

# 紫菜产品酸价检测技术的研究

郭莹莹<sup>1,2</sup>, 盛晓风<sup>1,2</sup>, 王联珠<sup>1,2</sup>, 尚德荣<sup>1,2</sup>, 赵艳芳<sup>1,2</sup>, 翟毓秀<sup>1,2,\*</sup>

(1.农业部水产品质量安全检测与评价重点实验室, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071;

2.国家水产品质量监督检验中心, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 建立一种新的紫菜产品酸价的检测方法。通过对搅拌浸提、超声提取和索氏抽提等油脂提取方法进行对比研究, 表明索氏抽提法提取油脂效率更高, 而且也避免了提取过程中产品氧化对测定结果的干扰。通过向溶解紫菜油脂的有机溶剂中添加适量的中性饱和NaCl溶液, 使水油两相分层, 可以清晰判断滴定终点, 从而建立一种测定深色海藻产品中酸价的新方法。采用改进的容量分析法对不同加工方式的紫菜产品进行酸价测定方法验证, RSD为0.6%~7.1%, 表明该方法操作简便, 准确度高, 适用范围广。

**关键词:** 紫菜产品; 酸价测定; 索氏抽提; 容量分析法

## A New Method for Detection of Acid Value of Laver Products

GUO Ying-ying<sup>1,2</sup>, SHENG Xiao-feng<sup>1,2</sup>, WANG Lian-zhu<sup>1,2</sup>, SHANG De-rong<sup>1,2</sup>, ZHAO Yan-fang<sup>1,2</sup>, ZHAI Yu-xiu<sup>1,2,\*</sup>

(1. Key Laboratory of Testing and Evaluation for Aquatic Product Safety and Quality, Ministry of Agriculture,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. National Center for Quality Supervision and Test of Aquatic Products, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** The acid value is an important indicator to judge the quality of products. This paper reports on the establishment of a new method for the detection of acid value of laver products. Compared with stirring and sonification, Soxhlet extraction had higher extraction efficiency while avoiding interferences from oxidation products formed during the extraction process. Separation of the oil and aqueous phases was achieved by the addition of a proper amount of neutral saturated NaCl solution to the organic solvent dissolving the oil from laver so that the titration end could be clearly identified. Based on this, a new method was presented for the detection of acid value of dark and dried seaweed products. The method was validated by detecting the acid value of different processed laver products by improved volumetric analysis to obtain RSDs between 0.6% and 7.1%. In conclusion, the new method presented in this study is simple, accurate and applicable for a wide range of samples.

**Key words:** laver products; acid value; Soxhlet extraction; volumetric analysis

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)12-0151-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201312032

紫菜是一种高蛋白、低脂肪的经济海藻, 除可食用外还具有很高的药用价值, 如用以治疗甲状腺肿大和降低胆固醇等。干紫菜通常含有高达22.6%~44.7%的蛋白质, 还含有紫菜多糖、氨基酸、碘、多种维生素和无机盐类等活性成分, 脂肪含量一般低于1%。但是经过二次深加工的紫菜产品, 特别是在加工过程中添加食用油脂的产品, 脂肪含量很高, 如烤海苔、炒海苔、味付海苔等紫菜产品中脂肪含量高达21.7%~46.8%。若这些紫菜加工产品贮藏不当或保存时间过长, 油脂逐渐水解或氧

化而使酸价增高, 将影响紫菜产品贮藏的稳定性, 进而对人的身体健康造成威胁。因此, 对于紫菜加工产品, 非常有必要对其品质评价指标——酸价进行检测。

目前, 国内外油脂酸价的测定标准一般采用KOH中和滴定法, 如GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》、GB/T 5530—2005/ISO660:1996《动植物油脂: 酸值和酸度测定》和AOCS Official Method Cd 3a-63《Acid Value》等<sup>[1-3]</sup>。这些方法均为动植物油脂中酸价和酸度的测定方法, 不能直接用于测定紫菜产品的

收稿日期: 2012-06-15

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2009BADB7B00); 农业部农产品质量安全监管专项(2012-333)

