

基于 TTI 的冷鲜羊肉新鲜度研究

郭素娟, 卢士玲*, 李开雄*, 许程剑, 李宝坤, 姬 华, 董晓婉

(新疆石河子大学食品学院, 新疆石河子 832000)

摘 要:本文研究了一种脂肪酶型时间温度指示体系(TTI),确定混合指示剂的最佳优化比为:甲酚红、溴代麝香酚兰、酚酞的体积比为2:3:10。以脂肪酶为底物,确定时间—温度指示体系为:pH9.00的Gly-NaOH缓冲溶液39.5mL,聚乙烯醇-三丁酸甘油酯7.5mL,2.0g·L⁻¹脂肪酶1.0mL,混合指示剂1.0mL,1mol·L⁻¹Ca²⁺溶液1.0mL。并在相同环境下,测定羊肉的挥发性盐基氮(TVBN)值,从反应体系的颜色变化直观反映羊肉的新鲜程度。

关键词:羊肉;指示剂;TTI;新鲜度

Study of freshness of chilled mutton based on of the temperature-time indication system

GUO Su-juan, LU Shi-ling*, LI Kai-xiong*, XU Cheng-jian, LI Bao-kun, JI Hua, DONG Xiao-wan

(Food College of shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract:In order to evaluate the freshness of chilled mutton,a time-temperature indicator(TTI) system based on lipase was investigated in this paper.The optimal ratio of the mixed indicator was 2:3:10 due to Cresol red,Bromo phenol blue musk and Phenolphthalein.TheTTI system was established as Gly-NaOH buffer solution(39.5mL,pH9.00),Polyvinyl-tributyryn(7.5mL),2.0g·L⁻¹(1.0mL) lipase,mixed indicator(1.0mL),1mol·L⁻¹Ca²⁺ solution(1.0mL) where lipase served as substrate. In the same condition, the volatile basic nitrogen(TVBN) value was also determined and the color of the reaction system was associated with the freshness of mutton directly.

Key words:mutton;indicator;TTI;freshness

中图分类号:TS251.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2014)13-0112-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2014.13.015

随着生活水平的提高,食品质量安全问题越来越引起人们的重视。影响肉类质量安全的因素很多,不仅受微生物、酶类和生化反应等内部因素,还有温度、湿度、pH、气体成分和包装等外部因素的影响^[1],在肉类冷链中,温度是影响肉类品质的主要因素之一,温度因环境的变化而发生波动,而国外要求从生产到销售的每个环节的温度都不得高于设定温度^[2]。冷鲜羊肉在贮运及销售过程中,冷链系统的建立是必不可少的,但在实际的生产中,冷链的温度经常偏离设定的温度或处于“断链”状态,储运和销售波动的温度不当会加快羊肉品质的下降速率^[3],由于温度的不可预测性,造成对食品货架期的难预测性,尤其是对肉的质量安全有着很大的影响,因此研究与之相对应的时间-温度指示体系(Time-temperature indicator system)是很有必要的,将其用于检测和控制羊肉冷链过程中温度的变化^[4]。

时间-温度指示卡(TTI)是一种简单便宜的装置,作为包装的一部分,它可呈现出易于测量且与时间及温度相关的变化,这种变化通常表现为机械形变或者是颜色变化,能够反映出被指示产品的全部或部分温度历史^[5]。

目前国外有4种TTI用于市场应用,主要用酶型、扩散型、化学型和电子型^[6],已经应用于牛乳^[7]、冷冻汉堡^[8]、冰冻牛肉^[9]、蘑菇^[10]等食品领域中。国内对其研究的较晚,起点也较低,主要集中在电子型TTI和酶制剂TTI的研究,上海理工大学应用单片机技术,谷雪莲,杜巍于2005年研制出能监测和记录冷藏链时间-温度变化和剩余货架期的指示器^[11],并且进行了牛乳在冷藏链中保质问题的研究^[12]。浙江大学吴秋明进行了以脲酶反应为基础的TTI^[13]和宁鹏,吴丹以碱性脂肪酶反应为基础的TTI^[14-15]的研制。

