

不同品种红茶及茶膏的Fisher判别分析

谭超, 戴波*, 刘华戎*, 龚加顺, 戴臻, 杨翠娟
(云南农业大学食品科学技术学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 为探究Fisher判别分析法对不同品种红茶及茶膏种类品质区分的可行性, 针对不同品种红茶及滇红碎茶茶膏, 以蛋白质、总糖、茶红素、茶黄素、茶褐素及9种矿物质元素为变量进行判别分析。结果表明: 采用Fisher判别分析法评定不同品种红茶及不同加工工艺滇红碎茶茶膏的真实归属及品质是可靠的。红茶茶叶及茶膏品质评定中采用Fisher判别分析有利于降低传统感官评定过程中人为主观因素的干扰, 避免模糊性和不确定性, 保证评审的稳定和可靠性。

关键词: 红茶; 茶膏; 判别分析

Application of Fisher's Discriminant Analysis to Discriminate Different Varieties of Black Tea and Dianhong Tea Cream Produced by Different Methods

TAN Chao, DAI Bo*, LIU Huarong*, GONG Jiashun, DAI Zhen, YANG Cuijuan
(College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: The feasibility of using Fisher's discriminant analysis to distinguish different varieties of black tea and tea cream produced by different methods was investigated. Protein, total sugar, thearubigins, theaflavin, theabrownin and 9 mineral elements were used as the variables for discriminant analysis of different varieties of black tea and tea cream made from broken Dianhong tea. The results showed that Fisher's discriminant analysis is reliable in discriminating all tested samples. Fisher discriminant analysis is helpful to reduce interference from subjective factors in the process of sensory evaluation, avoiding ambiguity and uncertainty and ensuring the stability and reliability.

Key words: black tea; tea cream; discriminant analysis

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607012

中图分类号: TS272.5.2; TS272.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)07-0062-04

引文格式:

谭超, 戴波, 刘华戎, 等. 不同品种红茶及茶膏的Fisher判别分析[J]. 食品科学, 2016, 37(7): 62-65. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607012. <http://www.spkx.net.cn>

TAN Chao, DAI Bo, LIU Huarong, et al. Application of Fisher's discriminant analysis to discriminate different varieties of black tea and Dianhong tea cream produced by different methods[J]. Food Science, 2016, 37(7): 62-65. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607012. <http://www.spkx.net.cn>

茶叶起源于中国, 传播于世界, 红茶是全球消费量最大的茶叶品种, 风靡欧美等国际市场^[1-4]。贸易上红茶评审主要根据产区, 对照红茶标样来评定外形和叶底的嫩度。而香气、滋味和茶汤色泽则以新采茶叶为依据, 通过人工感官综合定级, 再确定品质和价格。这种以标准样为依据的人工定级法对红茶品质的评审存在模糊性和不确定性较大^[5-7]。目前对于红茶化学分类评级评质并没有相应的国际或国家标准, 特别是茶膏品质评定受限

于感官评定主观影响较大的缺点。Fisher判别法是一种把高维数据压缩为一维数据的多元分析方法, 基本思路就是从 N 个总体中抽取具有 P 个指标的样品观测数据, 通过方差分析构造一个一维判别函数或判别式, 然后应用该线性函数把 P 维空间中的已知类别总体以及求知类别归属的样本都变换为一维数据, 再根据其间的亲疏程度把未知归属的样本点判定其归属。Fisher判别方法是多元统计分析中判别分析方法的常用方法之一, 能在各领域得

收稿日期: 2015-06-25

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金项目(2013Z028)

作者简介: 谭超(1985—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为食品质量安全。E-mail: tctj_1212@163.com

*通信作者: 戴波(1978—), 男, 讲师, 硕士, 研究方向为农业信息工程。E-mail: daibo1999@163.com

刘华戎(1971—), 女, 教授, 硕士, 研究方向为食品加工、包装与销售。E-mail: rongrong126126@126.com

到应用。通常用来判别某观测量是属于哪种类型,从而确定未知样本的归属性和区分度^[8-9]。

为探究采用Fisher判别分析法分析不同品种红茶及不同加工工艺滇红碎茶茶膏的未知样品真实归属及品质评定的可行性,针对9个茶叶及茶膏样品采用常规化学分析法,以蛋白质、总糖、茶红素(thearubigins, TR)、茶黄素(theaflavin, TF)、茶褐素(theabrownin, TB)及9种矿物质元素含量为变量,应用Fisher判别进行分析,探究Fisher判别分析法对不同种类红茶茶叶及茶膏品质区分的可行性,为规范红茶茶膏的加工及红茶茶膏品质安全、质量标准提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