作者简介: 郭莹莹(1982—), 女, 研究实习员, 硕士, 研究方向为水生生物制品质量安全评价与检测技术。

E-mail: guoyingying522612@163.com

\*通信作者: 翟毓秀(1962—), 男, 研究员, 本科, 研究方向为水产品安全评价与检测技术、标准化。E-mail: zhaiyx@ysfri.ac.cn

酸价,而且紫菜浸提后的油脂颜色呈深绿色,难以根据酚酞指示剂变色判断滴定终点。因此,本实验采用索氏抽提法提取紫菜中油脂,用有机溶剂溶解后,添加适量中性饱和NaCl溶液,然后用低浓度的KOH标准溶液滴定,从而建立一种既简便又准确地测定紫菜等深色海藻产品中酸价的新方法。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

市购紫菜样品,兼顾烘烤、炒制及调味等不同加工方式的具有代表性的紫菜样品。

石油醚(沸点30~60℃);干燥至质量恒定的基准邻苯二甲酸氢钾;用邻苯二甲酸氢钾标定的浓度为0.01mol/L氢氧化钾标准溶液;无水乙醚、无水乙醇混合溶剂,按体积比2:1比例混合,使用前加入酚酞指示剂,用氢氧化钾标准溶液滴定至中性;用95%乙醇溶液配制10g/L酚酞指示剂溶液;中性饱和食盐水。

### 1.2 仪器与设备

BP221S电子分析天平(感量0.0001g) 德国赛多利斯公司;PHS-3C数字酸度计 梅特勒-托利多(上海)有限公司;Soxtec™ 2055索氏脂肪提取仪 瑞典Foss公司;K-2000T2磁力搅拌器;IKA MS 3涡旋振荡器;25mL碱式滴定管,最小刻度为0.1mL;250mL锥形瓶;100mL聚丙烯离心管;移液管;比色管;粉碎机。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品处理

将紫菜样品用粉碎机粉碎,过40目筛,密封,置于避光、阴凉干燥处保存,备用。样品制备好后,应立即进行脂肪提取,放置时间不宜超过2h,以避免脂肪酶的水解作用。

#### 1.3.2 提取脂肪

##### 1.3.2.1 搅拌浸提

称取3~5g粉碎的紫菜样品(精确至0.0001g,取样多少视样品酸价而定)于锥形瓶中,用量筒加入50mL乙醚-乙醇混合溶剂,混匀,置于磁力搅拌器上,搅拌浸提45min,每隔5min开盖放气,取下锥形瓶倾斜静置1~2min后,快速过滤,弃去最初几滴滤液,用250mL锥形瓶收集滤液,滤渣用20mL乙醚-乙醇混合溶剂冲洗两次,合并滤液,盖塞,待测。

##### 1.3.2.2 超声提取

称取3~5g粉碎的紫菜样品于100mL聚丙烯离心管中,加入50mL乙醚-乙醇混合溶剂,涡旋振荡1min,超声提取15min,4500r/min离心2min,上清液移入250mL锥形瓶中,残渣用上述方法再超声提取2次,合并上清液,盖塞,待测。

##### 1.3.2.3 索氏抽提

称取3~5g粉碎的紫菜样品,全部移入滤纸筒内。将滤纸筒放入索氏脂肪抽提器的抽提筒内,连接已干燥至恒量的接收瓶,由抽提器冷凝管上端加入石油醚(30~60沸程)至瓶内容积的2/3处,浸提30min,然后使石油醚回流提取45min(6~8次/h),取下接收瓶,回收石油醚,用氮气吹干。立即用30mL无水乙醚-无水乙醇混合液将脂肪溶解,转入250mL锥形瓶中,再用20mL混合液分两次冲洗接收瓶,一并转入锥形瓶中,盖塞,待测。

##### 1.3.3 滴定

量取30mL中性饱和食盐水溶液倒入锥形瓶中,混匀,加入3滴酚酞指示液,轻轻摇动锥形瓶,用0.01mol/L氢氧化钾标准溶液滴定至下层饱和食盐水溶液初显微红色且30s不褪色,即为滴定终点。记下消耗的氢氧化钾标准滴定溶液体积( $V_1$ ),同时做试剂空白。

##### 1.4 酸价计算

$$X(\text{mg/g}) = \frac{(V_1 - V_0) \times c \times 56.11}{m}$$

式中: $X$ 为样品酸价,即每克样品中游离脂肪酸所消耗的氢氧化钾的质量/(mg/g); $V_1$ 为滴定样品消耗的氢氧化钾体积/mL; $V_0$ 为滴定空白消耗的氢氧化钾体积/mL; $c$ 为氢氧化钾标准溶液的浓度/(mol/L); $m$ 为样品的质量/g;56.11为与1.0mL氢氧化钾标准滴定溶液[ $c(\text{KOH})=1.000\text{mol/L}$ ]相当的氢氧化钾质量。计算结果保留两位有效数字。

