

气相色谱法测定凉拌菜中的 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇

高家敏, 黄湘鹭, 宋 钰, 曹 进*, 张庆生

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘 要: **目的** 建立同时测定凉拌菜中 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇的气相色谱分析方法。**方法** 样品中的丙二醇经无水乙醇提取、浓缩后, 用毛细管柱气相色谱法测定。**结果** 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇分别在 3.03~505.00 mg/L 和 3.06~510.00 mg/L 范围内呈良好的线性关系, 相关系数分别为 0.9999 和 1, 方法的检出限分别为 0.95 mg/kg 和 0.96 mg/kg ($S/N=3$), 在 60、30、3 mg/kg 3 个添加水平下, 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇的平均回收率为 93.7%~107.8%, RSD 为 0.97%~2.26% ($n=9$)。**结论** 本方法灵敏度高、重现性好、简单快捷, 用于凉拌菜中 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇的同时检测, 结果较满意。

关键词: 凉拌菜; 1,2-丙二醇; 1,3-丙二醇; 气相色谱法

Measurement of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol in salad by gas chromatography

GAO Jia-Min, HUANG Xiang-Lu, SONG Yu, CAO Jin*, ZHANG Qing-Sheng

(National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method of simultaneous determination of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol in salad by gas chromatography. **Methods** Propanediols in samples were extracted with anhydrous alcohol concentrated by rotary evaporator and analyzed by gas chromatography. **Results** The method showed a good linearity over the range of 3.03~505.00 mg/L for 1,2 propanediol and 3.06~510.00 mg/L for 1,3 propanediol, with correlation coefficients of 0.9999 and 1 respectively. The limits of detection for 1,2 propanediol and 1,3 propanediol were 0.95 mg/kg and 0.96 mg/kg ($S/N=3$), respectively. The recoveries were 93.7%~107.8% at the spiked level of 60, 30, 3 mg/kg with the RSD between 0.97% and 2.26% ($n=9$). **Conclusion** This method is sensitive, reliable, and simple, which has been applied for the determination of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol in salad with satisfactory results.

KEY WORDS: salad; 1,2 propanediol; 1,3 propanediol; gas chromatography

1 引 言

丙二醇分为 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇, 均为无色

黏稠液体, 有吸湿性, 几乎无味无嗅, 毒性和刺激性都较小, 广泛应用于食品、化妆品、制药和烟草等行业^[1-3]。丙二醇属于多元醇类化合物, 具有两个羟基,

*通讯作者: 曹进, 副研究员, 主要研究方向为分析化学。E-mail: cao1208@gmail.com

*Corresponding author: CAO Jin, Associate Research, National Institutes for Food and Drug Control, No.2, Tiantan Xili, Dongcheng District, Beijing, China. E-mail: cao1208@gmail.com

易和水分子形成氢键,具有一定的吸湿性,食品中添加丙二醇可以通过保湿从而保持一定的水分,同时它不增加水分活度,常作为润滑剂,改善食品的感官品质;另外丙二醇作为水分保持剂在生湿面制品中得到了大量的应用^[4,5]。但是,由于丙二醇为化学合成品,在实际应用中存在部分限制,我国《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》(GB 2760-2011)^[6]规定丙二醇可用于糕点,最大使用量为 3.0 g/kg;用于生湿面制品(如面条、饺子皮、馄饨皮、烧麦皮),最大使用量为 1.5 g/kg。作为该物质的检测,国家标准《食品中1,2-丙二醇的测定》(GB/T 23813-2009)^[7]规定了糕点、膨化食品、奶油、干酪、豆制品、生湿面制品、冷冻饮品、植物蛋白饮料等食品中1,2-丙二醇的测定方法。

丙二醇的分析可采用气相色谱法、光谱法、高效液相色谱法等方法,其检测的样品一般为食品、药品、烟草等。由于丙二醇的紫外吸收波长在 210 nm 以下,属于末端吸收,不适合用高效液相色谱紫外检测器检测,用高效液相色谱法测定丙二醇多采用示差折光检测器^[8,9]。采用傅里叶变换红外光谱(fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)直接测定丙二醇水溶液中丙二醇的含量也有报道^[10]。但此二法都有一定的局限性。气相色谱法简单快速、选择性好、准确度高,是目前测定丙二醇最常用的方法。《中国药典(二部)》(2010年版)^[11]中药用辅料丙二醇的含量测定、依托咪酯注射液药品标准检查项下有关物质1,2-丙二醇的测定和羟丙基倍他环糊精检查项下1,2-丙二醇的测定都采用气相色谱法。另有报道^[12-19]用气相色谱法、气相色谱质谱联用法检测食品、药品辅料、烟草中的丙二醇以及丙二醇原料。