滇红工夫红茶(条茶,经典58特级红茶,2014年5月产)、滇红工夫红茶(碎茶,特级CTC工艺红碎茶,2014年5月产) 云南滇红集团股份有限公司;祁门红茶(条茶,特级红茶,2014年6月产) 祁门县源生茶叶有限责任公司;四川工夫红茶(条茶,特级桔糖高香型红茶,2014年3月产) 四川林湖茶业有限公司;滇红茶膏(茗乾30 g装,凤庆特级滇红茶提炼) 云南雄达茶城。

高氯酸、硝酸、过氧化氢、质量分数5%硝酸溶液、质量分数2%硝酸溶液、混合酸消化液 昆明泽浩科技有限公司。以上试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

ESJ200-4电子分析天平 沈阳龙腾电子有限公司;电感耦合等离子体发射光谱仪 珀金埃尔默企业管理(上海)有限公司;JK-MDA-23微波消解仪 上海精科仪器有限公司;上海标模DS-1组织捣碎机 上海右一仪器有限公司;ML-1.5-4可调温电热板 上海天创仪器有限公司;SX-4-10马弗炉 苏州江东精密仪器有限公司;RE-52AA旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 茶膏制作工艺流程

非酶解水浴和真空浓缩茶样品:250 g滇红碎茶→粉碎→加2.5 L蒸馏水→90 °C保温浸提30 min并反复3次→500目滤布过滤→滤液合并→分别采用0.06 MPa、60 °C条件下旋转蒸发浓缩或90 °C水浴浓缩→茶膏

酶解水浴和真空浓缩茶样品:250 g滇红碎茶→粉碎→加2.5 L蒸馏水→各加0.1%纤维素酶、果胶酶于45 °C条件下反应1 h→90 °C保温浸提30 min并反复3次→500目滤布过滤→滤液合并→分别采用0.06 MPa、60 °C条件下旋转蒸发浓缩或90 °C水浴浓缩→茶膏

1.3.2 指标测定

样品干物质含量的测定:采用GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[10]中103 °C恒质量法测定红茶茶膏干物质含量。

红茶茶膏中蛋白质含量的测定^[11]:采用考马斯亮蓝比色法,595 nm波长处比色,根据标准曲线方程 $y=5.624 1x+0.027 9$ ($R^2=0.990 2$) 计算红茶茶膏中蛋白质含量。

红茶茶膏中水溶性总糖的测定^[12]:采用硫酸蒽酮比色法,620 nm波长处比色,根据标准曲线方程 $y=5.876 7x-0.001 9$ ($R^2=0.993 6$) 计算红茶茶膏中总糖含量。

茶色素含量测定^[13]:茶红素和茶黄素采用比色法,380 nm波长处比色,测定茶褐素采用酸水解法。

矿物质元素含量测定:茶叶或茶膏样品经前处理上机测试,元素含量测定采用电感耦合等离子体质谱(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)法。同一样品取不同点样5个进行测定。测定方法参照NY/T 1653—2008《蔬菜、水果及制品中矿质元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》^[14]。