## 2 结果与分析

### 2.1 油脂提取方法的选择

对3种油脂提取方法进行对比实验,取油脂含量高中低3个不同水平值的紫菜样品,分别进行酸价测定和剩余的样品残渣中脂肪含量测定,结果见表1。

表1 3种不同提取法所测得的油脂酸价和残渣中脂肪含量( $n=3$ )  
Table 1 Acid value of extracted oil and fat content in residues by three methods ( $n=3$ )

样品 (脂肪含量/保质期)	搅拌浸提(50min)		超声浸提(60min)		索氏抽提(90min)	
	酸价/ (mg/g)	残渣中脂 肪含量/%	酸价/ (mg/g)	残渣中脂 肪含量/%	酸价/ (mg/g)	残渣中脂 肪含量/%
韩国烤紫菜(42.7%/2013-03-09)	0.86	0.22	0.91	0.15	0.93	0.04
奥帆炒海苔(32.0%/2013-03-27)	0.69	0.17	0.73	0.09	0.72	0.02
寿司用海苔(3.8%/2012-11-18)	0.15	0.10	0.14	0.06	0.14	—

注:—未检出。

用有机溶剂搅拌浸提油脂的操作较为简单,耗时短。但是从表1可以看出有机溶剂浸提后得到的紫菜残渣中还存在少量脂肪,含量为0.10%~0.22%,表明搅拌浸提的方法提取脂肪并不完全,而且在过滤过程中,有机

溶剂逐渐挥发, 脂肪与空气接触的面积不断增大, 被氧化的脂肪量也随之增加, 故影响酸价的测定结果<sup>[4]</sup>。

超声提取法与搅拌浸提法相比, 脂肪提取率较高, 残渣中脂肪含量仅为0.06%~0.15%。但是为了完全提取脂肪, 需要超声提取3次, 操作相对复杂。但是超声提取法比较适合于水产品中酸价的测定。因为水产品中水分含量较高, 而石油醚、乙醚和正己烷等试剂不溶于水, 用索氏抽提法提取水产品中油脂效率很低, 此时超声提取法能满足提取水产品中游离脂肪的实验要求<sup>[5]</sup>。

索氏抽提法虽然耗时相对较长, 但是提取脂肪最完全, 石油醚与样品处在一个完全封闭的玻璃装置中, 基本不存在氧化问题, 结果更准确可靠, 而且设备简单、易于操作, 石油醚还可以回收利用。因此, 本实验采用索氏抽提法先提取紫菜中油脂, 再用有机溶剂溶解后滴定。

### 2.2 紫菜油脂滴定终点的判断

采用滴定法测定酸价时, 滴定终点指示是否灵敏和便于把握是本法测定结果准确度和精确度的关键。在GB/T 5009.37—2003中, 酚酞指示剂仅适用于滴定浅色油脂样品, 但是用乙醚-乙醇混合溶剂溶解的紫菜油脂呈深绿色, 采用酚酞指示剂灵敏度较低, 在操作中不易辨认, 甚至出现较大的终点判断误差。目前, 有文献报道<sup>[6-7]</sup>采用加入饱和食盐水、改变指示剂、适当减少样品量或增加溶剂用量等方法解决此问题。本实验通过对上述几种方法进行比较, 筛选出更易于判断紫菜油脂滴定终点的方法。

考虑到脂肪酸是一种弱酸, 其电离常数约为10, 用0.1mol/L氢氧化钾溶液中和时, 其滴定的pH值突跃在8.0~9.7(按理论计算), 而且紫菜油脂本身呈深绿色, 因此选择酚酞、百里酚蓝、百里酚酞等指示剂, 为了比较用不同指示剂测定紫菜油脂酸价的误差大小, 在相同条件下, 分别进行6次平行测定, 计算相对标准偏差, 并与加入饱和食盐水 and 酚酞指示剂时颜色变化和测定结果做比较, 结果如表2所示。

**表2 采用不同指示剂和加入饱和食盐水测定的烤海苔酸价结果比较**  
**Table 2 Comparison of results obtained for the detection of acid value of roasted sea sedge using different indicators and saturated NaCl solution**

