品品质的影响	136
一、主要影响	136
二、影响机理及解决方案	137
第二节 冷链物流过程中温度变化对金枪鱼品质的影响	138
一、试验设计	138
二、组织结构的变化	139
三、感官品质的变化	139
四、肉色的变化	140
五、pH的变化	141
六、持水力的变化	141
七、质构的变化	142
八、TBA值的变化	143
九、TVB-N值及TMA-N值的变化	144
十、组胺的变化	145
十一、菌落总数的变化	145
十二、本节小结	146
第三节 冷链物流中包装方式对变温贮运金枪鱼品质的影响	147
一、试验设计	147
二、感官品质的变化	147
三、肉色的变化	148
四、pH的变化	149

五、TBA 值的变化	149
六、TVB-N 值的变化	150
七、组胺含量的变化	150
八、菌落总数的变化	151
九、本节小结	152
第四节 冷链物流的金枪鱼气调、真空包装的优化	152
一、试验设计	152
二、甘油浓度对蛋白膜吸水性的影响	153
三、汁液流失率的变化	153
四、感官评定的变化	154
五、肉色的变化	155
六、质构的变化	155
七、TBA 值的变化	156
八、TVB-N 值的变化	157
九、菌落总数的变化	158
十、本节小结	158
第五节 冷藏物流过程中温度变化对三文鱼品质的影响	159
一、试验设计	159
二、感官品质的变化	160
三、pH 的变化	160
四、失重率的变化	160
五、红度值的变化	161
六、TVB-N 值的变化	161
七、菌落总数的变化	162
八、K 值的变化	162
九、本节小结	163
第六节 冷藏物流过程中不同气调包装对三文鱼品质的影响	163
一、试验设计	164
二、感官品质的变化	164
三、pH 的变化	165
四、红度值的变化	165
五、菌落总数的变化	165
六、TVB-N 值的变化	166
七、K 值的变化	166

八、本节小结	167
第七节 冷藏物流过程中植酸对三文鱼保鲜效果的研究	167
一、试验设计	167
二、感官品质的变化	168
三、红度值的变化	168
四、菌落总数的变化	169
五、TVB-N值的变化	169
六、假单胞菌数的变化	170
七、希瓦氏菌数的变化	170
八、热死环丝菌数的变化	171
九、本节小结	171
第五章 海产品低温贮运过程中的菌相变化	176
第一节 水产品贮藏期间的微生物多样性研究进展	176
一、DGGE的发展和技术原理	177
二、DGGE技术在微生物研究中的主要应用领域	179
第二节 三文鱼在冷藏物流过程中菌相变化	179
一、感官分值的变化	180
二、菌落总数的变化	180
三、TVB-N值的变化	181
四、假单胞菌数的变化	181
五、希瓦氏菌数的变化	181
六、热死环丝菌数的变化	182
七、肠杆菌数与乳酸菌数的变化	182
八、微生物多样性的变化	183
九、本节小结	184
第三节 冷藏金枪鱼优势腐败菌致腐能力分析	184
一、冷藏金枪鱼腐败微生物菌落数变化及生长动力学参数分析	185
二、冷藏金枪鱼感官品质变化与含氮腐败物质产量变化分析	187
三、冷藏金枪鱼优势腐败菌致腐能力定量分析	191
四、本节小结	191
第四节 微冻贮藏鲳鱼特定腐败菌分离鉴定	191
一、鲳鱼特定腐败菌的分离纯化	192
二、鲳鱼菌落与菌体观察	192