酶制剂TTI,主要是甘油酯在脂肪酶的作用下,可将甘油酯水解,生成脂肪酸和甘油,由于水解产生的脂肪酸的累积,从而导致pH下降,利用pH指示剂的颜色变化,可以推断反应体系的进程^[15]。

酶型时间-温度指示体系是通过指示反应体系pH的变化而引起指示剂颜色变化,而羊肉新鲜程度受温度时间的影响,从而指示体系的颜色可指示羊

收稿日期:2013-10-23 *通讯联系人

作者简介:郭素娟(1986-),女,硕士研究生,研究方向:畜产品加工。

基金项目:石河子大学高层启动资金专项(RCZX201020);新疆生产建设兵团重点领域科技攻关项目(2013BA012);石河子大学“263”人才培养计划中“青年骨干教师”(SP08011)。

肉品质的变化历程,监控羊肉质量安全变化^[16]。使羊肉在运输和销售中最大限度的提高羊肉的质量安全,从而指导生产和消费。

本文主要研究一种脂肪酶型 TTI 的反应体系,并将这个体系应用于羊肉在储运和销售过程中的新鲜度的检测,挥发性盐基氮(TVB-N)是羊肉在腐败过程中产生的一种物质,是羊肉中蛋白质在蛋白质酶和微生物的条件下,分解产生盐基氮类含氮物,TVB-N是判定羊肉新鲜度的一个重要指标,因为分解产物的含量与动物性食品的新鲜程度有明显的对应关系,参照国标 GB/T5009.44-2003 判定羊肉的新鲜度。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

羊肉 取自新疆石河子中心农贸市场,为当天清晨宰后 1h 的羊肉;脂肪酶 上海楷洋生物技术有限公司,编号:M0024;甘氨酸(Glycine) 天津市大茂化学试剂厂;三丁酸甘油酯 上海楷洋生物技术有限公司,编号:Q1607;氢氧化钠 天津市北辰反正试剂厂;溴代麝香酚兰 北京化工厂;聚乙烯醇(PVA-124) 天津市西尔斯化工有限公司;酚酞、苯酚红、无水乙醇,以上试剂均为分析纯。

赛多利斯 UB 型号 pH 计 德国赛多利斯;申光 WSC-S 型色差仪 上海精密科学仪器有限公司;SH21-1 磁力搅拌器 上海梅颖浦仪器仪表制造有限公司;SL2002N 电子天平 上海民桥精密科学仪器有限公司;ZXSD-1160 全自动新型生化培养箱 上海智诚分析仪器制造有限公司;T25-DS25UC TRA-TURRAX 数显型匀浆机 德国 IKA。

1.2 试剂配制方法

1.2.1 0.05mol/L pH9.0 的 Gly-NaOH 缓冲溶液的配制 50mL 0.2mol/L 的 Gly 溶液和 8.8mL 0.2mol/L 的 NaOH 溶液加蒸馏水定容至 200mL。

1.2.2 pH 指示剂的配制 溴代麝香酚兰的配制:称 0.05g 溶于 100mL 20% 的乙醇中,配成 0.05% 的溴代麝香酚兰指示剂,在常温下保存。

酚酞的配制:称 0.1g 溶于 100mL 60% 的乙醇中,配成 0.1% 的酚酞指示剂,在常温下保存。

甲酚红的配制:称 0.1g 溶于 100mL 60% 的乙醇中,配成 0.1% 的甲酚红指示剂,在常温下保存。

混合指示剂的配制:取 0.1% 的甲酚红、0.05% 的溴代麝香酚兰和 0.1% 的酚酞溶液做正交实验,结果如表 1 所示:

采用色差仪对混合指示剂测量,ΔE 变异系数越大,说明对混合指示剂的影响越大。ΔE 变异系数是针对各组中测量出的 L*、a*、b* 值,求得的 ΔE,计算公式:ΔE 变异系数 C·V = (标准偏差 SD ÷ 平均值 MN) × 100%。