由于丙二醇具有保湿作用,有报道^[20]在凉拌菜中含有丙二醇,但目前国内尚没有对凉拌菜食品中该添加剂的使用和限量作相关规定,也缺乏凉拌菜中检测1,2-丙二醇或1,3-丙二醇的标准方法,因此在目前的法律规定内,凉拌菜中存在丙二醇可作为非法添加处理。为配合市场餐饮食品的监督监测,保证相关食品,特别是凉拌菜的质量安全,这里建立了一种用气相色谱法同时测定凉拌菜中1,2-丙二醇和1,3-丙二醇的方法,本方法的检出限分别为 0.95 mg/kg 和 0.96 mg/kg,以期用于常规的检验检测。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

7890A 型气相色谱仪配氢火焰离子化检测器(flame ionization detector, FID),美国安捷伦公司;DB-WAX 型石英毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm),美国安捷伦公司;SGHK-500 型氢空发生器,北京东方精华苑科技有限公司;R-210 型旋转蒸发仪,瑞士 BUCHI 公司;Vortex-Genie 2 型漩涡混匀器,美国 Scientific Industries 公司;Micro 21R 型微量离心机,美国 Thermo 公司;AL204 型电子天平,瑞士 Mettler Toledo 公司;600A 型台式离心机,北京白洋离心机有限责任公司;KQ3200DE 型数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司。

无水乙醇为色谱纯,购于美国 TEDIA 公司;无水硫酸钠为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司。

1,2-丙二醇、纯度≥99.5%,1,3-丙二醇、纯度≥98%,购于美国 Sigma 公司。

样品来源:市场上抽取的样品。

2.2 色谱条件

进样口温度:230℃;柱温:初始柱温 80℃,保持 3 min,以 2℃/min 升至 110℃,保持 10 min,以 2℃/min 升至 130℃,再以 10℃/min 升至 220℃,保持 5 min;检测器温度 250℃,载气为 N₂,流速为 1.0 mL/min,氢气流量 30 mL/min,空气流量 300 mL/min,尾吹气(N₂)流量 40 mL/min,分流比 2:1,进样体积为 1 μL。

2.3 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇混合标准工作溶液的制备

准确称取 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇各 1 g(精确至 0.0001 g),用无水乙醇溶解并定容至 100 mL,配成 10 mg/mL 标准储备液。取 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇标准储备液 0、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0、5.0 mL 分别置于 100 mL 量瓶中,加入无水乙醇稀释至刻度,摇匀,得 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇质量浓度分别为 0、10、20、50、100、200、500 mg/L 的混合标准工作溶液。

2.4 样品处理

试样用粉碎机粉碎。称取 5 g 于 50 mL 具塞离心管中,加入 20 mL 无水乙醇,漩涡混匀器上振荡混合

2 min后, 超声提取10 min, 以10000 r/min离心5 min, 吸取上清液。分2次各加入10 mL无水乙醇重复以上操作, 合并上清液, 在旋转蒸发仪上浓缩至近干, 并用无水乙醇定容至5 mL。移取提取液1.5 mL至2 mL具塞离心管中, 加入0.1 g无水硫酸钠, 漩涡混匀器上振荡混合2 min后, 以10000 r/min离心5 min, 吸取上清液待上机测试用。

2.5 样品测定

准确吸取1 μ L 1,2-丙二醇和1,3-丙二醇混合标准工作溶液和试样待测液注入气相色谱仪中, 以保留时间定性, 色谱峰峰面积定量。

2.6 1,2-丙二醇和1,3-丙二醇含量计算

$$X = c \times \frac{V \times 1000}{m \times 1000} \times 1000$$

式中: X 为试样中1,2-丙二醇或1,3-丙二醇的含量, 单位为g/kg; c 为从标准工作曲线上查出的试样溶液中1,2-丙二醇或1,3-丙二醇的质量浓度, 单位为 μ g/mL; V 为被测定样液的最终定容体积, 单位为mL; m 为试样称样质量, 单位为g。

