

送检文献信息

【题名】凉粉草果冻关键风味物质的确定

作者：劳浩峰

检测时间：2022-04-11 04:57:29

检测范围：☒ 中国学术期刊数据库☒ 优先出版论文数据库☒ 国内外重要学术会议论文数据库☒ 中国博士学位论文全文数据库☒ 中国优秀硕士学位论文全文数据库☒ 中国优秀报纸全文数据库☒ 互联网学术资源数据库☒ 学术网络文献数据库☒ 中国专利文献全文数据库☒ 特色英文文摘数据库☒ 中国标准全文数据库3.37%
总相似比

详细检测结果

字

原文总字符数
11342

检

检测字符数
10838

参

参考文献相似比
0.46%

参

辅助排除参考文献相似比
2.91%

自

可能自引相似比
0.00%

自

辅助排除可能自引相似比
3.37%

相似文献列表（仅列举前10条）

序号	相似比(相似字符)	相似文献	类型	是否引用
1	0.49% 53字符	凉粉草果冻加工工艺的研究 潘宁, 胡国庆, 韦丽; 《轻工科技》; 2015-01-01	期刊	否
2	0.46% 50字符	红薯黑凉粉的配方优化 黄锦琪, 江联, 温笑, 任艳明等; 《食品工业科技》; 2020-03-29	期刊	是
3	0.31% 34字符	宁夏清真手抓羊肉特征指纹图谱的构建 张同刚, 曲云卿, 刘雨杨, 王旭等; 《食品工业科技》; 2014-07-07	期刊	否
4	0.30% 33字符	加工方式对凉粉草质量影响及其提取物体外降脂活性研究 卢晓莹 (导师: 严萍); 广州中医药大学, 硕士 (专业: 中药学); 2020	学位	否
5	0.24% 26字符	高温对鱼糜制品品质影响 张花 (导师: 施文正); 上海海洋大学, 硕士 (专业: 食品科学与工程); 2019	学位	否
6	0.19% 21字符	云南不同地区咖啡挥发性风味物质及前体物质的研究 张丰 (导师: 赵建平); 华中农业大学, 硕士 (专业: 工程); 2015	学位	否
7	0.18% 20字符	基于不同提取方法的汉麻叶精油挥发性成分比较与分析 田媛, 孙宇峰, 张大鹏, 鲁振家; 《黑龙江科学》; 2020-10-23	期刊	否
8	0.17% 18字符	丹参茎叶资源化学研究及心血管活性评价 曾慧婷 (导师: 宿树兰); 南京中医药大学, 硕士 (专业: 中药学); 2017	学位	否
9	0.17% 18字符	纸杯及方便面盒中双酚A的检测和迁移规律及茶叶中联苯菊酯的检测研究 王丽婷 (导师: 周围); 西北师范大学, 硕士 (专业: 环境科学); 2014	学位	否
10	0.17% 18字符	仙草无公害栽培技术 彭发进, 张蓉艳; 《现代园艺》; 2009-09-05	期刊	否

原文标注

上海应用技术大学香料香精化妆品学部本科毕业论文（设计）题目凉粉草果冻关键风味物质的确定专业食品科学与工程学生姓名劳浩峰

学号 1610821117

班级 18108211

指导教师侯飞娜

起止时间2021年12月至2022年6月

凉粉草果冻关键风味物质的确定

摘要: [目的]测定不同生产加工方式制作出的凉粉草果冻其中的挥发性成分。[方法]测定凉粉草果冻关键风味物质时采用SPME固相微萃取, 结合气相色谱-质谱联用

仪（GC-MS）技术。将输出得到的结果，与质谱标准库配对检索，采用峰面积归一化法分析得到各个成分的相对质量分数，比较每一个测定样品的关键风味物质的结果差异。[结果]凉粉草胶粉的关键风味物质含量较低，可参考性不高，而干制凉粉草果冻和商业凉粉草胶果冻的关键风味物质含量较高，种类较丰富，参考价值高。[结论]采用传统加工方式烹煮的凉粉草胶果冻中的风味物质含量较高，种类丰富，但受不同的加工方式影响较大。其中的挥发性物质按含量占比排序，以烷烃类、烯烃类、酮类、醇类、酯类物质为主，特征香气为清淡花果香、烟香气、蘑菇香、草香为主。

关键词：凉粉草；凉粉草胶；GC-MS；风味物质；

Determination of Key Flavoring Substances in Mesona Chinensis jelly

Abstract: Objective To determine the volatile components of the Mesona Chinensis jelly made by different production and processing methods. Methods measure the key flavor substances in Mesona Chinensis jelly by using SPME solid-phase microextraction, combined with gas chromatography-mass spectrometry (GC - MS) technology, the output results, paired with mass spectrometry standard library retrieval,obtained by peak area normalization method analysis the components of relative mass fraction, is the key to the determination of each sample the result of the flavor substances. Result The content of key flavor substances in Mesona Chinensis jelly powder are relatively low,lack of reference value and the content of key flavor substances in Mesona Chinensis jelly made of dried Mesona Chinensis and canned Mesona Chinensis jelly of dried Mesona Chinensis were relatively high, with rich varieties and high reference value. Conclusion The content of flavor substances in the Mesona Chinensis jelly cooked by traditional processing method is high and the varieties are rich, but it is greatly affected by different production and processing methods.According to the proportion of volatile substances in the order are alkanes, olefins, ketones, alcohols,and Ester substance.characteristic aroma of Mesona Chinensis jelly are light flower fruit fragrance, smoke fragrance, mushroom fragrance, grass fragrance.

Key words: Mesona Chinensis;Mesona blumes gum;gas chromatography-mass spectrum(GC-MS);Flavor substances.