1.2.3 2.0g·L⁻¹脂肪酶溶液配制 称取 0.2g 脂肪酶,溶于 0.05mol/L pH9.0 的 Gly-NaOH 缓冲溶液,定容至 100mL,静置 1h,过滤取滤液,即得 2.0g·L⁻¹的酶溶液,将滤液置于 4℃ 以下保存,备用。

1.2.4 25g·L⁻¹聚乙烯醇(PVA-124)溶液配制 称取 6.25g 的聚乙烯醇粉末,加入 200mL 0.05mol/L pH 为

9.0 的 Gly-NaOH 缓冲液,在 80℃ 的超声波清洗机中保持 1.5h,至完全溶解,冷却定容至 250mL,备用^[17]。

表 1 混合指示剂因素水平表
Table 1 Factors and levels of mixed indicator

水平	因素		
	A 0.1% 的甲酚红溶液 (mL)	B 0.05% 的溴代麝香酚兰溶液 (mL)	C 0.1% 的酚酞溶液 (mL)
1	1	1	10
2	2	2	8
3	3	3	5

1.2.5 乳化液的配制 量取 PVA124 100mL,加入三丁酸甘油酯 5mL,10000r/min 高速分散机^[14,18],乳化 6min,中间暂停 5min,(即 3min~5min~3min),乳化液冷藏备用。

1.2.6 1mol·L⁻¹ Ca²⁺ 溶液的配制 称取 11.1g 氯化钙,加去离子水,定容至 100mL,即得 1mol·L⁻¹ Ca²⁺ 溶液。

1.3 实验方法

取 0.05mL 混合指示剂分别加入 15mL pH 6.0、6.5、7.0、7.5、8.0、8.5、9.0 的 Gly-NaOH(0.05mol/L)溶液,混匀后用色差仪测定颜色指标(L*、a*、b*),每组测 3 个平行。

1.4 反应体系的确定和最佳体系 pH 的测定

1.4.1 反应体系的确定 经过多次预实验,配制 5 组不同底物浓度的反应体系,配制所用的原料有:2.0g·L⁻¹脂肪酶溶液、聚乙烯醇三丁酸甘油酯乳化液、0.05mol/L pH9.0 的 Gly-NaOH 缓冲液,1mol·L⁻¹ Ca²⁺ 溶液 1.0mL,每组做 3 个平行。取 100mL 锥形瓶分别放入以上体系的溶液,使其初始 pH 为 9.0,放入到 4℃ 使其充分反应,每隔 12h 用 pH 计测一次 pH。

以底物浓度变化建立的 TTI 体系,查阅相关文献报道^[15]进行优化,其配方如表 2 所示:

1.4.2 最佳体系 pH 的测定 从 1.4.1 实验条件中可得出最佳的一个反应体系配比,将最佳反应配比分别置于 0、4、10、15、20℃ 条件下,测量不同温度和时间下对反应体系的 pH,每组测 3 个平行。

1.5 挥发性盐基氮(TVBN)的测定

参照国标 GB/T5009.44-2003 对鲜肉的挥发性盐基氮的测量方法,测量羊肉在相同储藏温度和时间条件下的挥发性盐基氮^[19]。

2 结果与分析

2.1 混合指示剂的确定

处理测量数据,得出 A2B3C1 的 ΔE 变异系数为 33.051% 最大,所以第 6 组即体积比为 2:3:10 是最佳比例,且与肉眼识别出来的颜色一致,见表 4。

2.2 混合指示剂的测定

2.2.1 混合指示剂 L*、a*、b*-pH 关系图 混合指示剂与不同 pH 缓冲溶液混合后,其测得的 L*、a*、b* 值及其和值随 pH 的变化如图 1 所示:

