

主 编 缪明明  
副主编 陈永宽  
刘志华  
李雪梅  
申钦鹏  
张承明

# 不同风格特征烟叶 化学成分研究

BUTONG FENGGE TEZHENG YANYE  
HUAXUE CHENGFEN YANJIU

下



云南大学出版社  
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

BUTONG FENGGE TEZHENG YANYE HUAXUE CHENGFEN YANJIU

# 不同风格特征烟叶 化学成分研究

主 编 缪明明

副主编 陈永宽

刘志华

李雪梅

申钦鹏

张承明

下



云南大学出版社  
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

不同风格特征烟叶化学成分研究: 全2册 / 缪明明  
主编. —昆明: 云南大学出版社, 2016  
ISBN 978-7-5482-2778-6

I. ①不… II. ①缪… III. ①烟叶—化学成分—研究  
IV. ①TS41

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第220763号

策划编辑: 张丽华

责任编辑: 石 可

封面设计: 刘 雨

BUTONG FENGGE TEZHENG YANYE HUAXUE CHENG FEN YANJIU

# 不同风格特征烟叶 化学成分研究

下

主 编 缪明明

副主编 陈永宽

刘志华

李雪梅

申钦鹏

张承明

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明富新春彩色印务有限公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

总 印 张: 48

总 字 数: 1486千

版 次: 2016年12月第1版

印 次: 2016年12月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5482-2778-6

总 定 价: 200.00元(全2册)

社 址: 昆明市一二一大街182号(云南大学东陆校区英华园内)

邮 编: 650091

电 话: (0871) 65033244 65031071

网 址: <http://www.ynup.com>

E-mail: [market@ynup.com](mailto:market@ynup.com)

本书若发现印装质量问题, 请与印厂联系调换, 联系电话: 0871—67425573。

## 本书编委会

主 任：缪明明 陈永宽 刘志华 李雪梅

主 编：缪明明

副 主 编：陈永宽 刘志华 李雪梅 申钦鹏 张承明

编撰委员：（以姓氏笔画为序）

王 岚 王昆森 申钦鹏 司晓喜 朱东来

朱瑞芝 刘春波 李 超 李 晶 杨叶昆

何 沛 张 霞 张凤梅 宫玉鹏 唐石云

韩 熠

审校人员：杨光宇 刘春波 申钦鹏

# 目 录

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 第 13 章 三种香型烟叶原料不同化学成分的稳定性分析 ..... | (371) |
| 13.1 引 言 .....                    | (371) |
| 13.2 材料与方法 .....                  | (371) |
| 13.2.1 样品来源信息 .....               | (371) |
| 13.2.2 分析检测 .....                 | (372) |
| 13.2.3 统计分析 .....                 | (372) |
| 13.3 结果与讨论 (清香型烟叶) .....          | (373) |
| 13.3.1 常规化学成分 .....               | (395) |
| 13.3.2 糖 类 .....                  | (400) |
| 13.3.3 多酚类 .....                  | (403) |
| 13.3.4 金属类 .....                  | (405) |
| 13.3.5 无机酸根类 .....                | (410) |
| 13.3.6 难挥发酸类 .....                | (412) |
| 13.3.7 生物碱类 .....                 | (417) |
| 13.3.8 植物色素类 .....                | (421) |
| 13.3.9 氨基酸类 .....                 | (423) |
| 13.4 结果与讨论 (中间香型烟叶) .....         | (432) |
| 13.4.1 常规化学成分 .....               | (454) |
| 13.4.2 糖 类 .....                  | (459) |
| 13.2.3 多酚类 .....                  | (461) |
| 13.4.4 金属类 .....                  | (464) |
| 13.4.5 无机酸根类 .....                | (468) |
| 13.4.6 难挥发酸类 .....                | (471) |
| 13.4.7 生物碱类 .....                 | (475) |
| 13.4.8 植物色素类 .....                | (479) |
| 13.4.9 氨基酸类 .....                 | (481) |
| 13.5 结果与讨论 (浓香型烟叶) .....          | (490) |
| 13.5.1 常规化学成分 .....               | (512) |
| 13.5.2 糖 类 .....                  | (517) |
| 13.5.3 多酚类 .....                  | (519) |
| 13.5.4 金属元素类 .....                | (522) |
| 13.5.5 无机酸根类 .....                | (526) |
| 13.5.6 难挥发酸类 .....                | (529) |
| 13.5.7 生物碱类 .....                 | (533) |

|                                            |                         |       |
|--------------------------------------------|-------------------------|-------|
| 13.5.8                                     | 植物色素类                   | (537) |
| 13.5.9                                     | 氨基酸类                    | (539) |
| 13.6                                       | 小 结                     | (548) |
| 13.6.1                                     | 清香型烟叶分析结果               | (548) |
| 13.6.2                                     | 中间香型烟叶分析结果              | (548) |
| 13.6.3                                     | 浓香型烟叶分析结果               | (549) |
|                                            | 本章参考文献                  | (549) |
| 第 14 章 三种香型烟叶分类与常规化学成分、其他成分以及半挥发性致香成分的关系研究 |                         | (551) |
| 14.1                                       | 材料与方法                   | (551) |
| 14.1.1                                     | 材 料                     | (551) |
| 14.1.2                                     | 方 法                     | (551) |
| 14.2                                       | 结果与分析                   | (552) |
| 14.2.1                                     | 烟叶香型分类与常规化学成分及其他成分的关系分析 | (552) |
| 14.2.2                                     | 香型分类与半挥发性致香成分的关系分析      | (619) |
| 14.3                                       | 小 结                     | (674) |
| 14.3.1                                     | 常规化学成分及其他成分             | (674) |
| 14.3.2                                     | 半挥发性致香成分                | (676) |
|                                            | 本章参考文献                  | (678) |
| 第 15 章 不同香型烟叶化学成分近红外光谱信息模式识别               |                         | (679) |
| 15.1                                       | 近红外光谱分析技术               | (679) |
| 15.1.1                                     | 国内外近红外光谱分析技术发展概况        | (679) |
| 15.1.2                                     | 近红外光谱分析技术特点             | (679) |
| 15.1.3                                     | 近红外光谱分析技术的基本流程          | (680) |
| 15.2                                       | 近红外光谱技术在不同香型烟叶模式识别中的应用  | (681) |
| 15.2.1                                     | 统计分析方法                  | (681) |
| 15.2.2                                     | 分析结果                    | (683) |
| 15.2.3                                     | 小 结                     | (722) |
|                                            | 本章参考文献                  | (723) |
| 第 16 章 不同香型烟叶电子鼻识别                         |                         | (725) |
| 16.1                                       | 电子鼻结构及基本原理              | (725) |
| 16.1.1                                     | 电子鼻的结构                  | (725) |
| 16.1.2                                     | 电子鼻的基本原理                | (725) |
| 16.2                                       | 电子鼻传感器分类                | (726) |
| 16.3                                       | 电子鼻仪器类型及主要型号            | (728) |
| 16.4                                       | 电子鼻的数据分析方法              | (728) |