目录

前言 4

1.1 研究对象与意义 4

1.2 凉粉草胶果冻的国内外研究现状概述 4

2 试验材料与方法 4

2.1 样品来源 4

2.2 实验仪器 5

2.3 样品制备 5

2.3.1凉粉草胶粉样品的制备 5

2.3.2凉粉草胶粉果冻样品的制备 5

2.3.3干制凉粉草果冻的制备 5

2.3.4商业凉粉草胶果冻样品的制备 5

2.4 SPME固相微萃取方法 5

2.5气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）方法 5

2.6质谱定性定量分析（数据处理） 6

3 结果与讨论 6

3.1不同生产加工方式的样品测出的成分分析 6

3.1.1凉粉草胶粉 6

3.1.2凉粉草胶粉果冻 6

3.1.3干制凉粉草果冻 6

3.1.4商业凉粉草胶果冻 7

3.2不同生产加工方式的样品测出的关键风味物质成分 8

3.2.1凉粉草胶粉测出的挥发性风味物质对比（1号与2号样品） 8

3.2.2干制凉粉草果冻与商业凉粉草胶果冻测出的挥发性物质对比（3号与4号样品） 9

3.3不同生产加工方式对凉粉草胶果冻关键风味物质的影响分析 13

4 结论 14

致谢 15

参考文献 16

前言

1.1 研究对象与意义

本毕业论文的研究对象为凉粉草（Mesona chinensis）提取出的凉粉草胶，所制作而成的凉粉草胶果冻。凉粉草隶属于唇形科，为仙草属中一年生草本植物。在我国主要分布于南方的台湾、广西、广东、江西、福建等地，主要生长于靠近水源的地方以及部分种植地的草丛中，常于夏季采收，割取地上部分。凉粉草制品味甘甜、清淡、爽凉，具有消暑、清热、解毒、凉血等多种有益于身心健康的功效。在南方多地的民间，常用凉粉草制作具有较高营养价值的消暑解渴饮料。在《中华本草》以及《

中药大辞典》中都有提及到凉粉草的多种功效，如用于治疗糖尿病黄疸、高血压、肾炎等疾病，治疗功效十分明显。

凉粉草胶 (Mesona Blumes gum) 是从凉粉草的叶与茎中提取出的一种可溶性多糖类物质，主要存在与凉粉草的细胞壁里，溶于水后与食用淀粉混合烹煮并加以冷却后，即可凝固成果冻胶状。目前凉粉草在食品加工上主要产品有龟苓膏、即食凉粉冻、凉粉草保健茶、凉粉草可乐型饮料、速溶凉粉草、黑豆腐、仙人掌板、龟苓宝、王老吉、加多宝、和其正、烧仙草等，作为植物基类食品，凉粉草制品及凉粉草果冻中的挥发性成分来源主要为凉粉草植物新陈代谢过程中所产生的次生代谢产物，分子量在100~300之间。

综上所述，开发绿色健康、品质优良的功能性凉粉食品具有很大的市场需求。本论文通过对凉粉草胶制成的果冻的关键风味物质进行分析，确定凉粉草胶制品中的主要风味物质，以进一步为开发与运用具有功能性的健康美味的新型凉粉草制品，提供一定的理论基础和技术指导。

1.2 凉粉草果冻的国内外研究现状概述

包括凉粉草果冻在内的凉粉草制品，有很高的营养价值和广阔的市场，有不少科研机构、高校、研究人员都对其进行过深入的相关研究和探讨。如卢晓莹等研究发现[6]，通过HPLC特征图谱测定，我国热带产区的凉粉草加工后测出的成分有咖啡酸、异槲皮素、迷迭香酸、紫云英苷、紫草酸、丹酚酸等。冯涛等研究发现[2]，通过电子鼻和气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS) 测定凉粉草果冻的挥发性风味物质有樟脑、丁酮、乙醛、3-甲基丁醛、壬醛、苯甲醛、1-甲基-1H-吡咯、呋喃、2-戊烷基-呋喃、右旋柠檬烯等。王海华等研究发现[1]，通过高效液相色谱法测定不同产地和不一样的存放时长的凉粉草，均发现其中含有73.8 mg·kg⁻¹~141.8 mg·kg⁻¹的苯甲酸。

罗伟斌等研究发现，用水蒸气蒸馏法提取获得凉粉草精油，而后用气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS) 进行精油物质分析，根据峰面积计算发现有较高含量的香树烯、β-石竹烯、异石竹烯、甲位萜草烯、佛术烯等挥发性物质。

由此可见，凉粉草这一种高价值的药食同源的植物，在食品、饮料、中医治疗等各个方面，都能带给人们巨大的使用价值，而人们对其的研究也是较为广泛和深入。本论文重点收集总结了与凉粉草中的挥发性、关键性成分物质的测定相关的研究数据和成果。发现存在横向对比性实验数据相对缺乏的现状，因此设计了测定成品凉粉草果冻罐头、凉粉草胶粉、凉粉草胶粉现煮成的凉粉草果冻、干制凉粉草现煮成的凉粉草果冻其中的关键风味物质，进行横向的产品比较，从而研究不同加工方式和市面上不同成品中的凉粉草果冻的关键风味物质存在的差异如何，用于强化凉粉草果冻的风味特征，以提高产品感官品质，进而促进凉粉草胶食品的研发和推广。

2 试验材料与方法

2.1 样品来源

凉粉草胶粉购买自宇峰凉粉厂的5*100g袋装产品，成品凉粉草果冻罐头购买自宇峰凉粉厂的540g一罐罐装产品，干制凉粉草采购自福建龙岩种植地地产。

2.2 实验仪器

SK2105美的电磁炉；HH-S2恒温水浴锅；ES-3KCA电子精密测量计数电子秤；101-2AB型电热鼓风干燥箱；药匙；烧杯；搅拌用玻璃棒

2.3 样品制备

2.3.1凉粉草胶粉样品的制备

取用95%乙醇润洗，于电热鼓风干燥箱干燥后的SPME固相微萃取采集瓶，放入电子精密测量计数电子秤中，用干净药匙取宇峰牌黑凉粉粉末，加入到采集瓶中，称取2.5g，而后拧紧采集瓶盖，采集凉粉草胶粉样品完毕，编号为1号样品。