指示剂	酸价/(mg/g)						RSD%	颜色变化
	1	2	3	4	5	6 平均值		
酚酞(8.2~10.0)	0.60	0.69	0.65	0.81	0.76	0.63	0.69	11.7 深绿色→橙绿色
百里酚蓝(8.0~9.0)	0.66	0.64	0.62	0.68	0.63	0.69	0.65	4.3 黄绿色→蓝绿色
百里酚酞(9.4~10.6)	0.69	0.61	0.57	0.62	0.68	0.66	0.64	7.2 深绿色→蓝绿色
30mL中性饱和食盐水 和酚酞指示剂(8.2~10.0)	0.65	0.64	0.67	0.65	0.66	0.68	0.66	2.2 无色→微红色

通过比较滴定终点的颜色变化, 发现使用酚酞指示剂时, 肉眼观察难以分辨颜色突变点, 6次平行测定结果的相对偏差较大, 达到11.7%, 影响结果的准确性。采用百里酚蓝指示剂时, 其测定结果偏差较小, RSD为

4.3%, 但是由于受到油脂本身颜色的影响, 黄绿色变成蓝绿色的突变点不易判断, 人为操作误差较大。以百里酚酞作为指示剂, 溶液由深绿色变为蓝绿色的颜色突变点难以分辨, 其测定结果相对偏差达到7.2%, 滴定灵敏度和精确度低。而由浅到深的颜色变化易于观察, 饱和食盐水溶液由无色变成微红色的突变最明显, 酸价测定结果相对偏差最小, 仅为2.2%。

对于油脂颜色呈深绿色的紫菜样品, 在测定其酸价时, 加入中性饱和食盐水溶液和2~3滴酚酞指示剂, 利用食盐水的破乳作用使反应系统呈现明显的油水两相, 部分酚酞指示剂和上层酸碱中和反应到达滴定终点后的微过量碱沉于食盐水层, 使溶液颜色变成微红色, 可以清晰地观察到滴定终点<sup>[7-8]</sup>。需要注意的是, 在接近滴定终点时, 滴定速度不宜过快, 应剧烈振摇, 使两相充分接触, 酸碱中和反应完全, 静置分层后应在白色背景下辨别下层饱和食盐水溶液色泽变化, 呈微红色且30s不褪色即为滴定终点, 同时做试剂空白。由以上比较可知, 该方法操作简单、试剂易得, 具有较高的准确性和精密度, 适用于所有深色油脂的酸价测定。

### 2.3 紫菜产品中酸价的测定

称取不同加工方式的紫菜产品20~50g, 用粉碎机将其彻底粉碎, 过40目筛, 密封, 置于避光、阴凉干燥处保存, 备用。按照上述方法测定紫菜中酸价, 同时做3个平行样, 并按照GB/T 5009.3—2003《食品中水分的测定》<sup>[9]</sup>和GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》测定紫菜产品中水分和脂肪含量<sup>[10]</sup>。

**表3 干紫菜样品中酸价、脂肪和水分的测定结果(n=3)**  
**Table 3 Acid value and fat and water contents in dried laver samples (n=3)**

样品名称(保质期)	酸价平均值/(mg/g)	RSD/%	脂肪含量/%	水分含量/%
寿司用海苔1# (2012-08-16)	0.68	3.0	0.3	6.50
寿司用海苔2# (2012-04-12)	0.74	0.8	0.7	7.08
干海苔1# (2012-08-11)	0.32	1.8	0.5	5.99
干海苔2# (2012-09-21)	0.46	2.2	0.7	2.23
烤干海苔1# (2012-10-13)	0.072	5.6	2.8	2.67
烤干海苔2# (2012-10-27)	0.14	7.1	3.8	3.65
干紫菜1# (2013-02-27)	0.14	4.2	0.4	2.84
干紫菜2# (2012-05-11)	0.40	3.9	0.4	3.81

不同加工方式的紫菜产品中脂肪含量高低不同, 酸价不仅与紫菜样品中脂肪和水分含量有关, 还与加工工艺、储存条件和保存时间有关。从表3、4可以看出, 紫菜产品的酸价都小于1.0mg/g, 均符合强制性国家标准GB 19300—2003《烘炒食品卫生标准》中规定的酸价不超过3.0mg/g限量要求<sup>[11]</sup>。对于脂肪含量较低的紫菜样品, 水分含量和保存时间是影响酸价高低的重要因素。干紫菜中脂肪含量低(<4%), 但是水分含量相对较高和保存时间较长的样品, 酸价明显较高。水分是脂肪发生水解反