L* 值代表物体明度,在溶液的 pH9.0 到 pH6.0 区间,从小到大表明物体颜色由深到浅,从 L*~pH

表2 不同底物含量的配比

Table 2 The ratio of different substrates in indicator

组数	乳化液(PVA-124 + 酯) (mL)	0.05mol/L pH 9.00 Gly-NaOH 溶液(mL)	混合指示剂 (mL)	2.0g·L ⁻¹ 脂肪酶 (mL)	1mol·L ⁻¹ Ca ²⁺ 溶液 (mL)
1	5.5	41.5	1.0	1.0	1.0
2	7.5	39.5	1.0	1.0	1.0
3	9.5	37.5	1.0	1.0	1.0
4	11.5	35.5	1.0	1.0	1.0
5	13.5	33.5	1.0	1.0	1.0

表3 混合指示剂在不同 pH 的颜色

Table 3 Color of indicators with different pH

pH	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	6.00
混合指示剂的颜色	紫红色	蓝色	青蓝色	青绿色	黄绿色	黄色	浅黄色

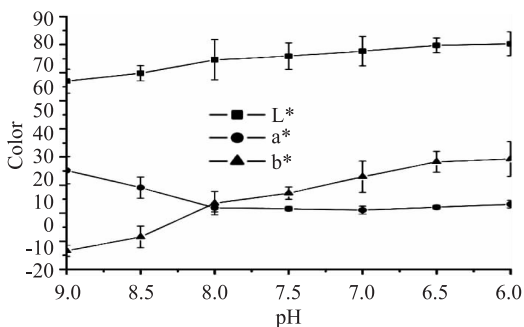


图1 混合指示剂 L *、a *、b *~pH 关系图

Fig.1 The relationship of

L *, a *, b *~pH in mixed indicator

关系图可知 L * 值随着 pH 的变化逐渐呈现由小到大的趋势,这说明在 pH 较大时,反应液呈现比较暗沉的颜色,随着反应的进行,三丁酸甘油酯在脂肪酶的作用下发生水解,累积的脂肪酸增多,引起体系的 pH 下降,L * 值也逐渐变大,反应液变明,由暗到明的过程用肉眼观察是很明显的。

表4 混合指示剂的实验结果

Table3 The results of mixed indicator

组数	A	B	C	ΔE 变异系数 (%)
1	1	1	1	25.762
2	1	2	2	26.034
3	1	3	3	26.302
4	2	1	2	26.799
5	2	2	3	26.402
6	2	3	1	33.051
7	3	1	3	27.406
8	3	2	1	28.51
9	3	3	2	26.871
K ₁	26.033	26.625	29.108	
K ₂	28.75	26.982	26.568	
K ₃	27.595	28.741	26.703	
R	2.718	2.085	2.54	

a * 值代表红绿程度,由大到小,表明物体由红到绿,由 a *~pH 关系图可知,在溶液的 pH9.0 到

pH6.0 区间,a * 值呈现由大到小的趋势,且都是正值,只是在 pH6.5 以下时有所上升,说明随着反应的进行,反应液呈现先由紫红到浅黄色的趋势。

b * 值代表黄蓝程度,从大到小表明物体由黄到蓝,由 b *~pH 关系图可知,在溶液的 pH9.0 到 pH6.0 区间,b * 值呈现由小到大的趋势,说明随着反应的进行,反应液呈现由蓝到黄的趋势。

2.2.2 混合指示剂在不同 pH 对应的颜色 将仪器测定得到的数据与肉眼进行观察相结合,结果显示混合指示剂在 pH9.0~6.0 范围内能很好的指示反应体系的颜色变化,且颜色的变化趋势是紫红色、蓝色、青蓝色、青绿色、黄绿色、黄色、浅黄色,具有较好的辨别力^[20],见表 3。