3 结果与分析

3.1 方法的选择性

将1,2-丙二醇和1,3-丙二醇标准溶液加入到凉拌菜空白基质中, 分别按标准方法处理空白基质和加标基质后, 观测所得色谱图(图1~5), 基质成分没有对1,2-丙二醇和1,3-丙二醇的峰形造成干扰。

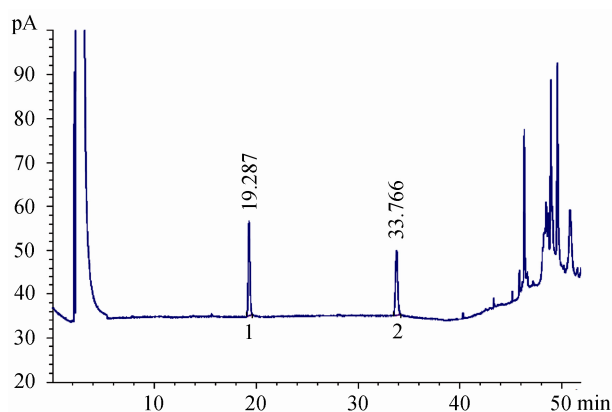


图1 1,2-丙二醇和1,3-丙二醇标准溶液的色谱图

Fig. 1 Chromatogram of standard solution of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol

注: 峰1为1,2-丙二醇, 峰2为1,3-丙二醇

Peak1 1,2 propanediol, Peak2 1,3 propanediol

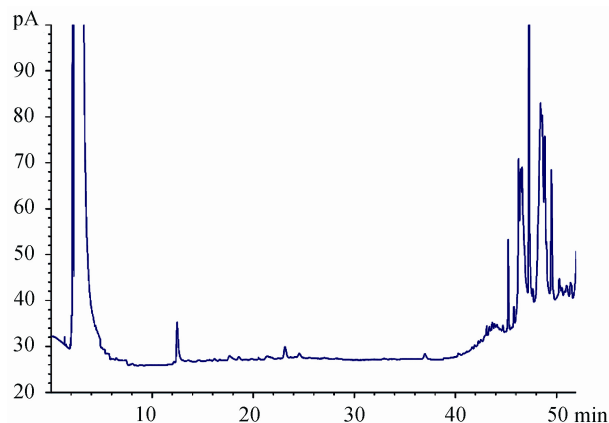


图2 肉类凉拌菜空白基质色谱图

Fig. 2 Chromatogram of the meat blank samples

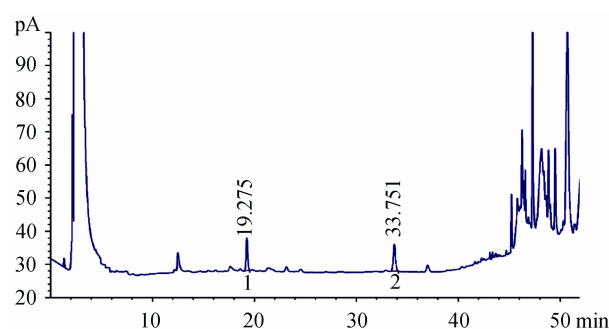


图3 肉类凉拌菜加标基质色谱图

Fig. 3 Chromatogram of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol standards in the meat blank samples