16.5 电子鼻在烟草行业中的应用 ..... (729)

    16.5.1 概 述 ..... (729)

    16.5.2 电子鼻在不同香型烟叶识别中的应用 ..... (729)

    16.5.3 电子鼻在不同卷烟烟丝识别中的应用 ..... (735)

16.6 结 论 ..... (738)

本章参考文献 ..... (738)

# 第 13 章 三种香型烟叶原料不同化学成分的 稳定性分析

## 13.1 引言

烟草在中国各地的种植已经有了一定的历史，烟草中各种化学成分对于烟草的香型烟叶区分有着很大的关系(前面章节中已有详细分析)。然而烟草中的化学成分会随着时间的变化或是地区变化而产生变化，这些变化主要包括一些地方品种的使用，栽培种植技术的改变(施肥、杀虫剂、灌溉等)，以及局部区域产量和布局方式的变化等。本章研究目的在于了解以上变化对不同来源烟草样品所产生的变化情况如何，从而选择稳定性较高的指标或样品为烟草香型烟叶研究提供参考和指导意义。

## 13.2 材料与方法

### 13.2.1 样品来源信息

根据样品的三种香型烟叶分类<sup>[1,2]</sup>，将 2011—2013 年的样品进行匹配，得到表 13-2-1 至表 13-2-3，其中清香型烟叶匹配样品其产地大部分来源于云南省，一部分来源于四川省、福建省和贵州省，其品种主要为云 87、K326 等；中间香型烟叶匹配样品其产地大部分来源于贵州省，一部分来源于重庆市、河北省、湖北省和黑龙江省，其品种主要为云 97、K326 等；浓香型烟叶匹配样品其产地大部分来源于河南省和湖南省，一部分来源于江西省、陕西省、安徽省等，其品种主要为云 87 等。

表 13-2-1 2011—2013 年清香型烟叶匹配样品相关来源信息<sup>①</sup>

| 样品序号 | 地点    | 品种   | 样品量 |
|------|-------|------|-----|
| 1    | 大理祥云  | 云 87 | 8   |
| 2    | 红河建水  | 云 97 | 4   |
| 3    | 红河建水  | 红大   | 4   |
| 4    | 昆明宜良  | K326 | 4   |
| 5    | 昆明宜良  | 云 87 | 4   |
| 6    | 凉山会理  | 云 85 | 2   |
| 7    | 凉山会理  | 云 87 | 4   |
| 8    | 龙岩永定  | 云 87 | 9   |
| 9    | 普洱宁洱  | 云 87 | 10  |
| 10   | 黔西南兴仁 | 云 87 | 9   |
| 11   | 曲靖师宗  | K326 | 8   |
| 12   | 三明宁化  | CB-1 | 6   |
| 13   | 玉溪江川  | K326 | 9   |

① 由于本章篇幅较大，为方便读者，本章图序、表序按节编排。——作者注

表 13-2-2 2011—2013 年中间香型烟叶匹配样品相关来源信息

| 样品序号 | 地点    | 品种     | 样品量 |
|------|-------|--------|-----|
| 1    | 恩施咸丰  | 云烟 87  | 8   |
| 2    | 临沂蒙阴  | NC102  | 7   |
| 3    | 牡丹江宁安 | 龙江 911 | 10  |
| 4    | 彭水    | 云烟 97  | 8   |
| 5    | 黔南贵定  | 贵烟 201 | 7   |
| 6    | 黔南贵定  | 毕纳 1 号 | 2   |
| 7    | 铜仁德江  | K326   | 6   |
| 8    | 巫山    | 云烟 97  | 3   |
| 9    | 张家界桑植 | K326   | 9   |
| 10   | 遵义    | 遵烟 6 号 | 4   |
| 11   | 遵义    | 云烟 97  | 1   |

表 13-2-3 2011—2013 年浓香型烟叶匹配样品相关来源信息

| 样品序号 | 地点    | 品种     | 样品量 |
|------|-------|--------|-----|
| 1    | 郴州桂阳  | 云烟 87  | 5   |
| 2    | 赣州信丰  | K326   | 8   |
| 3    | 南阳内乡  | 云烟 87  | 3   |
| 4    | 商洛洛南  | 秦烟 96  | 8   |
| 5    | 韶关南雄  | 粤烟 97  | 5   |
| 6    | 皖南宣州  | 云烟 97  | 4   |
| 7    | 潍坊诸城  | NC55   | 6   |
| 8    | 许昌襄县  | 中烟 100 | 6   |
| 9    | 永州江华  | 云烟 87  | 5   |
| 10   | 驻马店确山 | 云烟 87  | 4   |