2.3 反应体系的确定

2.3.1 不同组分的配比溶液体系测量结果 由图 2 可看出,5 组体系都能很好的指示出颜色的变化和 pH 的变化,只是第 4 组体系和第 5 组体系的反应过快,第 5 组体系在第 5d 的 pH 就达到了 5.92,这样不能准确的指示以后的储藏温度了,第 4 组体系在第 7d 的 pH 达到了 6.21,由于羊肉在 0~4℃ 储藏可长达 13d,因此第 4 组体系也不符合要求,从储藏时间的长短和成本的投入综合考虑,最后选用第 2 组体系为最佳体系,即聚乙烯醇-三丁酸甘油酯乳化液 7.5mL, Gly - NaOH 缓冲溶液 39.5mL, 混合指示剂 1.0mL, 2.0g · L⁻¹ 脂肪酶 1.0mL, 1mol · L⁻¹ Ca²⁺ 溶液 1.0mL

2.3.2 最佳体系 pH 的测定 从图 3 得出,本反应体系在不同温度条件下反应时间长短不同,体系随着反应时间的推移,不同温度的 pH 变化显著,且在 0~4℃ 条件下,反应体系时间长达 14d。

从测得的 pH 数据和反应体系颜色的变化可以得出,在不同的温度条件下反应有着很大的差别,在 0~4℃ 反应体系 pH 得变化与体系颜色相对应,反应过程中 pH 由 9.0 降到 6.0 左右,颜色由紫红色变到浅黄色。

2.4 挥发性盐基氮(TVBN)的测定

参照国标 GB/T5009.44-2003 判定标准,TVBN 的含量 < 15mg/100g 为一级鲜肉;TVBN 的含量 < 25mg/100g 为二级鲜肉;TVBN 的含量 ≥ 25mg/100g

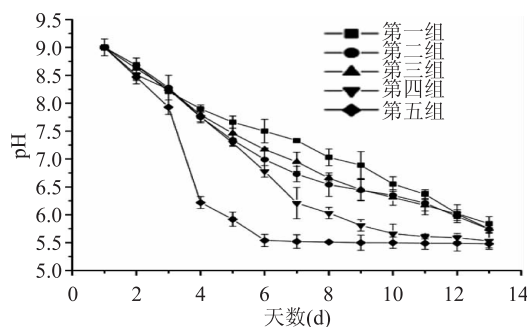


图2 不同配比溶液体系测量结果

Fig.2 Solution system measurement results of different proportions

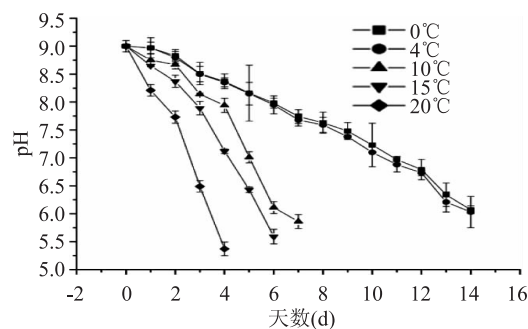


图3 反应体系在不同温度和时间下 pH 的测量

Fig.3 Reaction temperature and time at different pH values

为腐败肉。可以得出:羊肉在 0~4℃ 条件下,可以储藏 11d,在 10℃ 条件下可以储藏 5d,15℃ 条件下可以储藏 4d,20℃ 条件下可以储藏 3d,因此,在运输和销售过程中,偶有小范围的温度波动对其影响不会太大,可以满足运输和市场销售时间。

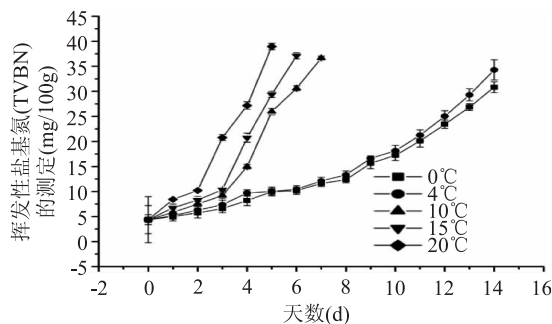


图4 不同温度和时间羊肉的挥发性盐基氮(TVBN)的测定(mg/100g)

Fig.4 Different temperatures and times lamb volatile basic nitrogen (TVBN) Determination(mg/100g)