注: 峰1为1,2-丙二醇, 峰2为1,3-丙二醇

Peak1 1,2 propanediol, Peak2 1,3 propanediol

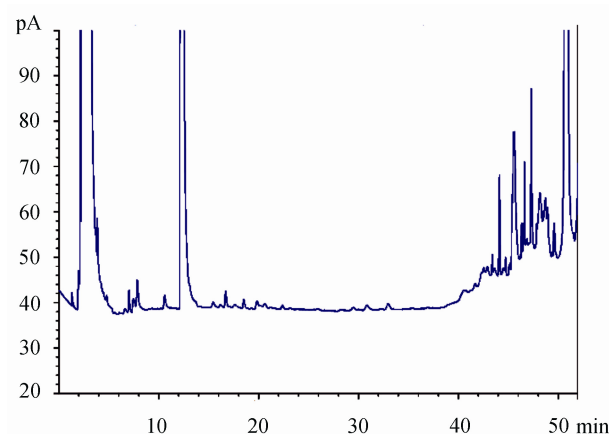


图4 蔬菜类凉拌菜空白基质色谱图

Fig. 4 Chromatogram of the vegetable blank sample

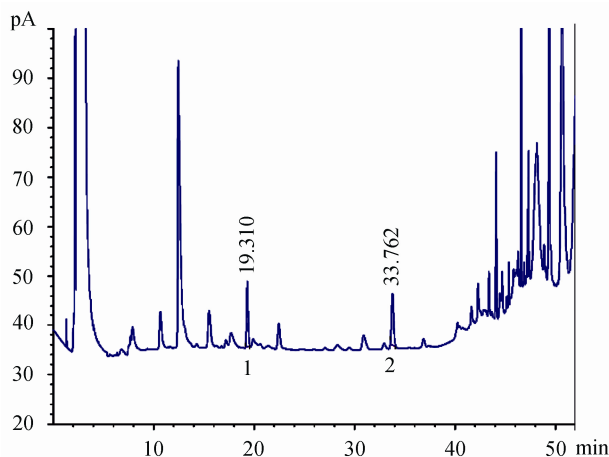


图 5 蔬菜类凉拌菜加标基质色谱图
Fig. 5 Chromatogram of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol standards in the vegetable blank samples
注: 峰 1 为 1,2-丙二醇, 峰 2 为 1,3-丙二醇
Peak1 1,2 propanediol, Peak2 1,3 propanediol

3.2 前处理方法的选择

提取溶剂的选择: 根据相似相溶的原理, 实验比较了用水和无水乙醇作为提取溶剂的提取效果。其中用水作为提取溶剂进行初提后, 再用乙酸乙酯液液萃取, 萃取液旋蒸至干后用无水乙醇溶解测定, 回收率约 30%, 结果表明液液萃取的回收率低。用水作为提取溶剂, 旋蒸至干后用无水乙醇溶解测定, 该提取方法能提取出待测物, 同时提取出的杂质比用无水乙醇作溶剂要少, 不过该方法旋蒸时间太长, 耗时, 而换用无水乙醇作为提取溶剂能提取出待测物, 待测物峰与杂质峰分离良好, 回收率符合要求。另外, 参考国家标准《食品中 1, 2-丙二醇的测定》(GB/T 23813-2009)^[7]使用无水乙醇作为提取溶剂, 因此, 考虑到对色谱柱的保护及实验效率, 最终选择毒性较低的无水乙醇作为提取溶剂。

食品基质复杂, 用有机溶剂提取提出的杂质较多, 本研究尝试用固相萃取小柱净化。在实验中对市

售 Supelco ENVI-Carb、Waters Oasis Wax 固相萃取小柱和自制中性氧化铝层析柱的净化效果进行了试验, 结果表明这些小柱都不能很好地除去凉拌菜基质中的杂质。采用把活性炭、乙二胺-N-丙基硅烷填料(primary secondary amine, PSA, 40~70 μm)和 C₁₈ 填料直接加入提取试液中吸附杂质的方法, 结果表明这些物质吸附凉拌菜基质中杂质的效果不明显。通过程序升温条件的优化, 1,2-丙二醇、1,3-丙二醇与杂质峰能良好分离, 故提取浓缩后直接进样。

3.3 线性范围、检出限和定量限

取系列浓度的 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇混合标准工作溶液依法测定, 以色谱峰面积为纵坐标、质量浓度为横坐标, 绘制标准曲线。

向空白基质样品中分别加入 100 mg/L 的混合标准工作溶液 50 μL 和 150 μL, 依法测定, 以信号强度是基线噪声的 3 倍和 10 倍为标准, 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇的方法检出限(S/N=3)和定量限(S/N=10), 结果见表 1。

3.4 重复性、精密度和稳定性

空白基质样品用粉碎机粉碎。称取空白基质样品 5 g 共 18 份, 分别加入高、中、低(60、30、3 mg/kg)3 种质量浓度的 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇混合标准工作溶液(低质量浓度加入 100 mg/L 的混合标准工作溶液 150 μL; 中质量浓度加入 500 mg/L 的混合标准工作溶液 300 μL; 高质量浓度加入 500 mg/L 的混合标准工作溶液 600 μL, 每个浓度 6 份, 依法测定, 记录峰面积, 计算含量, RSD 范围为 0.76%~1.39%, 表明方法重复性良好。每个添加浓度取 1 份供试品溶液连续进样 6 次, 记录峰面积, 计算含量, RSD 范围为 0.87%~1.66%, 表明精密度良好。每个添加浓度取 1 份供试品溶液于配置后 0、2、4、8、12、24 h 分别进样, 记录峰面积, 计算含量, RSD 范围为 0.87%~1.66%, 表明稳定性良好。重复性、精密度和稳定性结果见表 2。