13.2.2 分析检测

在烟叶化学成分中主要对 9 类成分中的 62 个指标采用行业标准进行检测。9 类 62 个指标具体是指常规化学成分(总糖、还原糖、氯、钾、氮、总植物碱、石油醚提取物、粗纤维素、挥发酸、挥发碱),糖类(葡萄糖、果糖、蔗糖),多酚类(绿原酸、莨菪亭、芸香苷),金属类(铁、锰、铜、锌、钠、硼、钙、镁),无机酸根类(硝酸根、硫酸根、磷酸根),难挥发酸类(草酸、丙二酸、苹果酸、棕榈酸、硬脂酸、柠檬酸、亚油酸、亚麻酸),生物碱类(烟碱、降烟碱、麦斯明、假木贼碱、新烟草碱、2,3-联吡啶),植物色素类(叶黄素、胡萝卜素),氨基酸类[天冬酰胺酸(Asn)、组氨酸(His)、丝氨酸(Ser)、谷氨酰胺酸(Gln)、精氨酸(Arg)、甘氨酸(Gly)、高丝氨酸(Homoser)、天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、苏氨酸(Thr)、丙氨酸(Ala)、 $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)、脯氨酸(Pro)、赖氨酸(Lys)、酪氨酸(Tyr)、缬氨酸(Val)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、色氨酸(Trp)]。

13.2.3 统计分析

平均值和中位数的比值  $R=2012/2011$ 。针对三种香型烟叶不同样品数(清香型烟叶 42、中间香型烟叶 34、浓香型烟叶 43)计算几何均值  $R$ 。对于这些均值而言,相应的中位数和统计检验主要采用 SPSS 和 Excel 进行。

相同来源不同个体样品的  $R$  稳定性。为了评估相同来源不同个体样品的  $R$  比值的统计稳定性,一种情况是计算分子和分母的 SEs。对于分子而言,可通过(清香型烟叶表 13-3-1,中间香型烟叶表 13-3-2,浓香型烟叶表 13-3-3)来表示,虽然  $N=2$  的样品容量是不稳定的。

最后,研究假定计算的 2011—2013 年均值满足:(1)独立性;(2)正态分布。通过这些假定,同时针对个体  $R$  比值通过整合  $R$  的概率密度函数计算了置信区间。概率密度函数被赋予等式 1<sup>[3]</sup>,同时  $p=0$ ,

被赋予等式 3<sup>[4]</sup>。研究选择了低和高的整合限如总体积累概率通常是 1.00000。对于 95%的置信区间所记录的  $R$  值相对应的累积概率为 0.025 和 0.975。同时也记录了  $R$  中位数(累积概率为 0.5)并且计算了  $R$  均值(概率密度函数 $\times R$  的积分)。

### 13.3 结果与讨论 (清香型烟叶)

首先,研究考察了相同来源样品间的变异性,变异性的判定主要采用变异系数(CV)来表示,从表 13-3-1 中展示了 2011—2013 年 13 个匹配样品的平均值和标准误,通过计算 CV(排除了样品量为 2 的样品)并计算 7 个样品的中位数值,发现:①2011 年数据中总糖、还原糖、氮、石油醚提取物、粗纤维素、葡萄糖、果糖的 CV 中位数值较小(<10%),而氯、挥发酸、蔗糖、苣荬亭、大部分金属元素、无机酸根离子、大部分难挥发酸、降烟碱、麦斯明、假木贼碱、植物色素和大部分氨基酸类元素的 CV 中位数值较大(约 17%~47%);②2012 年数据中总糖、还原糖、氮、石油醚提取物、粗纤维素、葡萄糖、果糖、绿原酸、钙和棕榈酸的 CV 中位数值较小(<10%),而氯、蔗糖、苣荬亭、大部分金属元素、无机酸根离子、苹果酸、柠檬酸、降烟碱、麦斯明、假木贼碱、新烟草碱、叶黄素和所有氨基酸类元素的 CV 中位数值较大(约 17%~66%)。

从 CV 中位数值较大的指标可以简单地解释为相同来源样品中约有 1/3 的个体样本量位于 $\pm 1$  的 CV 均值以外,同时当 CV 中位数值超过了 30%,则个体值的分布会呈现峰态,并且值的范围可能会很大,这些 CV 中位数值表示出了表中平均数具有较大的不确定度,因此在考察个体情况两年的变化时可能会受到一定的影响,具体情况可见以下章节内容。

对比两年各指标的 CV 中位数值发现:两年中 CV 中位数值较小的指标和 CV 中位数值较大的指标基本相似,说明相同来源样品间的个体产生的变异较为一致,具体情况可见下面内容。