2.3.2凉粉草胶粉果冻样品的制备

取大烧杯于电子精密测量计数电子秤中，称取50g的宇峰牌黑凉粉粉末于大烧杯中，加入150g的纯净水用玻璃棒充分搅拌化开均匀，倒入美的电磁炉中，开火为“爆炒”模式连续不间断供热，瓦力为220W，加入余下的850g纯净水于锅中，不断烹煮和搅拌，烹煮10min左右液体沸腾，保持30s左右便关火于室温下冷却（10℃），冷却30min左右黑凉粉凝固成型，用干净药匙称取2.5g加入用95%乙醇润洗，于电热鼓风干燥箱干燥后的SPME固相微萃取采集瓶中，而后拧紧采集瓶盖，即为凉粉草胶果冻样品，编号为2号样品。

2.3.3干制凉粉草果冻的制备

取大烧杯于电子精密测量计数电子秤中，称取15g福建三明产凉粉草草干于大烧杯中，加入纯净水没过草干，浸泡1小时左右，倒去纯净水，而后加入700g纯净水，3g食用碱（NaHCO₃），放于加垫了石棉网的煤气炉上，熬煮至沸腾后，转小火持续熬煮50min，关火，滤去草干，而后取小烧杯，用40g水化开15g木薯淀粉，加入过滤后的溶液中勾芡，煮至后沸腾关火，于室温下冷却（10℃），冷却30min左右凝固成型，用干净药匙称取2.5g加入用95%乙醇润洗，于电热鼓风干燥箱干燥后的SPME固相微萃取采集瓶中，而后拧紧采集瓶盖，即为干制凉粉草果冻样品，编号为3号样品。

2.3.4商业凉粉草果冻样品的制备

商业凉粉草果冻的配料为：水、凉粉草、白砂糖、淀粉。取用95%乙醇润洗，于电热鼓风干燥箱干燥后的SPME固相微萃取采集瓶，放入电子精密测量计数电子秤中，用干净药匙取宇峰牌黑凉粉罐头的黑凉粉，加入到采集瓶中，称取2.5g，而后拧紧采集瓶盖，即为商业凉粉草果冻样品，编号为4号样品

2.4 SPME固相微萃取方法

取SPME固相微萃取针（聚二甲基硅氧烷涂层），在固相微萃取前，先放入老化仪器中120℃老化15min，而后取出SPME固相微萃取针，插入样品采集瓶中。将恒温水浴锅设定为60℃，把采集瓶置于恒温水浴锅中，推出采集针头，于60℃恒温水浴锅中微萃取30min，而后收回采集针头即可。样品1、样品2、样品3、样品4的SPME固相微萃取方法皆为一致。

2.5气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS) 方法

GC条件：40℃保持3min，以10℃/min的速率升温至150℃，保持10min，以10℃/min的速率升温至220℃，保持10min，总计运行时间为70min，载气（He），纯度>99.999%，流量为1mL/min。采取直接进样方法进样，讲SPME固相微萃取针插入后推出萃取头，于程序运行10min时收回萃取头并取出SPME固相微萃取针。

MS条件：电子轰击（electron impact, EI）离子源，电子能量 70 eV；离子源温度 230℃，四级杆温度为150℃，质谱传输线温度 250℃，质量扫描范围 m/z 30~500，溶剂延迟3min，样品1、样品2、样品3、样品4的GC-MS联用仪方法皆为一致。

2.6 质谱定性与定量分析（数据处理）

根据论文3.2及3.3节所述的方法进行SPME固相微萃取与GC-MS联用对4组样品进行测定后，使用Agilent气象色谱工作站对相应数据进行处理归纳出总离子流图，而后于系统内置函数进行面积归一化法的相关表达式处理计算出每一挥发性物质的相对质量分数，并且根据各个峰相对应的质谱图与质谱标准谱库进行检索

（WILEY275.L,NIST14.L），保留相似度大于等于70%的物质进行分析。而后采用Word、Ecel进行数据的图表化处理。

3 结果与讨论

3.1 不同生产加工方式的样品测出的成分分析

3.1.1 凉粉草胶粉

凉粉草胶粉的SPME固相微萃取与GC-MS联用测定挥发性物质后，在相似度大于等于70%的条件下，共计测出了8种挥发性物质，按照相似度由大到小的顺序进行排序列出如下。

表① 凉粉草胶粉的挥发性物质（1号样品）序号英文名称中文名称 CAS号总峰占比（%） 相似度（%）

1	Tetradecane 十四烷	000629-59-4	1.35	96												
2	Cyclotrisiloxane,hexamethyl 六甲基环三硅氧烷	000541-05-9	7.09	903 Benzaldehyde 苯甲醛	000100-52-7	1.30	874 Cyclohexasiloxane,dodecamethyl 十二甲基环六硅氧烷	000540-97-6	1.65	865 Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene 苯并环丁烯	000694-87-1	0.54	866 2-Ethylacridine 2-乙基吡啶	055751-83-2	0.53	727
	Cyclopentasiloxane, decamethyl 十甲基环五硅氧烷	000541-02-6	2.07	728 15-Crown-5 十五-冠醚-五	033100-27-5	0.37	70									

3.1.2 凉粉草胶粉果冻

凉粉草胶粉现煮成的凉粉草果冻的SPME固相微萃取与GC-MS联用测定挥发性物质后，在相似度大于等于70%的条件下，共计测出了7种挥发性物质，按照相似度由大到小的顺序进行排序列出如下。感官评价食用时感觉风味不浓烈，只有淡淡的焙烤清香。