从体系颜色 pH 的变化与羊肉的挥发性盐基氮(TVBN)的测量相结合,得出体系的 $\text{pH} > 7.50$ 时,为一级鲜肉;体系的 $7.50 > \text{pH} > 6.80$ 时,为二级鲜肉;体系的 $\text{pH} < 6.80$ 时,为腐败肉。

3 结论

通过本实验的研究确定了时间-温度指示体系为: $\text{pH} 9.00$ 的 Gly-NaOH 缓冲溶液 39.5mL,聚乙烯醇-三丁酸甘油酯 7.5mL, $2.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 脂肪酶 1.0mL,混合指示剂 1.0mL, $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Ca}^{2+}$ 溶液 1.0mL,总体积为

50mL。把体系颜色的变化与羊肉的挥发性盐基氮(TVBN)的测量相结合,得出体系的 $\text{pH} > 7.50$ 时,为一级鲜肉;体系的 $7.50 > \text{pH} > 6.80$ 时,为二级鲜肉;体系的 $\text{pH} < 6.80$ 时,为腐败肉。体系的颜色变化与羊肉的新鲜度较一致,羊肉由新鲜到腐败的过程中,体系的颜色由深变浅,由紫红色到蓝色,最后成淡黄色,颜色变化明显,与以前研究的成果相比,实用性更方便,快捷,从而指导生产和消费。

参考文献

- [1] Mand.Food industry briefing series: shelf life [M].London: Blackwell Science,2002.
- [2] 邱嘉昌.上海市食品冷藏链的进展和展望[A].上海市制冷学会 2001 年学术年会论文集[C].2001.
- [3] Koutsoumanisk, stamatioua, skandamisp, *et al.* Development of a microbial model for the combined effect of temperature and pH on spoilage of ground meat, and validation of the model under dynamic temperature conditions [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2006, 72(1): 124-134.
- [4] 吕志业.基于酶化学原理的时间-温度指示器研究[D].无锡:江南大学,2009.
- [5] TAOUKIS P S, LABUZA T P. 'Applicability of TimeTemperature Indicators as shelf life monitors offood products' [J]. J Food Sci, 1989, 54: 783-788.
- [6] 姜华.区域物流系统的特征及其与区域经济系统的关系[J].中国青年政治学院学报,2006, (3): 87-90.
- [7] 邓巧云,李大纲.论现代物流发展对包装的要求[J].包装工程,2007, 28(9): 77-78.
- [8] Wells J H, Singh R P, Noble A C. A graphical interpretation of time-temperature related quality changes in frozen food [J]. J Food Sic, 1987, 52: 436-439, 444.
- [9] Rodriguez N, Zaritzky N E. Development of a time-temperature integrator indicator for frozen beer [J]. J Food Sci, 1983, 48: 1526-1531.
- [10] 王晓原,李军.灰色 GM(1,1)模型在区域物流规模预测中的应用[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2005, 29(3): 613-615.
- [11] 谷雪莲,杜巍,华泽钊,等.预测牛乳货架期的时间-温度指示卡的研制[J].农业工程学报,2005, 21(10): 142-146.
- [12] 谷雪莲,刘宝林,华泽钊,等.电子式时间-温度指示器监测牛乳货架期的实验研究[J].食品科学,2006, 27(10): 508-510.
- [13] 吴秋明.应用脲酶开发货架寿命指示体系的研究[D].杭州:浙江大学,2005.
- [14] 吴丹.碱性脂肪酶货架寿命指示体系的开发[D].杭州:浙江大学,2005.
- [15] 宁鹏,费英,徐幸莲,等.碱性脂肪酶性时间-温度指示卡反应体系的研究[J].南京农业大学学报,2009, 32(1): 115-120.
- [16] Bobelyn E, Hertog M, Nicolaim. Applicability of an enzymatic time temperature integrator as a quality indicator for mushrooms in the distribution chain [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 42: 104-114.