表 1 线性范围、线性方程、相关系数、检出限(LOD)和定量限(LOQ)					
Table 1 Linear ranges, regression equations, correlation coefficients, limits of determination and limits of quantification					
化合物名称	线性范围(mg/L)	线性方程	相关系数(r)	检出限(mg/kg)	定量限(mg/kg)
1,2-丙二醇	3.03 ~ 505	Y=2.6716X-5.2774	0.9999	0.95	3.03
1,3-丙二醇	3.06 ~ 510	Y=2.7457X-5.0976	1	0.96	3.06

表 2 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇的重复性、精密度和稳定性
Table 2 Repeatability, precision and stability of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol

化合物名称	质量浓度 (mg/kg)	重复性		精密度		稳定性						
		测定 平均值 (mg/kg)	RSD(%)	测定 平均值 (mg/kg)	RSD(%)	0 h	2 h	4 h	8 h	12 h	24h	RSD(%)
1,2-丙二醇	60	57.5	0.86	57.3	1.16	57.2	56.6	58.1	58.0	57.0	57.3	1.0
	30	32.4	0.89	32.8	0.87	32.9	32.6	32.0	32.2	33.2	33.0	1.4
	3	3.2	0.89	3.2	1.23	3.22	3.15	3.18	3.15	3.22	3.18	1.1
1,3-丙二醇	60	57.9	1.39	57.8	1.66	58.6	57.8	59.1	56.5	57.1	57.6	1.7
	30	30.7	0.76	32.0	0.97	31.8	31.9	30.8	32.1	32.5	32.0	1.7
	3	3.1	0.89	3.1	1.38	3.06	3.06	3.14	3.10	3.06	3.14	1.2

表 3 不同添加水平下 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇的加标回收率
Table 3 Average spike recoveries of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol at different fortification levels

组分	添加量(mg/kg)	回收率(%)	RSD(%)
1,2-丙二醇	60	94.7	1.19
	30	107.8	0.97
	3	106.0	1.17
1,3-丙二醇	60	93.7	2.26
	30	103.0	1.79
	3	101.2	1.18

3.5 回收率

空白基质样品用粉碎机粉碎。称取空白基质样品 5 g 共 9 份，向空白基质样品中分别加入高、中、低 3 个质量浓度的 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇混合标准工作溶液，每个浓度 3 份，每个添加水平平行测定 3 次，记录峰面积，计算含量，加标回收率见表 3。结果表明，在 60、30、3 mg/kg 3 个添加水平下，1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇的平均回收率为 93.7%~107.8%，RSD 为 0.97%~2.26%，说明建立的方法能满足实际样品分析的要求。

3.6 样品测定

根据上述方法，对在餐馆随机抽取的 42 例凉拌菜样品进行测定，测定结果见图 6。所抽取的凉拌菜

为食用率高的品种，包括蔬菜类和肉类，抽样点分布在某市各区县，具有代表性。从图 6 可以看出，大部分凉拌菜均检出 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇，最高的质量浓度分别为 67.4 mg/kg、48.3 mg/kg。

4 结 论

本实验建立了一种凉拌菜中 1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇同时分析的气相色谱法。在选定的色谱条件下，1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇都能得到较好的分离和检测。1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇分别在 3.03~505.00 mg/L 和 3.06~510.00 mg/L 质量浓度范围内线性良好，检出限分别为 0.95 和 0.96 mg/kg。在 60、30、3 mg/kg 3 个添加水平下，1,2-丙二醇和 1,3-丙二醇的平均回收率为 93.7%~107.8%，该方法能满足实际样品分析的需要。