表② 凉粉草胶粉果冻的挥发性物质（2号样品）序号英文名称中文名称 CAS号总峰占比（%） 相似度（%） 1 Cyclotrisiloxane,hexamethyl 六甲基环三硅氧烷 000541-05-9 36.22 912 Benzaldehyde 苯甲醛 000100-52-7 0.24 893 Cyclohexasiloxane,dodecamethyl 十二甲基环六硅氧烷 000540-97-6 2.03 874

Cyclotetrasiloxane,octamethyl 八甲基环四硅氧烷 000556-67-2 10.09 805 Cyclopentasiloxane,decamethyl 环五聚二甲基硅氧烷 000541-02-6 2.74 80

6 MDMA methylene homolog 二甲甲基双氧苯丙胺 1010386-32-2 0.03 72

7 15-Crown-5 十五-冠醚-五 033100-27-5 0.75 70

3.1.3 干制凉粉草果冻

干制凉粉草果冻的SPME固相微萃取与GC-MS联用测定挥发性物质后，在相似度大于等于70%的条件下，共计测出了23种挥发性物质，按照相似度由大到小的顺序进行排序列出如下。感官评价食用时感觉风味较足，有清淡花果香，和凉粉草独特的碱香味。

表③ 干制凉粉草果冻的挥发性物质（3号样品）序号英文名称中文名称 CAS号总峰占比（%） 相似度（%） 1 Caryophyllene 石竹烯 000087-44-5 1.95 992

Naphthalene, 1,2,3,4,4a, 5,6,8a-octahydro-4a, 8-dimethyl-2- (1-methylethenyl) (C15H24) 一种烯烃 000473-13-2 0.49 99

3 Humulene 蛇麻烯 006753-98-6 0.76 97

4 Benzene, 1- (1,5-dimethyl-4-hexenyl) -4-methyl 阿尔法姜黄烯 000644-30-4 0.20 965 Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6-dimethyl-4- (1-methylethyl) -, (1S-cis) 去氢白菖烯 000483-77-2 0.25 966 Benzaldehyde 苯甲醛 000100-52-7 0.28 947 (Z,Z) -。 alpha。 -Farnesene 法呢烯 1000293-03-1 0.30 948

Benzene, 1-methyl-4- (1,2,2-trimethylcyclopentyl) -, (R) 叩巴烯 016982-00-6 0.27 949 2-n-Butyl-2-cyclopentenone 2-丁基-2-环戊烯-1-酮 005561-05-7 0.50 9310 Cyclotrisiloxane, hexamethyl 六甲基环三硅氧烷 000541-05-9 27.94 9011 Cyclopentasiloxane, decamethyl 环五聚二甲基硅氧烷 000541-02-6 4.44 9012

gamma-Murolene β-衣兰油烯 030021-74-0 0.22 9013 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a, 2,3,5,6,7,7a, 7b-octahydro-1,1,7,7a-tetramethyl 白菖烯 017334-55-3 0.07 8914 Cyclohexasiloxane, dodecamethyl 十二甲基环六硅氧烷 000540-97-6 3.37 8715 Zonarene C15H24 (一种杂环烷烃) 041929-05-9 0.16 8616 Furfural 糠醛 000098-01-1 0.19 8117 beta。 -Bisabolene β-防风根烯 000495-61-4 0.25 8118 Naphthalene, 1,2,4a, 5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1- (1-methylethyl) (C15H24 (一种杂环烷烃) 005951-61-1 0.41 8019 Arsenousacid, tris (trimethylsilyl) ester C9H27O3Si3As (一种含砷链状物) 055429-29-3 0.75 7820 trans-。 beta。 -Ionone β-紫罗酮 000079-77-6 0.25 7821 Cyclotetrasiloxane, octamethyl 八甲基环四硅氧烷 000556-67-2 10.58 7422 4-Hydrazinylpyridin-2 (1H) -one 4-肼基-2-吡啶酮 1000499-42-7 1.84 7023 1,3-Pentadiene, (E) 反戊间二烯 002004-70-8 0.52 70

3.1.4 商业凉粉草胶果冻

商业凉粉草胶果冻的SPME固相微萃取与GC-MS联用测定挥发性物质后，在相似度大于等于70%的条件下，共计测出了34种挥发性物质，按照相似度由大到小的顺序进行排序列出如下。感官评价食用时能闻到清淡花果香，和凉粉草独特的碱香味，同时也具有焦油感的轻微不愉快气味。

表④ 商业凉粉草胶果冻的挥发性物质（4号样品）序号英文名称中文名称 CAS号总峰占比（%） 相似度（%） 1 TMS derivative 3-甲氧基雌酮 074299-34-6 1.01 99

2 Hexadecane 十六烷 000544-76-3 1.68 99

3 2,2,4,6,6,8-Hexamethyl-4,8-diphenylcyclotetrasiloxane 2, 2, 4, 6, 6, 8-六甲基-4, 8-二苯基四硅氧烷 004657-20-9 0.30 994 D-Limonened D-柠檬烯 (苧烯) 005989-27-5 0.18 98

5 Tetradecane 十四烷 000629-59-4 0.76 98

6 Octadecane 十八烷 000593-45-3 1.14 97

7 Dodecane 十二烷 (月桂烷) 000112-40-3 0.11 96

8 Nonadecane 十九烷 000629-92-5 1.44 96

9 Dodecanoic acid, ethyl ester 十二酸乙酯 000106-33-2 0.43 9610 beta。 -Myrcene β-月桂烯 000123-35-3 0.71 9411 Hexadecane, 2-methyl 2-甲基-十六烷 001560-