应的媒介,含水量较高的样品,在接近或超过保质期的情况下,微生物生长产生大量酶,可催化脂肪的分解,使游离脂肪酸积累增多,从而加速了脂肪的酸败,导致酸价增高<sup>[12]</sup>。

**表4 烤紫菜、炒紫菜和调味紫菜中酸价、脂肪和水分的测定结果 (n=3)**

**Table 4 Acid value and fat and water contents in roasted, fried and flavored laver samples (n=3)**

样品名称(保质期)	酸价平均值/(mg/g)	RSD/%	脂肪含量/%	水分含量/%
烤紫菜1#(2012-03-27)	0.83	1.4	21.7	5.44
烤紫菜2#(2012-06-28)	0.48	3.2	28.0	4.58
炒海苔(2012-05-21)	0.72	2.9	32.0	1.73
烤海苔1#(2012-06-07)	0.38	3.1	32.2	3.11
烤海苔2#(2013-02-16)	0.18	3.8	33.6	2.19
烤海苔3#(2012-09-08)	0.36	2.0	34.8	2.21
烤海苔4#(2012-10-03)	0.30	5.0	37.2	3.43
烤海苔5#(2012-04-09)	0.93	0.6	42.7	4.41
即食烤海苔(2012-10-25)	0.22	6.4	42	1.54
即食调味海苔(2012-08-22)	0.38	1.9	46.8	1.39

从表4可以看出,对于在保质期内的较高脂肪含量的烤紫菜、炒紫菜以及调味紫菜样品,加工方式和脂肪含量是影响酸价的主要因素,水分含量对其影响程度次之。在加工过程中,真空度、加工温度与时间是影响紫菜产品脂肪含量的重要因素,进而影响了产品的酸价<sup>[13]</sup>。在高温和加工时间较短的条件下,不同真空度下加工出的产品其脂肪含量相差较小,而随着温度降低和加工时间延长,不同真空度下加工出的产品其脂肪含量相差较大,这可能是由于紫菜产品在低温长时间的烘烤、炒制及调味加工过程中,其组织更易吸收油脂所致。总之,测定紫菜产品中酸价不仅可以判断贮藏期间品质的变化情况,并根据酸价变化情况确定产品最适储存条件和保质期。

### 3 讨论

关于酸价的测定方法,目前主要有比色法、容量分析法、自动电位滴定法、流动注射电化学分析法和近红外光谱法等<sup>[14-15]</sup>。Fuse等<sup>[16]</sup>采用流动注射电化学分析法测定油脂酸价,采用溶解2-甲基-1,4-萘醌亚硫酸氢钠和高氯酸锂的乙醇溶液作为载流,通过监测流动信号测定酸价,该方法能快速检测多个样品,但是操作相对复杂,所用试剂不易得;Rao Yulan等<sup>[17]</sup>采用近红外透射光谱法对花生油的酸价进行定性分析和定量检测,并采用偏最小二乘多元回归分析方法建立了花生油品质分类模型。Kuselman等<sup>[18]</sup>采用电位滴定法测定油籽的酸价,结果表明电位滴定法具有灵敏度高、精确度高、自动化程度高等优点,避免了手工滴定对颜色判断的人为误差,但是

由于电位滴定仪价格昂贵,难以在基层单位和加工企业全面推广。

改进的容量分析法具有操作简单、结果准确、成本较低等优点,可以作为国标法测定酸价的有效补充手段进行推广应用。目前国内关于酸价测定的方法标准一般只局限于动植物油脂,而测定紫菜、坚果等固体样品的酸价时,不能直接取样滴定,必须经过预处理,先提取出脂肪才能测定<sup>[19-21]</sup>。本实验通过对3种脂肪提取方法进行比较分析,发现索氏抽提法适用于水分含量较低的海藻样品,对于水分含量较高的水产品,可考虑采用超声浸提法提取游离脂肪。另外,对于从紫菜中提取的深色油脂,利用中性饱和食盐水的破乳分层作用,可清晰判断滴定终点,从而使紫菜等水产品也能直接用容量法进行酸价测定。