表 13-3-1 2011—2013 年清香型烟叶匹配样品 62 个指标的平均值和标准误差信息

| 编号 | 总糖(%) |             |       |             |       |             | 还原糖(%) |             |       |             |       |             | 氮(%) |             |      |             |      |             |
|----|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|--------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|
|    | 2013  | SE          | 2012  | SE          | 2011  | SE          | 2013   | SE          | 2012  | SE          | 2011  | SE          | 2013 | SE          | 2012 | SE          | 2011 | SE          |
| 1  | 34.61 | 1.10        | 36.31 | 1.27        | 35.41 | 0.56        | 28.95  | 0.78        | 29.43 | 1.34        | 29.48 | 0.78        | 0.62 | 0.11        | 0.49 | 0.22        | 0.65 | 0.18        |
| 2  | 27.44 | <b>4.30</b> | 26.08 | <b>0.75</b> | 24.89 | <b>5.70</b> | 23.73  | <b>4.23</b> | 22.79 | <b>1.48</b> | 20.23 | <b>3.57</b> | 0.43 | <b>0.26</b> | 0.57 | <b>0.25</b> | 0.22 | <b>0.04</b> |
| 3  | 30.10 | <b>3.58</b> | 34.10 | <b>1.42</b> | 27.96 | <b>5.87</b> | 26.60  | <b>3.25</b> | 29.82 | <b>2.28</b> | 24.18 | <b>4.34</b> | 0.21 | <b>0.05</b> | 0.52 | <b>0.35</b> | 0.23 | <b>0.02</b> |
| 4  | 19.21 | <b>2.26</b> | 29.27 | <b>0.98</b> | 32.91 | <b>2.84</b> | 16.15  | <b>1.92</b> | 24.59 | <b>2.85</b> | 25.99 | <b>3.28</b> | 0.27 | <b>0.07</b> | 0.61 | <b>0.44</b> | 0.81 | <b>0.66</b> |
| 5  | 21.87 | <b>0.42</b> | 28.06 | <b>3.96</b> | 32.50 | <b>0.33</b> | 18.56  | <b>0.65</b> | 20.40 | <b>6.37</b> | 24.84 | <b>0.15</b> | 0.19 | <b>0.04</b> | 0.08 | <b>0.01</b> | 0.19 | <b>0.07</b> |
| 6  |       |             | 36.26 | 1.63        | 37.82 | <b>0.31</b> |        |             | 31.87 | 2.17        | 31.56 | <b>1.35</b> |      |             | 0.17 | 0.04        | 0.21 | <b>0.05</b> |
| 7  | 33.58 | <b>1.76</b> | 37.67 | <b>0.52</b> | 34.79 | <b>1.00</b> | 30.16  | <b>1.64</b> | 32.63 | <b>0.27</b> | 30.53 | <b>0.53</b> | 0.12 | <b>0.04</b> | 0.20 | <b>0.03</b> | 0.21 | <b>0.01</b> |
| 8  | 29.38 | 1.16        | 31.01 | 1.54        | 29.96 | 1.15        | 26.24  | 1.08        | 28.66 | 1.26        | 28.62 | 1.21        | 0.15 | 0.05        | 0.19 | 0.04        | 0.35 | 0.05        |
| 9  | 22.70 | 2.97        | 28.65 | 2.41        | 33.69 | 1.26        | 20.86  | 2.73        | 25.17 | 1.95        | 29.50 | 1.20        | 0.07 | 0.03        | 0.18 | 0.05        | 0.14 | 0.02        |
| 10 | 30.44 | 1.09        | 30.53 | 1.34        | 32.59 | 0.85        | 26.19  | 1.13        | 28.46 | 1.02        | 26.91 | 0.79        | 0.12 | 0.01        | 0.11 | 0.00        | 0.17 | 0.01        |
| 11 | 29.91 | 2.52        | 31.45 | 0.73        | 33.68 | 0.63        | 27.29  | 2.30        | 25.79 | 0.45        | 25.80 | 0.57        | 0.73 | 0.15        | 0.60 | 0.08        | 0.28 | 0.04        |
| 12 | 30.00 | 1.03        | 32.30 | 0.66        | 32.73 | 1.43        | 24.01  | 0.97        | 27.43 | 0.47        | 26.63 | 1.05        | 0.05 | 0.02        | 0.22 | 0.13        | 0.13 | 0.02        |
| 13 | 33.79 | 1.40        | 33.48 | 0.84        | 35.07 | 0.85        | 31.23  | 1.25        | 29.77 | 1.09        | 29.49 | 1.14        | 0.88 | 0.52        | 1.05 | 0.47        | 1.62 | 0.52        |

注：加粗斜体数字表示该样品的 N=2。

续表

| 编号 | 钾(‰) |             |      |             |      |             | 氮(‰) |             |      |             |      |             | 总植物碱(‰) |             |      |             |      |             |
|----|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|---------|-------------|------|-------------|------|-------------|
|    | 2013 | SE          | 2012 | SE          | 2011 | SE          | 2013 | SE          | 2012 | SE          | 2011 | SE          | 2013    | SE          | 2012 | SE          | 2011 | SE          |
| 1  | 1.47 | 0.06        | 1.41 | 0.18        | 1.73 | 0.20        | 1.47 | 0.05        | 1.69 | 0.01        | 1.49 | 0.05        | 2.10    | 0.09        | 2.10 | 0.11        | 2.01 | 0.29        |
| 2  | 1.55 | <b>0.20</b> | 1.62 | <b>0.05</b> | 1.91 | <b>0.02</b> | 1.73 | <b>0.25</b> | 2.22 | <b>0.05</b> | 2.13 | <b>0.54</b> | 2.60    | <b>0.57</b> | 3.24 | <b>0.20</b> | 3.29 | <b>1.43</b> |
| 3  | 1.33 | <b>0.03</b> | 1.41 | <b>0.08</b> | 1.32 | <b>0.10</b> | 1.57 | <b>0.21</b> | 1.75 | <b>0.03</b> | 2.21 | <b>0.03</b> | 2.19    | <b>0.45</b> | 2.37 | <b>0.09</b> | 3.01 | <b>0.69</b> |
| 4  | 1.38 | <b>0.25</b> | 2.05 | <b>0.53</b> | 1.51 | <b>0.33</b> | 1.86 | <b>0.10</b> | 2.06 | <b>0.01</b> | 1.74 | <b>0.11</b> | 2.42    | <b>0.14</b> | 2.38 | <b>0.43</b> | 2.01 | <b>0.15</b> |
| 5  | 1.53 | <b>0.14</b> | 1.71 | <b>0.24</b> | 1.76 | <b>0.13</b> | 1.83 | <b>0.12</b> | 2.22 | <b>0.21</b> | 2.05 | <b>0.13</b> | 2.40    | <b>0.12</b> | 2.95 | <b>0.52</b> | 2.59 | <b>0.14</b> |
| 6  |      |             | 1.86 | 0.24        | 1.85 | <b>0.04</b> |      |             | 1.61 | 0.03        | 1.95 | <b>0.16</b> |         |             | 1.87 | 0.10        | 1.81 | <b>0.02</b> |
| 7  | 1.54 | <b>0.05</b> | 1.62 | <b>0.04</b> | 1.85 | <b>0.04</b> | 1.46 | <b>0.11</b> | 1.61 | <b>0.02</b> | 1.98 | <b>0.11</b> | 1.94    | <b>0.12</b> | 1.65 | <b>0.01</b> | 2.13 | <b>0.14</b> |
| 8  | 2.61 | 0.09        | 2.64 | 0.05        | 3.09 | 0.07        | 1.42 | 0.06        | 1.96 | 0.06        | 1.90 | 0.12        | 2.42    | 0.06        | 2.68 | 0.28        | 2.60 | 0.13        |
| 9  | 2.45 | 0.08        | 2.21 | 0.12        | 2.37 | 0.18        | 1.79 | 0.09        | 1.99 | 0.12        | 1.81 | 0.13        | 1.91    | 0.11        | 2.42 | 0.34        | 1.92 | 0.10        |
| 10 | 1.68 | 0.04        | 1.66 | 0.10        | 1.73 | 0.09        | 1.38 | 0.06        | 1.91 | 0.02        | 1.76 | 0.05        | 1.89    | 0.08        | 3.10 | 0.11        | 2.29 | 0.08        |
| 11 | 1.13 | 0.19        | 1.58 | 0.21        | 1.27 | 0.11        | 1.48 | 0.14        | 1.94 | 0.05        | 2.25 | 0.24        | 2.76    | 0.60        | 2.71 | 0.39        | 2.56 | 0.38        |
| 12 | 2.56 | 0.12        | 3.23 | 0.16        | 2.80 | 0.20        | 1.32 | 0.08        | 1.75 | 0.05        | 1.82 | 0.04        | 2.09    | 0.36        | 2.14 | 0.09        | 2.58 | 0.16        |
| 13 | 1.53 | 0.12        | 1.43 | 0.10        | 1.61 | 0.11        | 1.29 | 0.07        | 1.83 | 0.06        | 1.69 | 0.07        | 1.83    | 0.15        | 2.32 | 0.19        | 1.77 | 0.24        |