92-5 1.04 9412 Heptadecane, 2-methyl 2-甲基-十七烷 001560-89-0 0.59 9413 Eicosane 二十烷 000112-95-8 0.94 9414 Benzaldehyde 苯甲醛 (衍生物) 002725-53-3 0.62 9415 β -damasone β -大马士酮 023726-93-4 5.99 9316 Phenylethyl Alcohol 苯乙醇 000060-12-8 0.49 9317 Ethyl 2- (5-methyl-5-vinyltetrahydrofuran -2-yl) propan-2-yl-carbonate (一种碳酸盐) 1000373-80-3 6.99 9118 1TMS derivative 三甲基硅烷基衍生物 1000485-57-2 0.74 9119 Cyclopentasiloxane, decamethyl 十甲基环五硅氧烷 000541-02-6 0.98 9020 1-Octen-3-ol 1-辛烯-3-醇 00391-86-4 2.78 9021 3- (4-N,N-Dimethylaminophenyl) propenoic acid, 2- (diethoxyphosphinyl) -, ethyl ester 丙烯酸乙酯 (衍生物) 066564-08-7 0.50 9022 Ethanol, 2- (octadecyloxy) 2-十八烷基-乙醇 002136-72-3 0.57 9023 Silane, trichlorooctadecyl 三氯十八烷基硅烷 000112-04-9 0.34 8724 2-Hydroxy-5-methylbenzaldehyde 2-羟基-5-甲基苯甲醛 000613-84-3 1.91 8725 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate 2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯 006846-50-0 0.69 8726 Mequinol 4-甲氧基苯酚 000150-76-5 0.40 8727 Heptane, 2,6-dimethyl 2,6-二甲基庚烷 001072-05-5 0.53 8628 3-Octanol 3-辛醇 000589-98-0 0.44 7829 5,9-Undecadien-2-one , 6,10-dimethyl (Z) -香叶基丙酮 003879-26-3 0.35 7630 2-Ethylacridine 2-乙基吡啶 055751-83-2 7.52 7231 Cyclotetrasiloxane,octamethyl 八甲基环四硅氧烷 000556-67-2 5.01 7232 4-Chromanol 4-二乙酰醇 001481-93-2 1.48 7233 Amberonne (isomer 2) 龙涎酮 (异构体2) 1010470-69-8 0.22 70

3.2不同生产加工方式的样品测出的关键风味物质成分

3.2.1凉粉草胶粉测出的挥发性风味物质对比 (1号与2号样品)

1号样品为直接取凉粉草胶粉进行测定, 2号样品为凉粉草胶糖果冻。因此1号和2号样品的区别仅在于是否加水烹煮, 将此两样品中测出的挥发性物质进行对比, 可以发现。其中两样品共有的六甲基环三硅氧烷、十二甲基环六硅氧烷、十五-冠醚-五; 1号样品独有的苯并环丁烯、2-乙基吡啶、十甲基环五硅氧烷; 2号样品独有的八甲基环四硅氧烷、环五聚二甲基硅氧烷、二亚甲基双氧苯丙胺。都不具有风味的性质, 分析为SPME探针的涂层材料或仪器洗脱过程中的材料脱落所测出, 因此归类为“非关键风味物质的挥发性成分”。

表⑤ 1号与2号样品中的非关键风味物质的挥发性成分序号中文名称总峰占比 (%)

1号样品	2号样品
1 六甲基环三硅氧烷	7.09 36.22
2 十二甲基环六硅氧烷	1.65 2.03
3 十五-冠醚-五	0.54 0.75
4 苯并环丁烯	0.54 None
5 2-乙基吡啶	0.53 None
6 十甲基环五硅氧烷	2.07 None
7 八甲基环四硅氧烷	None 10.09
8 环五聚二甲基硅氧烷	None 2.74
9 二亚甲基双氧苯丙胺	None 0.03

除上表外, 所测出的1号与2号样品的关键风味物质, 两样品共有的有苯甲醛, 1号样品独有的有十四烷, 具体性质见下表。

表⑥ 1号与2号样品中的关键风味物质序号风味物质名称性质描述总峰占比

1号样品	2号样品
1 苯甲醛苦杏仁、樱桃及坚果香	1.30 0.24
2 十四烷香料烟烟叶、烟气味	1.35 None

分析如下, 因为购置的凉粉草胶粉为加水后可速溶的粉, 在凉粉草胶粉的生产加工的过程中, 需要进行初步的烹煮、预制, 而后使用喷雾干燥将其变为粉末状打包。在此一整套生产流程中, 屡次经历高温, 使得大部分如烯烃、醛类、芳香族风味物质受热分解, 而留下的是属于坚果香、烟草气味一类的高温后产生的风味物质。

1号样品中的苯甲醛的总峰占比达到了1.30%, 大于2号样品中的0.24%, 推测是因为2号样品在粉末的基础上再行烹煮, 使得苯甲醛进一步流失, 占比减少。而1号样品中检测出了十四烷, 在2号样品中未检出, 推测是因为在烹煮过程中, 十四烷分解挥发, 因而未被测出。

3.2.2干制凉粉草果冻与商业凉粉草胶果冻测出的挥发性物质对比 (3号与4号样品)

3号样品为干制凉粉草果冻, 4号样品是商业凉粉草胶果冻。3号样品的加工方法为民间常用烹煮方法, 而4号则是用食品工厂的流水线机器作业对于干制凉粉草进行烹煮而后罐装。两样品的原材料性质是一致的, 因此将两样品中测出的挥发性物质进行对比。现将其中的非关键风味物质的挥发性成分列列表⑦ 3号与4号样品中的非关键风味物质的挥发性成分序号中文名称总峰占比 (%)

3号样品	4号样品
1 六甲基环三硅氧烷	27.94 None
2 环五聚二甲基硅氧烷	4.44 None
3 十二甲基环六硅氧烷	3.37 None
4 C15H24 (一种杂环烷烃)	0.16 None
5 C15H24 (一种杂环烷烃)	0.41 None
6 C9H27O3Si3As (一种含砷链状物)	0.75 None
7 八甲基环四硅氧烷	10.58 5.01
8 4-胂基-2-吡啶酮	1.84 None
9 反戊间二烯	0.52 None