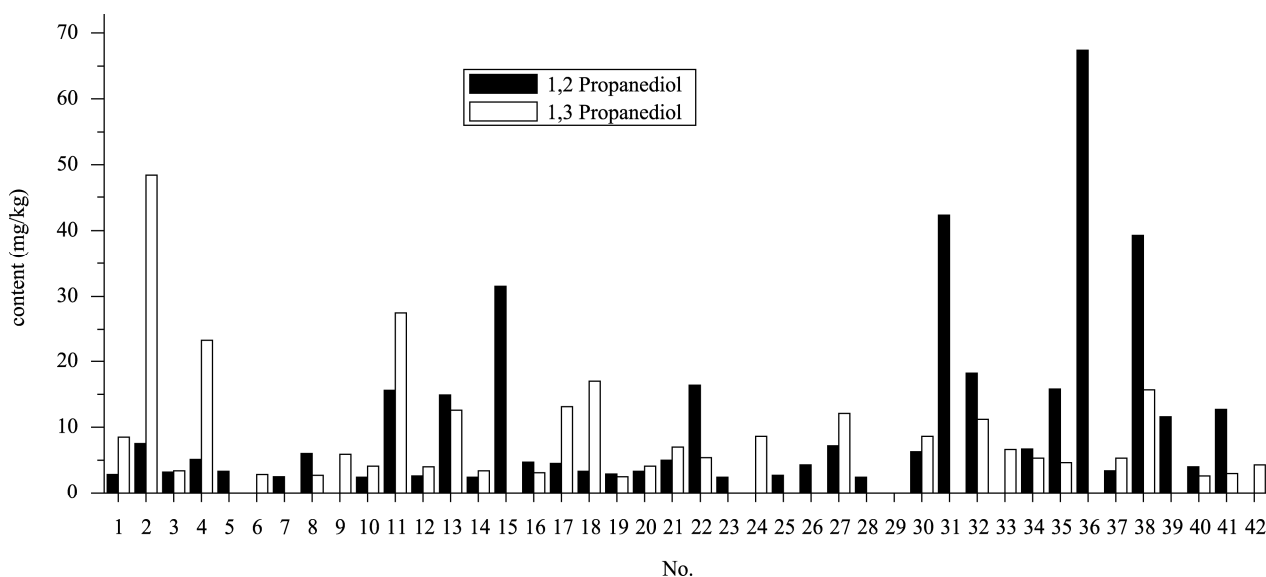


图6 凉拌菜样品中1,2-丙二醇和1,3-丙二醇的测定结果

Fig. 6 Determination results of 1,2 propanediol and 1,3 propanediol in salad samples($n=42$)

被采样单位编号(No.)1~14是大型餐馆,15~38是中型餐馆,39是小型餐馆,40~42是快餐店

参考文献

- [1] 姚静. 药物辅料应用指南[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2011.
Yao J. Application directory of pharmaceutical excipients [M]. Beijing: Medicine Science and Technology Press of China, 2011.
- [2] 杨玉红. 食品添加剂应用技术[M]. 北京: 中国质检出版社、中国标准出版社, 2013.
Yang YH. Food additives technique [M]. Beijing: China Quality Press, Standards press of China, 2013.
- [3] 兰中于, 张峻松, 彭忠, 等. 醋纤滤嘴中添加丙二醇对卷烟品质的影响及应用研究[J]. 轻工科技, 2013, 175(6): 147-148.
Lan YZ, Zhang JS, Peng Z, *et al.* The impact and application of propylene glycol added to cellulose acetate cigarette filter [J]. Light Ind Sci Technol, 2013, 175(6): 147-148.
- [4] 刘程. 食品添加剂实用大全[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2004.
Liu C. Practical of food additives [M]. Beijing: Beijing University of Technology press, 2004.
- [5] 凌关庭. 食品添加剂手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
Ling GT. Handbook of food additives [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [6] GB 2760-2011 食品安全国家标准-食品添加剂使用标准[S].
GB 2760-2011 National Food Safety Standards-Standards for uses of food additives [S].
- [7] GB/T 23813-2009 食品中1,2-丙二醇的测定[S].
GB/T 23813-2009 Determination of 1,2-propanediol in Foods [S].
- [8] 李忠, 杨光宇, 黄海涛, 等. 高效液相色谱法测定烟草料液中的糖、甘油和丙二醇[J]. 分析化学, 2002, 30(6): 687-689.
Li Z, Yang GY, Huang HT, *et al.* Determination of sugars, glycerol and propylene glycol with high performance liquid chromatography in tobacco sauce [J]. Chin J Anal Chem, 2002, 30(6): 687-689.
- [9] 陈章玉, 徐若飞, 缪明明, 等. 高效液相色谱法测定烟草料液中几种保湿成分[J]. 理化检验: 化学分册, 2006, 42(12): 1049-1051.
Chen ZY, Xu RF, Miu MM, *et al.* Determination of some moisturizing ingredients in tobacco feed liquid by high performance liquid chromatography [J]. Phys Test Chem Anal:Chem Anal, 2006, 42(12): 1049-1051.
- [10] 李政军, 钟志光, 林华山, 等. 傅里叶红外光谱法直接测定丙二醇含量[J]. 光谱实验室, 2002, 19(4): 448-450.
Li ZJ, Zhong ZG, Li HS, *et al.* Direct determination of the content of propanediol by FTIR [J]. Chin J Spectrosc Lab, 2002, 19(4): 448-450.
- [11] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.
State Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: Chianese Medical Science And