1.4 数据分析

数据采集分析采用Microsoft Excel 2013和IBM SPSS Statistics 19.0软件。

2 结果与分析

2.1 不同品种红茶与不同加工工艺红茶茶膏的理化性质分析

表1 不同红茶及茶膏理化成分
Table 1 Chemical components of black tea and tea cream

样品	干物质 含量/%	蛋白质 含量/%	总糖 含量/%	色素含量/%		
				TR	TF	TB
川红条茶	92.14	13.87 ^{Df}	12.87 ^{Ccd}	30.67 ^{Bbc}	5.90 ^{Aa}	12.60 ^{CDd}
祁红条茶	89.22	14.26 ^{Def}	12.57 ^{Cd}	29.26 ^{BCcd}	4.74 ^{Cc}	13.36 ^{BCc}
滇红条茶	90.87	12.48 ^{Eg}	10.71 ^{De}	26.98 ^{De}	4.05 ^{DEc}	10.66 ^{Ec}
滇红碎茶	85.20	12.36 ^{Eg}	10.67 ^{De}	27.10 ^{De}	4.21 ^{DEde}	11.10 ^{Ec}
非酶解真空茶膏	79.18	17.14 ^{Aa}	13.27 ^{BCc}	30.73 ^{Bb}	5.31 ^{Bb}	14.50 ^{Ab}
非酶解水浴茶膏	85.48	14.70 ^{CDde}	12.77 ^{Ccd}	28.37 ^{CDde}	4.38 ^{CEce}	13.16 ^{BDcd}
酶解真空茶膏	80.12	15.81 ^{Bbc}	15.83 ^{Aa}	35.39 ^{Aa}	5.34 ^{Bb}	15.24 ^{Aa}
酶解水浴茶膏	81.33	15.34 ^{BCcd}	14.05 ^{Bb}	34.79 ^{Aa}	5.25 ^{Bb}	13.53 ^{Bc}
市售样品	90.59	16.16 ^{Bb}	16.00 ^{Aa}	28.74 ^{CDd}	4.44 ^{CDcd}	12.51 ^{CDd}

注:同列小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。下同。

红茶中目前已鉴定出的化合物有500多种,化学组分十分复杂。红茶原料经过不同工艺加工后其化学组分也会有显著变化。由表1可知,祁红条茶和川红条茶蛋白质含量较高,川红条茶的TR、TF、祁红条茶的TB含量相对较高。滇红碎茶加工制成茶膏后蛋白质、总糖含量均有极显著提高($P < 0.01$),茶色素(TR、TF、TB)含量

有显著提高 ($P<0.05$)，其中采用酶解工艺可以极显著提高茶膏中总糖和TR含量 ($P<0.05$)。

通过典则判别函数分析得到判别函数散点图，如图1所示。通过判别方程和聚类分析，利用数据相关性分析可以看出9类样品均值、标准差等的统计描述数值，可以大概了解9类茶叶间的差异。从最终聚类质点组质心可知，这4种茶叶和5种茶膏之间的距离都比较远（滇红茶茶和滇红碎茶除外），说明Fisher判别分析函数能够较明显对9种样品进行分类和描述。分析中使用了前5个典则判别函数对原始样本中的85.3%实现了正确分类，从散点图中质点组质心可以看出有明显区分度，进一步证明了以理化成分作为指标应用Fisher判别函数分析可有效地区分出不同品种的红茶和茶膏。