10 3-甲氧基雌酮 None 1.0111 2, 2, 4, 6, 6, 8-六甲基-4, 8-二苯基四硅氧烷 None 0.3012 一种长链碳酸盐 None 6.9913 三甲基硅烷基衍生物 None 0.7414 十甲基环五硅氧烷 None 0.9815 三氯十八烷基硅烷 None 0.3416 2-乙基吡啶 None 7.5217 2-十八烷基-乙醇 None 0.5718 2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯 None 0.6919 4-二乙酞醇 None 1.48可见3号、4号样品中的非关键风味物质的挥发性成分主要都是含硅杂环类化合物，与1号、2号样品中的非关键风味物质的挥发性成分相似度较高，推测为SPME固相微萃取头的涂层材料和色谱柱流失产生的。

表⑧ 3号与4号样品中的关键风味物质序号风味物质名称性质描述总峰占比

3号样品 4号样品

1 石竹烯温和丁香、樟脑香 1.95 None

2 C15H24（一种烯烃） 木香 0.49 None

3 蛇麻烯温和丁香、樟脑香 0.76 None

4 阿尔法姜黄烯香辛辣味 0.20 None

5 去氢白菖烯烟草香 0.25 None

6 苯甲醛苦杏仁、樱桃、坚果香 0.28 None

7 法呢烯天然花果香 0.30 None

8 呋喃烯白肋烟烟叶（烟草）香 0.27 None

9 2-丁基-2-环戊烯-1-酮茉莉花清鲜花香 0.50 None10 β -衣兰油烯清鲜花（天然花果）香 0.16 None11 糠醛苦杏仁、樱桃及坚果香 0.19 None12 β -防风根烯膏香 0.25

None13 β -紫罗酮柏木、树莓香 0.25 None14 十六烷烤烟烟叶、烟香气 None 1.6815 D-柠檬烯（苎烯）新鲜橙子、柠檬香 None 0.1816 十四烷烤烟烟叶、烟香气 None

0.7617 十八烷烤烟烟叶、烟香气 None 1.1418 十二烷（月桂烷）汽油味 None 0.1119 十九烷汽油味 None 1.4420 十二酸乙酯花瓣温和香 None 0.4321 β -月桂烯清淡香

脂香 None 0.7122 2-甲基-十六烷烤烟烟叶、烟香气 None 1.0423 2-甲基-十七烷烤烟烟叶、烟香气 None 0.5924 二十烷烤烟烟叶、烟香气 None 0.9425 苯甲醛（衍生物

）苦杏仁、樱桃、坚果香 None 0.6226 β -大马士酮玫瑰香 None 5.9927 苯乙醇玫瑰香 None 0.4928 1-辛烯-3-醇蘑菇、干草香 None 2.7829 丙烯酸乙酯（衍生物）朗姆

酒、菠萝、水果香 None 0.5030 2-羟基-5-甲基苯甲醛苦杏仁、樱桃、坚果香 None 1.9131 4-甲氧基苯酚烤烟烟叶、烟香气 None 0.4032 2,6-二甲基庚烷汽油味 None

0.5333 3-辛醇药草香 None 0.4434（Z）-香叶基丙酮香叶香 None 0.3535 龙涎酮（异构体2）龙涎、琥珀香 None 0.22由上表可见，3号样品的挥发性关键风味物质总

计的总峰占比为5.85%，4号样品的挥发性关键风味物质总计的总峰占比为23.25%，3号和4号样品中的挥发性关键风味物质差别较大，3号样品中的挥发性关键风味物质

以烯烃为主，以石竹烯（总峰占比1.95%）及其同分异构体烯烃占比较大，如蛇麻烯、法呢烯、去氢白菖烯、 β -衣兰油烯、 β -防风根烯等。还有以2-丁基-2-环戊烯-1-酮

（总峰占比0.50%）为主的酮类物质如 β -紫罗酮。还有苯甲醛（总峰占比0.28%）、糠醛（0.19%）类醛类物质。

其中，烯烃类物质的代表性风味特征为温和的丁香、樟脑香、清鲜花香。酮类物质的代表性风味特征为花香、木香。醛类物质的代表性风味特征为苦杏仁、樱桃、坚果

香。因醛类、酮类风味物质各占比都较少，所以以烯烃类风味物质和酮类、醛类风味物质为分类标准，分类出两类风味物质，参考每种测出的代表性风味特征物质的总

峰占比，做出3号样品如下的风味轮廓图，以及统观的3号样品的风味轮廓图。可见3号样品中占比最高的特征风味为丁香、樟脑香，其次为烟草香，第一和第二特征风

味的占比差达到了2.19%。

图① 3号样品的风味轮廓图4号样品的挥发性关键风味物质有，以十六烷（总峰占比1.68%）为主的长链烷烃。以 β -月桂烯（总峰占比0.71%）为代表的烯烃类物质。以

1-辛烯-3-醇（总峰占比2.78%）为代表的醇类物质。以 β -大马士酮（总峰占比5.99%）为代表的酮类物质。以丙烯酸乙酯（衍生物）（总峰占比0.50%）为代表的酯类

物质。以及苯甲醛（衍生物）、2-羟基-5-甲基苯甲醛、4-甲氧基苯酚的其他类物质。

其中，长链烷烃类物质有十六烷、十四烷、十八烷、十二烷、十九烷、2-甲基-十六烷、2-甲基-十七烷、二十烷，其一类长链烷烃主要存在于烤烟烟叶、烟气中，多为

长链脂肪烃的分解产物，主要的代表性风味特征为烤烟烟叶的烟香气。烯烃类物质有 β -月桂烯、D-柠檬烯（苎烯），其代表性风味特征为新鲜的橙子、柠檬香、清香。

酮类物质有 β -大马士酮、（Z）-香叶基丙酮、龙涎酮（异构体2），其代表性风味特征为玫瑰香、蘑菇、草香。醇类物质有1-辛烯-3-醇、苯乙醇、3-辛醇，其代表性风