- Technology Press, 2010.
- [12] 吕庆, 左莹, 麦成华, 等. 毛细管气相色谱法测定食品中的丙二醇[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(10): 153-154, 181.
- Lv Q, Zuo Y, Mai CH, *et al.* Measurement of propanediols in food by gas chromatography [J]. Food Res Dev, 2010, 31(10): 153-154, 181.
- [13] 马明欣, 傅蓉, 郭宏伟, 等. 气相色谱法测定利福霉素钠注射液中的丙二醇的含量[J]. 药物分析杂志, 2013, 33(10): 1752-1755.
- Ma MX, Fu R, Guo HW, *et al.* GC determination of propylene glycol in rifamycin sodium injection [J]. Chin J Pharm Anal, 2013, 33(10): 1752-1755.
- [14] 李兰, 刘雁鸣, 龙海燕, 等. 气相色谱法测定维生素 K1 注射剂中 1,2-丙二醇的含量[J]. 中南药学, 2013, 11(9): 692-694.
- Li L, Liu YM, Long HY, *et al.* Determination of 1,2-propylene glycol in Vitamin K1 injection by GC [J]. Cent South Pharm, 2013, 11(9): 692-694.
- [15] 李玮玲, 邱娟. GC 法测定葛根素注射液中丙二醇和二甘醇的残留量[J]. 中国药事, 2008, 22(6): 479-480.
- Li WL, Qiu J. Determination of propylene glycol and diethylene glycol in puerarin injection by GC [J]. Chin Pharm Aff, 2008, 22(6): 479-480.
- [16] 张杰, 李鹏, 孙世豪, 等. GC/MS 法同时检测无烟气烟草制品中的 1,2-丙二醇、丙三醇和三甘醇[J]. 烟草科技, 2011, 284: 36-42.
- Zhang J, Li P, Sun SH, *et al.* Simultaneous determination of 1,2-propylene glycol, glycerol and triethylene glycol in smokeless tobacco products by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Tob Sci Technol, 2011, 284: 36-42.
- [17] 金鹏飞, 何笑荣, 邹定, 等. GC-MS 法应用于丙二醇的质量控制及二甘醇检查[J]. 药物分析杂志, 2008, 28(6): 942-944.
- Jin PF, He XR, Zou D, *et al.* Quality control and diethylene glycol test of propylene glycol by GC-MS [J]. Chin J Pharm Anal, 2008, 28(6): 942-944.
- [18] 陈忠, 李健秀, 李振兴, 等. 气相色谱法分析甘油氢解制备丙二醇反应液组成[J]. 化学世界, 2011, 12: 722-724.
- Chen Z, Li JX, Li ZX, *et al.* Determination of reaction products for hydrogenolysis of glycerol to propanediols by gas chromatography [J]. Chem World, 2011, 12: 722-724.
- [19] 王珩. 1,3-丙二醇的气相色谱分析[J]. 中国科技信息, 2005, 12: 81.
- Wang B. Quantity analysis of 1,3-propanediol by gas chromatography [J]. China Sci Technol Inf, 2005, 12: 81.
- [20] 沙拉酱调料是用什么做的? [EB/OL]
- <http://eatplaylovemore.com/2013/09/22/what-the-heck-is-this-doing-in-your-salad-dressing/>
- What the heck is this doing in your salad dressing? [EB/OL]
- <http://eatplaylovemore.com/2013/09/22/what-the-heck-is-this-doing-in-your-salad-dressing/>
- (责任编辑: 邓伟)

作者简介



高家敏, 主管药师, 主要研究方向为药物分析。
E-mail: gaojiamin@nifdc.org.cn

曹进, 副研究员, 博士, 主要研究方向为分析化学。
E-mail: cao1208@gmail.com