五味子浆果酚类成分提取与分离鉴定

刘长姣^{1,2}, 张守勤^{2,*}, 于徊萍¹, 孟宪梅¹

(1. 吉林工商学院, 粮油食品深加工吉林省高校重点实验室, 吉林长春 130062;

2. 吉林大学, 生物与农业工程学院, 吉林长春 130022)

摘要:以酚类成分得率为指标, 研究五味子浆果中酚类成分的提取工艺, 并确定主要成分。通过单因素实验和均匀实验确定五味子浆果酚类成分的最佳提取条件; 提取物经分离纯化后用紫外扫描图谱, pH 颜色反应, 结合 HPLC-MS/MS 技术鉴定主要的酚类成分。结果表明, 最佳的浸提工艺为: 提取时间 45min、液固比 6:1, 最优得率 1.085%, 主要的酚类成分是 cyanidin-3-O-xylosylrutinoside, 也是五味子的主要色素成分。

关键词:五味子, 浸提法, 分离鉴定, 酚类物质, 浆果

Extraction and identification of phenolic constituents in *Schisandra chinensis* (Turcz.) Bail berry

LIU Chang-jiao^{1,2}, ZHANG Shou-qin^{2,*}, YU Huai-ping¹, MENG Xian-mei¹

(1. Jilin Province Key Laboratory of Grain and Oil Processing of Jilin Business and Technology College, Changchun 130062, China;

2. Biological and Agricultural College of Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: The phenolic constituents yield of *S. chinensis* berry was chosen as indicators. The optimal extraction conditions of leaching extraction were studied and the major phenolic ingredient in the extract was identified. Single factor and uniform test were used to determine the optimal extraction process of phenolic constituents. The extract was purified and analyzed by UV spectrophotometry and pH color response. HPLC/MS/MS technique was employed to identify the major phenolic constituents. The results showed that the optimal extraction conditions of phenolic constituents were extraction time 45min, liquid-solid ratio 6:1, optimal yield 1.085%. The major phenolic component was identified as cyanidin-3-O-xylosylrutinoside, which was also the main red pigment of *S. chinensis* berries.

Key words: *Schisandra chinensis* (Turcz.) Bail; leaching extraction; separation and identification; phenolic constituents; berry

中图分类号: TS201.6

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2014)13-0116-04

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2014.13.016

五味子(*Schisandra chinensis* (Turcz.) Bail) 为我国常用滋补强壮中药, 始载于神农本草经, 结合代表五行的辛、甘、酸、苦、咸五种味道于一身。五味子是可用于保健食品的中药之一^[1], 其浆果呈鲜艳红色, 是东北特色浆果。五味子浆果含有丰富的活性成分, 如木脂素、酚类成分、氨基酸、维生素等。目

前五味子的应用主要以干燥果实的形式应用于制药业, 其浆果中果汁和果肉未能充分利用。近年研究表明, 浆果中酚类物质具有抗氧化、抗衰老、降低血脂、预防高血压、冠心病等多种对人体有益的作用^[2-3]。同时随着人们生活水平的提高, 人们日益青睐于源于自然、风味独特、营养丰富并具有一定保健功能的浆果类食品^[4-6]。因此本文以五味子浆果为原料, 以果汁与果渣中的酚类成分为目标, 建立合理的提取工艺, 并鉴定主要酚类成分, 为五味子浆果在果汁饮品和其它功能产品方面的开发利用提供理论依据。

收稿日期: 2013-10-15 * 通讯联系人

作者简介: 刘长姣(1981-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 天然产物有效成分提取与分离。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30472135)。

[17] Giannakourou M C, Taoukis P S. Application of a TTI-based distribution management system for quality optimization of frozen vegetables at the consumer end [J]. J Food Sci, 2003, 68: 201-207.

[18] 杨华, 姜永红. 国产碱性脂肪酶的测定方法和特性研究

[J]. 中国食品学报, 2006, 6(3): 138-142.

[19] GB/T 5009-44-2003, 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S].

[20] 宁鹏, 徐幸莲, 费英, 等. 碱性脂肪酶时间-温度指示卡指示剂的研究[J]. 江西农业学报, 2008, 20(8): 85-87.