味特征为蘑菇、干草香。酯、醛、酚类的关键风味物质有丙烯酸乙酯（衍生物）、十二酸乙酯，苯甲醛（衍生物）、2-羟基-5-甲基苯甲醛、4-甲氧基苯酚，其代表性风

味特征为花瓣温和香、水果香、坚果、烤烟香。

参考每种测出的代表性风味特征物质的总峰占比，以酮类物质为一类，醇类物质为一类，以香型数量差不多的烯烃类和酯类作为一类，因烷烃类风味统一为烤烟烟叶、

烟香气和汽油味，与醛类、酚类物质的香型相似率高，因此将烷烃、醛、酚作为一类，做出4号样品如下的4类风味轮廓图，以及4号样品的总风味轮廓图。可见4号样品

中占比最高的特征风味为烟香气，其次为玫瑰香，第一和第二特征的风味占比差仅有0.07%，且第三特征的风味蘑菇、干草香与第一特征的风味占比差为3.77%，与3号

样品的第一、第二特征的风味占比差相差值为1%以内，也具有较高的参考价值。

图② 4号样品的风味轮廓图

3.3不同生产加工方式对凉粉草胶果冻关键风味物质的影响分析

通过数据对比和仔细分析不同生产加工方式处理下的凉粉草胶果冻样品，针对不同样品中测出的挥发性关键风味物质，将1号和2号样品先做对比，而后以1号和2号样品

作为整体，记为“1+2号”样品，分别与3号样品和与4号样品进行对比，而后再讲3号与4号样品进行对比。选取几样具有代表性意义的典型特征对比方式，做出如下的

风味韦恩图（其中，4号样品中的苯甲醛（衍生物）视为苯甲醛处理）。

1号样品

图③ 1号、2号、3号、4号样品的风味韦恩图1213

3号样品

“1+2号”样品

2号样品

1号和2号样品“1+2号”样品和3号样品

“1+2号”样品12213

4号样品

3号样品

4号样品

2222 “1+2号”样品和4号样品3号样品和4号样品由上述风味韦恩图分析可见，1号、2号、3号、4号样品的挥发性关键风味物质中均有苯甲醛存在，其风味特征为苦杏仁、樱桃、坚果香。而1号、2号样品的挥发性关键风味物质远远少于3号、4号样品的挥发性关键风味物质。

考虑到1号、2号样品的原料为凉粉草胶粉，水分活度极低，脂类含量也低，因此大多数的脂溶性风味物质无法在其中留存，制粉时需经过高温高压的喷雾干燥，在此过程中风味物质的损失比较严重，因此留存的风味物质数量不多，1号、2号样品中的所有挥发性关键风味物质占总峰占比分别为2.65%和0.24%。1号样品比二号样品的总峰占比高出2.41%，推测因1号样品为直接测量，而二号样品经过加水烹煮，产生稀释效果造成了挥发性关键风味物质的总峰占比下降不少。

3号样品与4号样品的风味物质数量较高，但共同拥有的风味物质也只有苯甲醛一个，存在较大的差异。3号样品的加工方式为，民间常用的传统烹煮方式，直接对干制的凉粉草进行烹煮加工，即可出炉成品，立即进行采集和测定，因此其中的挥发性关键风味物质大多数为不饱和度较高的烯烃、酮、醛等物质，气味特征也为便清新自然的清鲜花香、木香、果香一类。其中，3号样品中的所有挥发性关键风味物质占总峰的占比和为5.85%，比1号和2号样品高出3~4%。

4号样品的加工方式为，在工厂中进行烹煮而后加糖、加淀粉成型，装罐。可见在4号样品中的挥发性关键风味物质有很大比重为长链烷烃，推测为加工过程中使用的长链脂肪烃、淀粉经高温分解后产生，符合其特征风味的烤烟烟叶、烟香气，烷烃类挥发性关键风味物质的总峰占比为8.23%。其次其他类的挥发性关键风味物质的总峰占比为15.02%，比3号样品高出了10~15%，可见罐装的凉粉草果冻虽然长链烷烃类挥发性物质占比提高不少，但其风味物质的保留更为完整。其中，其他类的挥发性关键风味物质大多数为酮类、酯类、烯烃，其主要风味特征为新鲜果香、玫瑰香、蘑菇、草香。4号样品中的挥发性关键风味物质的占比更高，推测是因为除了凉粉草干本身释放的风味物质外，在加工过程中加入了白砂糖，在凉粉草液的碱性环境下，易发生美拉德反应和焦糖化反应，从而产生更多的风味物质。但是工业加工的罐头成品中，不自然的风味特征如汽油味、烤烟烟叶、烟香气等产生较多，与保留较完好的其他类天然香气易产生相冲的情况，使得凉粉草果冻的成品风味受到负面影响。

4 结论

本毕业设计通过SPME固相微萃取和气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）测定了4种样品凉粉草果冻中的关键风味物质，发现凉粉草胶粉中的风味物质含量极低，以苯甲醛为主，代表风味特征为苦杏仁、樱桃及坚果香。而干制凉粉草果冻和商业凉粉草果冻中的风味物质含量较高，且种类较丰富，以烯烃、酮类、醇类、酯类物质为主。其中后两者的风味物质的种类差别极大，可见在传统的民间烹饪加工方式制作凉粉草果冻时，其风味物质的种类较少，差异度较低，香型较统一，且更为天然质感香味。在食品工厂的工业化生产的凉粉草果冻罐头中，其风味物质留存较好，但其中的工业化产物含量较高，总体来看风味物质差异度较高，且有如汽油味、烤烟、烟草味等非天然的香型存在。采用SPME固相微萃取和气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）测定的风味物质与实验前的理论推测和感官评价食用感觉基本相一致。