注：加粗斜体数字表示该样品的 N=2。

续表

| 编号 | 石油醚提取物(%) |             |       |             |      |             | 粗纤维素(%) |             |      |             |      |             | 挥发酸(%) |              |      |             |      |             |
|----|-----------|-------------|-------|-------------|------|-------------|---------|-------------|------|-------------|------|-------------|--------|--------------|------|-------------|------|-------------|
|    | 2013      | SE          | 2012  | SE          | 2011 | SE          | 2013    | SE          | 2012 | SE          | 2011 | SE          | 2013   | SE           | 2012 | SE          | 2011 | SE          |
| 1  | 7.09      | 0.53        | 9.29  | 0.40        | 5.12 | 0.12        | 5.27    | 0.16        | 6.36 | 0.59        | 8.05 | 0.64        | 0.19   | 0.02         | 0.18 | 0.01        | 0.17 | 0.02        |
| 2  | 6.49      | <b>0.88</b> | 11.13 | <b>0.04</b> | 6.69 | <b>0.21</b> | 5.85    | <b>1.10</b> | 5.99 | <b>0.24</b> | 9.16 | <b>0.38</b> | 0.18   | <b>0.03</b>  | 0.16 | <b>0.01</b> | 0.22 | <b>0.04</b> |
| 3  | 6.35      | <b>0.75</b> | 11.28 | <b>0.22</b> | 5.47 | <b>0.80</b> | 4.54    | <b>0.10</b> | 5.43 | <b>0.56</b> | 8.35 | <b>0.45</b> | 0.18   | <b>0.02</b>  | 0.16 | <b>0.02</b> | 0.20 | <b>0.01</b> |
| 4  | 6.15      | <b>0.51</b> | 6.28  | <b>0.42</b> | 5.39 | <b>0.65</b> | 8.52    | <b>0.57</b> | 7.58 | <b>0.26</b> | 8.39 | <b>0.88</b> | 0.15   | <b>0.004</b> | 0.21 | <b>0.06</b> | 0.05 | <b>0.02</b> |
| 5  | 6.09      | <b>0.48</b> | 8.22  | <b>0.85</b> | 5.71 | <b>0.16</b> | 9.14    | <b>0.46</b> | 6.33 | <b>0.09</b> | 7.87 | <b>0.31</b> | 0.15   | <b>0.005</b> | 0.17 | <b>0.01</b> | 0.07 | <b>0.02</b> |
| 6  |           |             | 9.17  | 0.34        | 4.09 | <b>0.15</b> |         |             | 5.80 | 0.66        | 6.63 | <b>0.02</b> |        |              | 0.18 | 0.03        | 0.07 | <b>0.01</b> |
| 7  | 8.70      | <b>0.09</b> | 8.57  | <b>0.61</b> | 4.29 | <b>0.14</b> | 5.42    | <b>1.38</b> | 5.56 | <b>0.04</b> | 6.74 | <b>0.10</b> | 0.17   | <b>0.01</b>  | 0.14 | <b>0.01</b> | 0.15 | <b>0.03</b> |
| 8  | 7.41      | 0.17        | 10.26 | 0.50        | 4.20 | 0.12        | 5.68    | 0.84        | 7.05 | 0.27        | 8.32 | 0.35        | 0.20   | 0.02         | 0.21 | 0.01        | 0.25 | 0.02        |
| 9  | 7.13      | 0.97        | 9.20  | 0.50        | 5.72 | 0.21        | 7.18    | 0.46        | 6.27 | 0.27        | 8.64 | 0.33        | 0.18   | 0.02         | 0.22 | 0.01        | 0.23 | 0.01        |
| 10 | 8.38      | 0.26        | 11.73 | 0.21        | 5.32 | 0.03        | 5.98    | 0.57        | 5.67 | 0.15        | 7.92 | 0.32        | 0.14   | 0.02         | 0.15 | 0.01        | 0.10 | 0.01        |
| 11 | 6.49      | 1.40        | 8.61  | 0.65        | 5.49 | 0.24        | 4.62    | 0.63        | 5.60 | 0.33        | 7.23 | 0.17        | 0.14   | 0.02         | 0.15 | 0.01        | 0.19 | 0.02        |
| 12 | 6.74      | 0.74        | 8.02  | 0.08        | 4.44 | 0.23        | 7.44    | 0.45        | 8.22 | 0.26        | 9.27 | 0.39        | 0.17   | 0.02         | 0.19 | 0.01        | 0.18 | 0.02        |
| 13 | 6.22      | 1.14        | 8.98  | 0.47        | 5.16 | 0.28        | 5.74    | 0.90        | 5.82 | 0.37        | 8.03 | 0.22        | 0.15   | 0.01         | 0.13 | 0.01        | 0.12 | 0.01        |