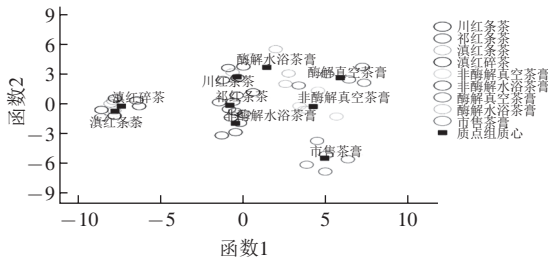


图1 基于理化成分的红茶和茶膏化学归类图

Fig.1 Classification of black tea and tea cream based on chemical components

2.2 不同品种红茶与不同加工工艺红茶茶膏矿物质元素的判别分析

表2 不同红茶及茶膏矿物质元素含量

Table 2 Contents of mineral elements in black tea and tea cream

样品	P含量/%	Zn含量/(mg/kg)	Fe含量/(mg/kg)	Mn含量/(mg/kg)	Mg含量/(mg/kg)	Ca含量/%	Cu含量/(mg/kg)	Na含量/(mg/kg)	K含量/%
川红茶茶	0.559 ^{cd}	61.5 ^{cd}	148.0 ^{bc}	640 ^{ab}	0.204 ^{cd}	0.238 ^{bc}	31.80 ^{ab}	87.6 ^{ab}	1.74 ^c
祁红茶茶	0.406 ^{ab}	39.5 ^{cd}	209.0 ^{ab}	733 ^{ab}	0.218 ^{cd}	0.325 ^{ab}	22.80 ^{bc}	75.6 ^{ab}	1.78 ^c
滇红茶茶	0.532 ^{ef}	37.6 ^e	127.0 ^{cd}	474 ^{de}	0.190 ^{de}	0.266 ^{bc}	16.20 ^{cd}	80.6 ^{ab}	1.76 ^c
滇红碎茶	0.554 ^{de}	38.2 ^{de}	133.0 ^{bcd}	479 ^{de}	0.197 ^{de}	0.275 ^{bc}	17.50 ^{cd}	88.7 ^{ab}	1.78 ^c
非酶解真空茶膏	0.592 ^{cd}	60.6 ^{cd}	51.2 ^{de}	530 ^{de}	0.280 ^{bc}	0.053 ^{cd}	3.62 ^{de}	136.0 ^{de}	2.82 ^{ab}
非酶解水浴茶膏	0.649 ^{ab}	69.0 ^{cd}	58.0 ^{de}	609 ^{cd}	0.319 ^{ab}	0.056 ^{cd}	3.86 ^{de}	144.0 ^{de}	2.32 ^{ab}
酶解真空茶膏	0.648 ^{ab}	91.2 ^{ab}	124.0 ^{de}	545 ^{de}	0.375 ^{ab}	0.066 ^{cd}	6.34 ^{de}	192.0 ^{de}	2.40 ^{ab}
酶解水浴茶膏	0.656 ^{ab}	83.3 ^{ab}	194.0 ^{ab}	521 ^{de}	0.361 ^{ab}	0.062 ^{cd}	7.28 ^{de}	200.0 ^{de}	2.88 ^{ab}
市售样品	0.479 ^{de}	34.4 ^{ef}	21.0 ^{de}	627 ^{ab}	0.340 ^{ab}	0.052 ^{cd}	8.93 ^{de}	1350.0 ^{ab}	3.08 ^{ab}

不同种类不同地区红茶中的矿物质含量存在着一定差异，通常矿物质元素的含量是区分茶叶产地的重要指标之一。本研究利用红茶及茶膏矿物质元素的含量作为指标进行判别聚类分析，通过ICP-MS测定了9个样品中P、Zn、Fe、Mn、Mg、Ca、Cu、Na、K 9个矿物质元素指标，对茶膏品质的判别是否可行。同一样品取不同点样5个，共45个样品，由表2可知，红茶品种不同其矿物质元素含量也存在差异 ($P<0.05$)。总的来讲，K是含量最丰富的元素，不同品种红茶K元素含量差异不明显

($P>0.05$)，其次是P，不同品种红茶P元素含量差异显著 ($P<0.05$)，而Mn、Fe、Na、Zn、Cu含量较低。

通过典则判别函数分析，从得到的初始因子载荷矩阵可知，前8个新因子代表了9个指标的全部信息的95%以上，根据典则判别函数，对上述45种茶样可以进行归类，如图2所示。通过判别方程和聚类分析，从判别图中发现，不同品种茶叶原样可以较好地与其他茶种进行区分。滇红茶茶与碎茶归属一类，质点组质心重叠，区分不明显。滇红碎茶利用不同工艺加工的4种茶膏矿物质元素区分并不十分明显，可归属一类，但还是有一定区分度，而这4种茶膏与市售红茶茶膏差异明显归为不同类，进一步证明了以矿物质元素含量作为指标应用Fisher判别函数分析可有效地区分出不同品种的红茶和茶膏，同时也可用于茶膏加工中不同茶膏品种品质区分的依据指标，但对茶膏的判别区分度略低。