但本实验中因受到样本数量不足、产地来源不同、地域限制、设备损耗等因素影响，对凉粉草果冻中的关键风味物质的具体模型搭建仍缺乏总体性、完整性的解决方案。今后可通过，控制变量，统一不同凉粉草果冻样品的原料来源，扩大样品范围，增加检测次数，取具有统计学意义的平均值等方式，从而构建较为清晰、完整的凉粉草果冻关键风味物质的模型，以更好的为开发凉粉草类相关食品提供理论基础和参考数据。

致谢

转眼间，时光如白驹过隙，属于我的珍贵的四年大学本科时光已经将要接近尾声。回想起这四年发生的大小事情，历历在目，感叹颇深。在这四年期间，学校建设和发展的越来越好，而我的学业、能力也不断在进步，取得了不少的荣誉。目前处在大四年级的我，在师长、同学朋友们的帮助下，经历了考研、创业、参赛等等事。而本科毕业设计的学术论文也即将要进入答辩结束阶段。从刚刚开始加入新课题到最后论文的顺利完成，始终都离不开大家对我的支持和关心，所以在这里请大家接受我最衷心的感谢！

本科毕业设计的学术论文从选题到实验到创作完毕，时间维持了大半年，而我此课题的指导老师侯飞娜老师一直耐心给予我支持和指导，抽出时间来给予我帮助。她在教导过程中我所看到的仔细认真的精神让我印象深刻。因此，我向侯老师表示诚挚的问候和衷心的感谢。

同时也很感谢学部中几位带过我的辅导员和领导们，在生活中，政治工作中给予了我不少的关心和支持，在我迷茫困难时伸出援手，在我犯错时予以悉心指导，在我取得进步和荣誉时衷心对我喝彩和赞扬！我从学部的老师们中看到了什么叫高尚师德、什么叫学高为师身正为范。在入校前，从一名什么都不知道的懵懂高中生，到如今将要毕业，取得了多个荣誉，取得了考研专业第一名，取得了多项证书，和收获了许多真才实学和技能的大男孩，这背后离不开学部各位老师对我的悉心栽培，让我能在学校的好平台上发光发热，体验多姿多彩的大学生活！在此，我十分真心的向大家表示感谢！

最后，向百忙之中参与毕业论文审核、答审的各位老师致以诚挚的谢意！

参考文献

王海华, 覃丽萍, 不同凉粉草中天然苯甲酸的含量测定[J].中国药师, 2014,17(9).

Feng T,Zhuang H,Ye R,et al. Analysis of volatile compounds of Mesona blumes gum/rice extrudates via GC-MS and electronic nose [J]. Sensors and Actuators B:Chemical,2011,160(1):964-973.

杨敏, 冯磊, 柯雪琴. 仙草多糖对大鼠肝匀浆脂质过氧化的实验研究. 浙江预防医学. 2002, Vol14, No. 12.

孙燕. 凉粉草胶溶液粘度的研究. 轻工科技食品与生物. 2095-3518 (2013) 06-22-03.

冯涛. 凉粉草胶结构, 性质及与淀粉相互作用的研究[D].无锡: 江南大学, 2007.

卢晓莹, 林翠清, 赖志明, 江晓鑫, 严萍, 詹若挺. 顶空-气相色谱联用技术分析凉粉草挥发性成分. 广州中医药大学学报. 2021,38(05).

张恒,郑俏然,王韵雯,红茶果冻的配方优化及香气成分分析[J].农产品加工,2017.04.015.

黄锦琪,江联,温笑,任艳明等,红薯黑凉粉的配方优化[J],食品工业科技,Vol.42,No.03,2021.

Ecology, Drugs and Therapies - Antioxidants; Reports Outline Antioxidants Study Results from Shanghai Institute of Technology (In vitro and in vivo antioxidative and radioprotective capacities of polysaccharide isolated from Mesona Blumes gum)[J]. Environment &Conservation,2017.PP 569.

江联.凉粉草多糖-乳清分离蛋白凝胶体系的凝胶特性和凝胶机理的研究及应用.南昌大学.2020.003317.

苏海兰,李松,陈青瑛.仙草的研究进展[J].现代中药研究与实践,2008,22(06):79-81.

冯涛,顾正彪,金征宇.凉粉草胶与不同淀粉混合体系糊化和质构性质的研究[J].食品科学,2007(11):154-158.

Mitchell J R.Rheology of polysaccharides solutions and gels[M].Boston:Buterworth, 1979:51-91.

冯碧香,吴伟萍,刘媛姬,张建,潘燕飞.匍匐型和直立型仙草中仙草胶含量测定[J]广东的农业科学,2008,(08):109-111.

Ross-Murphy S B.Biophysical Methods in Food Research[M].UK:Blackwell Scientific Publications, 1984:138-199.

报告指标说明

- 原文总字符数：即送检文献的总字符数，包含文字字符、标点符号、阿拉伯数字（不计入空格）
- 检测字符数：送检文献经过系统程序处理，排除已识别的参考文献等不作为相似性比对内容的部分后，剩余全部参与相似性检测匹配的文本字符数
- 总相似比：送检文献与其他文献的相似文本内容在原文中所占比例
- 参考文献相似比：送检文献与其标明引用的参考文献的相似文本内容在原文中所占比例
- 可能自引相似比：送检文献与其作者本人的其他已公开或发表文献的相似文本内容在原文中所占比例
- 单篇最大相似比：送检文献的相似文献中贡献相似比最高一篇的相似比值
- 是否引用：该相似文献是否被送检文献标注为其参考文献引用，作者本人的可能自引文献也应标注为参考文献后方能认定为“引用”

检测报告由万方数据文献相似性检测系统算法生成，仅对您所选择的检测范围内检验结果负责，结果仅供参考
万方检测官方网站：<https://check.wanfangdata.com.cn/> 检测报告真伪验证官方网站：<https://truth.wanfangdata.com.cn/>
北京万方数据股份有限公司出品