三、特定腐败菌 16SrRNA 的 PCR 扩增鉴定	192
四、鲳鱼特定腐败菌的系统发育树	193
五、特定腐败菌致腐能力测定	194
六、本节小结	195
第五节 复合保鲜剂对冷藏带鱼主要菌相组成影响	195
一、复合保鲜剂处理后冷藏带鱼菌落总数的变化	196
二、冷藏带鱼的细菌菌落特征	196
三、单菌落 DNA 提取	198
四、菌株的 16S rDNA 基因序列	198
五、16S rDNA 测序结果与生理生化鉴定比对	199
六、系统发育树分析	199
七、带鱼冷藏过程中的菌相组成及变化情况	202
八、本节小结	203
第六节 复合保鲜剂对冷藏带鱼贮藏期间微生物动态变化影响	204
一、细菌 16S rDNA 的 V3 可变区 PCR 扩增	205
二、冷藏带鱼贮藏期间细菌的 DGGE 图谱分析	205
三、割胶测序	206
四、冷藏带鱼贮藏过程中优势菌的分析	206
五、本节小结	207
第七节 超高压处理对冷藏带鱼细菌菌相变化影响	208
一、超高压处理后冷藏带鱼的菌落总数变化	208
二、菌落形态学观察及生理生化鉴定	209
三、16S rRNA 的 PCR 扩增及琼脂糖凝胶电泳检验	211
四、系统发育树分析	211
五、货架期内冷藏过程中细菌的组成与变化分析	212
六、本节小结	215
第六章 物流过程中水产品鲜活度特征指标及其动态模型的研究	221
第一节 预测食品货架期的研究现状	221
一、食品品质函数	222
二、Arrhenius 方程	223
三、亮度变化测定质量损失法	223
四、Z 值模型法	224
五、 Q_{10} 模型	225

六、微生物动力学生长的数学模型	225
第二节 气味指纹图谱技术在水产品气味分析中的研究现状	226
一、气味指纹图谱在水产品挥发物质中的应用	227
二、构建气味指纹图谱的主要技术	227
第三节 鲜带鱼基于理化指标的货架期预测模型的建立	231
一、试验设计	231
二、不同温度下带鱼的理化指标	232
三、带鱼品质动力学模型的建立	234
四、货架期预测模型的验证和评价	235
五、本节小结	236
第四节 鲜带鱼基于电子鼻的货架期预测模型的建立	236
一、试验方法	237
二、不同温度下带鱼的理化指标结果与分析	238
三、带鱼的货架期预测模型的建立	241
四、货架期预测模型的验证和评价	242
五、本节小结	242
第五节 带鱼中假单胞菌生长动力学模型的研究	243
一、数学模型的建立	243
二、不同温度带鱼货架期的确定	244
三、不同温度带鱼 N_s 的确定	245
四、不同温度假单胞菌的生长动力学参数	246
五、温度对假单胞菌生长动力学参数的影响	246
六、假单胞菌生长动力学模型及验证	247
七、货架期预测模型及验证	248
八、本节小结	249
第六节 电子式时间-温度指示器的研制	250
一、电子式 TTI 的设计原则和设计思路	250
二、硬件设计	251
三、系统软件设计	259
四、本节小结	266
第七节 电子式时间-温度指示器的理化实验验证	267
一、E-TTI 的阶梯温度实验的设计方案	267
二、E-TTI 的显示值与理化实验实测值的比较	267
三、本节小结	269

第七章 水产品冷链流通相关装备研发	274
第一节 我国食品冷藏链的现状 & 展望	274
一、冷藏链概述	274
二、国内外食品冷藏链的发展现状	275
三、我国食品冷藏链的发展对策	278
第二节 计算流体力学在冷链装备优化中的应用	279
一、CFD 数值模拟技术在食品预冷过程中的应用	280
二、CFD 数值模拟技术在食品冻结过程中的应用	281
三、CFD 数值模拟技术在食品冷藏过程中的应用	282
四、CFD 数值模拟技术在冷藏运输中的应用	283
五、应用展望	284
第三节 食品冷却的方法、装置及冷却过程的数值模拟	284
一、食品冷却的方法	284
二、食品冷却的原理与设备	285
三、冷却过程的数值模拟	288
第四节 气流上下冲击式冻结装置流场的分析优化	292
一、速冻设备的发展	292
二、冻结装置内物理、数学模型建立	294
三、求解的初始条件和边界条件	298
四、模拟结果分析	298
五、实验研究	303
六、本节小结	305
第五节 计算流体力学技术用于冷库气流优化的研究	305
一、CFD 预测风机不同出回风方式对冷库气流的影响	305
二、CFD 预测冷库中风机不同出风口形式对气流及温度场的影响	309
三、小结	312
第六节 CFD 预测风机不同安装位置对大型冷库气流的影响	313
一、模型各项参数设置	313
二、模型的建立与计算结果	314
三、小结	317
第七节 数值模拟在多温区冷藏车领域的应用	318
一、冷藏运输	318
二、多温区冷藏车厢物理、数学模型的建立	319

三、对冷藏车空厢的数值模拟	321
四、小结	326
附录1 带鱼贮藏期间主要细菌的16S rDNA序列	332
附录2 带鱼贮藏期间细菌DGGE指纹图谱上条带序列	340