紫菜是我国出口创汇和发展外向型渔业经济的主导产品之一<sup>[22]</sup>。据统计,我国每年80%以上的紫菜加工产品出口外销,主要海外市场包括日本、韩国、美国、加拿大、欧洲、东南亚等国家和地区<sup>[23]</sup>。近年来,日本作为世界上最大的紫菜消费国,频繁出台多项严格的质量安全标准,并采取配额管制、原产地限制等产业政策对紫菜进口国和进口数量进行严加控制,导致我国紫菜产品出口日本频遭技术贸易壁垒。韩国调味紫菜标准中明确规定了酸价的检测方法和限量值,而我国现行的紫菜标准中对酸价项目未作规定,也无检验方法,因而无法正确地评定我国紫菜产品品质的优劣。紫菜产品中酸价测定方法的建立,在一定程度上弥补了国内相关检测技术的空白,为紫菜产品的质量控制和安全出口提供了技术保障,也为有效规避和积极应对技术性贸易壁垒提供了参考依据。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.37—2003 食用植物油卫生标准的分析方法[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5530—2005/ISO660: 1996 动植物油脂: 酸值和酸度测定[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [3] AOCS Official method Cd 3a-63 acid value[S]. USA: The American oil chemists' society. Revised in 1987 and Reapproved in 1989.
- [4] 叶秀娟. 食品中酸价和过氧化值测定方法的改进[J]. 现代食品科技, 2011, 27(10): 1285-1287.
- [5] 赵东豪,黎智广,杨金兰,等. 水产品中酸价测定方法的研究[J]. 南方水产, 2009, 5(5): 72-74.
- [6] 赖耀英. 影响油脂酸价检验准确性的因素与对策[J]. 广东科技, 2010, 233(3): 66-67.
- [7] 刘瑞兴,吴苏喜. 深色油脂酸价测定新方法的研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2006(5): 51-55.
- [8] 李兰芳,栾玉明,潘翊,等. 辣椒油中酸价测定方法的探讨分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2010(4): 746-747.
- [9] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T

- 5009.3—2003 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [10] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB/T 5009.6—2003 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [11] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. GB 19300—2003 烘炒食品卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [12] GAO Gui, ZHENG Liangyu, ZHANG Zuoming, et al. Monitoring the hydrolysis of olive oil catalyzed by lipase via acid value detection[J]. *Chemical Research in Chinese Universities*, 2007, 23(2): 196-199.
- [13] 杨金生, 尚艳丽, 夏松养. 低温真空油炸对半干水产品营养成分和食用油品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(10): 173-177.
- [14] 周令国, 肖琳, 祝义伟, 等. 近红外光谱技术快速检测腊肉酸价和过氧化值[J]. *肉类研究*, 2012, 26(3): 30-33.
- [15] 严梅荣, 李丽思. 比色法测定油脂酸价的研究[J]. *食品科学*, 2006, 27(11): 408-411.
- [16] FUSE T, KUSU F, TAKAMURA K, et al. Determination of acid values of fats and oils by flow injection analysis with electrochemical detection[J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 1997, 15(9): 1515-1519.
- [17] RAO Yulan, XIANG Bingren, ZHOU Xiaohua, et al. Quantitative and qualitative determination of acid value of peanut oil using near-infrared spectrometry[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 93(2): 249-252.
- [18] KUSELMAN I, TUR'YAN Y I, BURENKO T, et al. pH-Metric determination of acid values in oilseeds without titration[J]. *Talanta*, 1999, 49(3): 629-637.
- [19] 宋金华. 坚果食品酸价和过氧化值测定方法的改进[J]. *现代预防医学*, 2006, 33(4): 578-579.
- [20] 郝林华, 徐雁. 鱼粉中酸价测定方法的研究[J]. *中国饲料*, 2000(3): 14.
- [21] 罗钦, 陈人弼, 宋永康, 等. 发酵鱼粉中酸价测定方法的研究[J]. *福建分析测试*, 2009, 18(3): 39-41.
- [22] 李晓川. 我国紫菜产业发展、标准状况及安全性评价[J]. *中国渔业质量与标准*, 2011, 1(3): 9-12.
- [23] 安载学, 王昱, 徐晓红, 等. 中日韩紫菜产业回顾与分析[J]. *农业与技术*, 2011, 31(2): 7-11.