注：加粗斜体数字表示该样品的 N=2。

续表

| 编号 | 挥发碱(%) |             |      |             |      |             | 葡萄糖(%) |             |       |             |       |             | 果糖(%) |             |       |             |       |             |
|----|--------|-------------|------|-------------|------|-------------|--------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|
|    | 2013   | SE          | 2012 | SE          | 2011 | SE          | 2013   | SE          | 2012  | SE          | 2011  | SE          | 2013  | SE          | 2012  | SE          | 2011  | SE          |
| 1  | 0.24   | 0.01        | 0.24 | 0.01        | 0.21 | 0.02        | 14.07  | 0.90        | 20.96 | 0.86        | 14.21 | 0.39        | 10.33 | 0.54        | 16.92 | 0.68        | 10.14 | 0.17        |
| 2  | 0.30   | <b>0.06</b> | 0.40 | <b>0.02</b> | 0.10 | <b>0.10</b> | 11.46  | <b>3.42</b> | 13.24 | <b>2.73</b> | 8.75  | <b>2.19</b> | 13.25 | <b>2.06</b> | 12.83 | <b>2.47</b> | 7.57  | <b>1.23</b> |
| 3  | 0.25   | <b>0.04</b> | 0.27 | <b>0.01</b> | 0.32 | <b>0.07</b> | 13.82  | <b>2.68</b> | 21.07 | <b>1.46</b> | 10.91 | <b>2.55</b> | 14.88 | <b>1.47</b> | 18.26 | <b>0.91</b> | 9.20  | <b>1.86</b> |
| 4  | 0.30   | <b>0.02</b> | 0.30 | <b>0.04</b> | 0.22 | <b>0.02</b> | 6.51   | <b>0.96</b> | 12.37 | <b>1.32</b> | 10.57 | <b>2.25</b> | 8.13  | <b>0.72</b> | 12.92 | <b>0.32</b> | 7.00  | <b>0.94</b> |
| 5  | 0.27   | <b>0.01</b> | 0.35 | <b>0.07</b> | 0.28 | <b>0.02</b> | 7.96   | <b>0.29</b> | 12.67 | <b>5.36</b> | 11.57 | <b>1.29</b> | 8.68  | <b>0.36</b> | 11.27 | <b>4.12</b> | 9.24  | <b>1.14</b> |
| 6  |        |             | 0.22 | 0.01        | 0.20 | <b>0.00</b> |        |             | 20.38 | 1.62        | 12.82 | <b>0.21</b> |       |             | 16.23 | 1.22        | 8.40  | <b>0.14</b> |
| 7  | 0.22   | <b>0.02</b> | 0.19 | <b>0.00</b> | 0.23 | <b>0.01</b> | 14.94  | <b>1.37</b> | 19.59 | <b>1.32</b> | 12.85 | <b>0.05</b> | 11.66 | <b>0.62</b> | 15.55 | <b>0.39</b> | 8.78  | <b>0.07</b> |
| 8  | 0.26   | 0.02        | 0.29 | 0.03        | 0.27 | 0.01        | 10.95  | 0.83        | 16.48 | 0.54        | 10.78 | 0.40        | 11.16 | 0.67        | 17.94 | 0.70        | 9.55  | 0.20        |
| 9  | 0.23   | 0.01        | 0.29 | 0.04        | 0.21 | 0.01        | 8.51   | 1.73        | 14.41 | 1.80        | 13.72 | 0.71        | 9.64  | 1.40        | 14.90 | 1.55        | 10.94 | 0.37        |
| 10 | 0.22   | 0.01        | 0.35 | 0.01        | 0.25 | 0.01        | 12.16  | 0.98        | 16.26 | 0.70        | 9.23  | 0.56        | 9.81  | 0.68        | 15.42 | 0.60        | 5.91  | 0.35        |
| 11 | 0.31   | 0.06        | 0.33 | 0.04        | 0.28 | 0.04        | 13.43  | 1.52        | 14.77 | 0.94        | 12.49 | 0.20        | 13.67 | 0.58        | 13.26 | 1.04        | 8.96  | 0.24        |
| 12 | 0.23   | 0.04        | 0.25 | 0.01        | 0.28 | 0.02        | 11.74  | 0.74        | 14.92 | 0.82        | 10.75 | 0.55        | 10.25 | 0.58        | 15.32 | 0.79        | 8.69  | 0.17        |
| 13 | 0.21   | 0.01        | 0.29 | 0.02        | 0.20 | 0.02        | 15.63  | 1.36        | 18.89 | 0.88        | 13.00 | 0.63        | 13.15 | 0.33        | 15.55 | 0.64        | 9.00  | 0.34        |

注：加粗斜体数字表示该样品的 N=2。

| 编号 | 蔗糖(%) |             |      |             |      |             | 绿原酸(mg/g) |             |       |             |       |             | 茛菪亭(mg/g) |             |      |              |      |              |
|----|-------|-------------|------|-------------|------|-------------|-----------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-----------|-------------|------|--------------|------|--------------|
|    | 2013  |             | 2012 |             | 2011 |             | 2013      |             | 2012  |             | 2011  |             | 2013      |             | 2012 |              | 2011 |              |
|    | SE    | 值           | SE   | 值           | SE   | 值           | SE        | 值           | SE    | 值           | SE    | 值           | SE        | 值           | SE   | 值            | SE   | 值            |
| 1  | 1.99  | 0.44        | 8.05 | 0.74        | 2.91 | 0.23        | 8.72      | 0.35        | 9.72  | 0.47        | 11.28 | 2.21        | 0.21      | 0.03        | 0.15 | 0.016        | 0.08 | 0.018        |
| 2  | 4.22  | <b>1.03</b> | 2.70 | <b>1.87</b> | 1.39 | <b>0.39</b> | 10.68     | <b>1.31</b> | 11.55 | <b>0.18</b> | 14.98 | <b>1.88</b> | 0.27      | <b>0.03</b> | 0.24 | <b>0.031</b> | 0.16 | <b>0.007</b> |
| 3  | 4.07  | <b>0.28</b> | 3.15 | <b>0.79</b> | 0.77 | <b>0.02</b> | 10.51     | <b>0.78</b> | 14.09 | <b>1.41</b> | 12.43 | <b>2.23</b> | 0.28      | <b>0.02</b> | 0.15 | <b>0.027</b> | 0.19 | <b>0.020</b> |
| 4  | 2.15  | <b>0.44</b> | 6.98 | <b>1.55</b> | 2.04 | <b>0.04</b> | 10.20     | <b>0.45</b> | 12.00 | <b>0.41</b> | 12.60 | <b>0.91</b> | 0.31      | <b>0.03</b> | 0.17 | <b>0.001</b> | 0.10 | <b>0.024</b> |
| 5  | 2.47  | <b>0.32</b> | 9.81 | <b>7.04</b> | 2.14 | <b>0.27</b> | 10.72     | <b>0.61</b> | 11.71 | <b>0.09</b> | 11.99 | <b>0.08</b> | 0.26      | <b>0.01</b> | 0.16 | <b>0.036</b> | 0.14 | <b>0.010</b> |
| 6  |       |             | 5.10 | 1.21        | 1.86 | <b>0.05</b> |           |             | 11.70 | 1.41        | 10.51 | <b>0.50</b> |           |             | 0.13 | 0.007        | 0.09 | <b>0.001</b> |
| 7  | 0.59  | <b>0.08</b> | 6.63 | <b>1.62</b> | 0.90 | <b>0.20</b> | 8.81      | <b>0.26</b> | 9.76  | <b>0.40</b> | 10.41 | <b>0.15</b> | 0.22      | <b>0.02</b> | 0.11 | <b>0.005</b> | 0.12 | <b>0.000</b> |
| 8  | 0.18  | 0.04        | 0.61 | 0.26        | 0.41 | 0.06        | 8.87      | 0.69        | 6.87  | 0.21        | 11.55 | 0.37        | 0.35      | 0.02        | 0.29 | 0.035        | 0.26 | 0.029        |
| 9  | 0.46  | 0.13        | 2.98 | 0.76        | 1.72 | 0.35        | 0.07      | 0.02        | 13.15 | 0.70        | 11.69 | 1.12        | 8.81      | 1.14        | 0.27 | 0.048        | 0.14 | 0.025        |
| 10 | 1.15  | 0.11        | 2.67 | 0.64        | 1.52 | 0.15        | 0.20      | 0.04        | 13.30 | 0.09        | 12.07 | 0.16        | 12.02     | 0.39        | 0.15 | 0.011        | 0.09 | 0.007        |
| 11 | 2.52  | 0.93        | 7.82 | 1.84        | 3.33 | 0.16        | 14.97     | 1.56        | 13.82 | 1.11        | 12.02 | 0.33        | 0.24      | 0.03        | 0.14 | 0.006        | 0.11 | 0.012        |
| 12 | 1.95  | 0.77        | 5.49 | 0.76        | 2.49 | 0.30        | 13.52     | 1.22        | 13.16 | 0.55        | 19.81 | 1.93        | 0.14      | 0.01        | 0.07 | 0.006        | 0.05 | 0.005        |
| 13 | 1.45  | 0.29        | 3.37 | 0.67        | 1.80 | 0.42        | 10.23     | 0.57        | 10.32 | 0.41        | 12.12 | 1.16        | 0.17      | 0.02        | 0.17 | 0.016        | 0.12 | 0.025        |

注：加粗斜体数字表示该样品的 N=2。

续表

| 编号 | 芸香苷(mg/g) |             |       |             |       |             | 铁(mg/kg) |              |        |              |        |               | 锰(mg/kg) |              |        |              |        |              |
|----|-----------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|----------|--------------|--------|--------------|--------|---------------|----------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|
|    | 2013      | SE          | 2012  | SE          | 2011  | SE          | 2013     | SE           | 2012   | SE           | 2011   | SE            | 2013     | SE           | 2012   | SE           | 2011   | SE           |
| 1  | 7.57      | 0.37        | 10.67 | 0.57        | 10.39 | 0.45        | 183.20   | 13.98        | 151.08 | 14.55        | 132.39 | 17.60         | 105.33   | 16.77        | 70.53  | 12.54        | 69.80  | 11.88        |
| 2  | 9.05      | <b>2.16</b> | 12.17 | <b>1.83</b> | 12.21 | <b>1.05</b> | 243.38   | <b>79.35</b> | 212.25 | <b>11.85</b> | 256.89 | <b>81.48</b>  | 270.13   | <b>60.03</b> | 120.80 | <b>25.30</b> | 203.72 | <b>2.48</b>  |
| 3  | 10.07     | <b>1.92</b> | 13.14 | <b>1.06</b> | 11.94 | <b>1.77</b> | 195.25   | <b>0.37</b>  | 135.05 | <b>9.25</b>  | 172.21 | <b>52.15</b>  | 307.00   | <b>0.79</b>  | 99.75  | <b>15.35</b> | 108.49 | <b>9.45</b>  |
| 4  | 7.97      | <b>0.59</b> | 9.10  | <b>0.27</b> | 11.37 | <b>1.15</b> | 291.07   | <b>57.49</b> | 189.35 | <b>32.65</b> | 121.20 | <b>9.69</b>   | 228.37   | <b>62.65</b> | 102.55 | <b>47.55</b> | 83.43  | <b>67.17</b> |
| 5  | 8.04      | <b>0.51</b> | 11.63 | <b>0.66</b> | 12.30 | <b>0.70</b> | 315.20   | <b>42.06</b> | 138.20 | <b>5.60</b>  | 274.96 | <b>127.91</b> | 304.40   | <b>75.11</b> | 110.75 | <b>33.45</b> | 136.14 | <b>15.03</b> |
| 6  |           |             | 9.69  | 1.21        | 11.57 | <b>0.23</b> |          |              | 133.97 | 24.74        | 107.48 | <b>10.66</b>  |          |              | 60.13  | 6.99         | 119.26 | <b>3.66</b>  |
| 7  | 9.95      | <b>0.54</b> | 9.92  | <b>0.12</b> | 12.45 | <b>0.40</b> | 191.53   | <b>23.43</b> | 169.75 | <b>0.85</b>  | 98.96  | <b>23.35</b>  | 116.43   | <b>16.09</b> | 78.70  | <b>1.30</b>  | 122.73 | <b>4.11</b>  |
| 8  | 7.95      | 0.23        | 8.53  | 0.49        | 7.34  | 0.47        | 191.20   | 13.75        | 130.38 | 7.76         | 106.43 | 9.42          | 231.86   | 33.96        | 87.90  | 20.22        | 136.23 | 9.80         |
| 9  | 0.42      | 0.04        | 12.45 | 1.56        | 10.05 | 0.74        | 215.04   | 20.96        | 134.32 | 7.20         | 108.03 | 5.63          | 326.26   | 56.43        | 80.94  | 5.06         | 141.36 | 21.03        |
| 10 | 7.51      | 0.26        | 12.83 | 0.17        | 11.62 | 0.16        | 196.18   | 26.05        | 113.08 | 9.97         | 152.78 | 18.56         | 167.12   | 26.78        | 75.40  | 6.83         | 107.65 | 10.28        |
| 11 | 10.80     | 0.68        | 12.82 | 1.44        | 11.40 | 0.70        | 199.02   | 18.75        | 150.10 | 24.14        | 157.16 | 49.26         | 100.00   | 27.46        | 98.43  | 9.02         | 72.82  | 18.06        |
| 12 | 7.53      | 0.44        | 8.03  | 0.85        | 8.77  | 0.74        | 134.78   | 12.13        | 143.70 | 5.25         | 88.58  | 18.65         | 403.78   | 41.10        | 148.90 | 37.47        | 114.34 | 32.89        |
| 13 | 8.18      | 0.67        | 10.13 | 0.58        | 10.74 | 0.70        | 318.93   | 59.13        | 177.90 | 15.30        | 156.56 | 17.56         | 129.25   | 69.30        | 30.84  | 3.50         | 28.65  | 7.10         |

注：加粗斜体数字表示该样品的 N=2。

续表

| 编号 | 锌(mg/kg) |             |       |             | 钠(mg/kg) |             |        |              | 硼(mg/kg) |               |        |              |
|----|----------|-------------|-------|-------------|----------|-------------|--------|--------------|----------|---------------|--------|--------------|
|    | 2013     | SE          | 2012  | SE          | 2011     | SE          | 2013   | SE           | 2012     | SE            | 2011   | SE           |
| 1  | 42.33    | 6.43        | 31.35 | 4.55        | 32.85    | 4.14        | 317.03 | 13.97        | 413.35   | 58.81         | 292.39 | 34.32        |
| 2  | 35.03    | <b>3.66</b> | 40.50 | <b>1.50</b> | 30.90    | <b>9.18</b> | 255.40 | <b>14.78</b> | 270.15   | <b>55.15</b>  | 227.83 | <b>79.15</b> |
| 3  | 33.30    | <b>0.62</b> | 34.35 | <b>5.15</b> | 26.88    | <b>3.19</b> | 239.25 | <b>2.28</b>  | 266.85   | <b>158.43</b> | 281.45 | <b>64.70</b> |
| 4  | 30.10    | <b>2.02</b> | 37.35 | <b>1.65</b> | 21.83    | <b>1.45</b> | 302.63 | <b>7.59</b>  | 240.65   | <b>15.43</b>  | 170.12 | <b>0.60</b>  |
| 5  | 27.63    | <b>2.77</b> | 35.80 | <b>2.60</b> | 40.48    | <b>0.43</b> | 298.38 | <b>8.30</b>  | 259.60   | <b>144.00</b> | 279.79 | <b>3.75</b>  |
| 6  |          |             | 34.57 | 0.99        | 37.82    | <b>2.60</b> |        |              | 346.57   | <b>214.10</b> | 327.69 | <b>1.90</b>  |
| 7  | 27.97    | <b>3.03</b> | 42.25 | <b>2.45</b> | 35.22    | <b>1.69</b> | 234.03 | <b>11.67</b> | 451.70   | <b>17.44</b>  | 318.68 | <b>1.60</b>  |
| 8  | 123.10   | 6.68        | 52.98 | 0.63        | 91.51    | 6.65        | 235.20 | 8.52         | 374.43   | 67.22         | 415.27 | 6.80         |
| 9  | 70.42    | 8.66        | 41.50 | 2.86        | 50.05    | 5.70        | 271.12 | 9.35         | 308.30   | 56.77         | 226.41 | 25.98        |
| 10 | 27.14    | 1.53        | 38.88 | 5.28        | 25.31    | 6.11        | 252.20 | 10.22        | 467.65   | 59.93         | 300.26 | 5.46         |
| 11 | 19.36    | 3.13        | 33.60 | 2.87        | 23.06    | 2.18        | 256.40 | 8.74         | 288.50   | 40.91         | 188.48 | 25.15        |
| 12 | 66.90    | 5.89        | 48.43 | 0.42        | 61.99    | 20.03       | 227.08 | 6.16         | 754.10   | 90.08         | 424.70 | 39.60        |
| 13 | 46.80    | 10.00       | 35.18 | 1.28        | 27.19    | 4.60        | 339.50 | 47.18        | 348.24   | 54.33         | 201.84 | 43.05        |

注：加粗斜体数字表示该样品的  $N=2_{\alpha}$