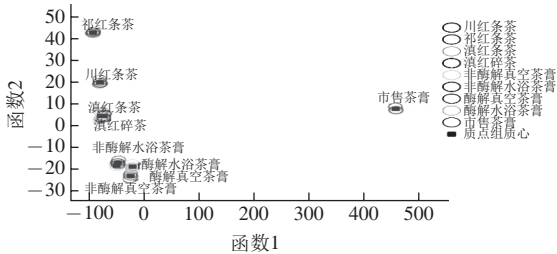


图2 基于矿物质元素的红茶和茶膏化学归类图

Fig.2 Classification of black tea and tea cream based on mineral elements

3 结论

国内外评定茶叶等级品质，常采用感官评审法，其具有方便、快速、高效等优点^[15-16]。但由于评审过程中对茶叶外形、汤色、香气、滋味和叶底5个评审项目主要依靠人的主观判断来进行，其灵敏度容易受到内外诸多因素的影响，易产生模糊和不确定性，对于茶膏等级品质的评审更存在此类问题。即便是专业评茶师，其感觉器官的灵敏度也易受外界因素的干扰而改变，从而影响评价结果的准确性、客观性和一致性^[17]。此外，感官评审需在对照实物标准样的基础上进行，而实物标准样的制作又受到各种条件的限制，难以保持连续一致，这更影响到茶叶评审结果的准确和客观性。由于这些问题，近年也兴起了智能感官分析技术研究热潮。Borah等^[18]利用向量量化建模对茶叶品质进行评价。Borah等^[19]利用电子鼻和神经网络对茶叶分级。这些方法过于复杂，需要投入大量高精尖仪器设备。如何借助现有成熟简单的分析手段和分析方法解决茶叶感官评审中面临的准确性问题是新的挑战。由于茶叶的成分复杂，单一的指标并不能很好的评价其品质，关键还应该依靠茶叶本身的品质组分定级，因此深层次探究Fisher判别分析法在红茶及茶膏中的应用对红茶及茶膏标准化评审有着重要意义。

Fisher判别分析分析法近年来被广泛应用于矿产分析^[20]、金融分析^[21]、医学研究^[22-23]、果品粮食分析^[24-26]中,而在茶叶等级评定中尚处于刚刚起步阶段。通过研究发现应用常规理化分析技术和ICP-MS分析技术,收集红茶茶叶、茶膏的理化成分和矿物质元素含量数据,并采用Fisher判别分析建立模型,对主要的特征品质成分进行定量分析。可显著区分红茶茶叶及红茶茶膏种类,实现对红茶茶叶及茶膏品质的客观评定。此外,针对一定数量的4种红茶茶叶及5种红茶茶膏以蛋白质、多糖、色素和矿物质为变量,通过Fisher判别分析建立判别方程,绘制二维分散点图进行聚类分析。在蛋白质、多糖、色素的基本理化成分二维散点图中,类间距离区分极为明显。而在矿物质二维散点图中,红茶茶叶和茶膏类间距离区分极为显著,不同工艺茶膏之间类间区分则不太明显,判别区分度略低。说明Fisher判别分析法用于对红茶茶叶品种判别区分中比用于不同加工工艺茶膏更为有效。但需注意进行常规理化分析和ICP-MS测定中,实验误差等因素对结果可能存在影响,特别是在理化成分中测定误差将导致带入Fisher判别函数中出现偏差,最终影响到评审的准确、客观性。综合得出采用Fisher判别分析法分析红茶不同品种茶叶及不同加工工艺红茶茶膏的未知样品真实归属及品质评定是可行的。

Fisher判别分析在红茶感官评审分析中的应用才刚刚开始,未来的发展还面临诸多挑战。为更准确地利用Fisher判别分析建立模型分析未知茶样品,在进行等级品质判别前期需要收集大量不同品种红茶茶叶或茶膏信息进行等级评定,建立判别数据库,此过程中也离不开人工感官评定,如何建立一套完整的红茶判别分析库,同时避免其间带来的人工感官评定的模糊和不稳定性,将是下一步研究的重要方面。综观红茶品质检测技术研究,感官品评最能体现人的感受及对产品的质量要求,而理化测定结果客观、准确。随着建模应用方法学的逐步完善,将理化分析与应用方法学有机结合,市场前景广阔,相信将在未来红茶品质分析与控制中大放异彩。

参考文献:

- [1] 陶德臣. 中国茶向世界传播的途径与方式[J]. 古今农业, 2014(4): 46-48. DOI:10.3969/j.issn.1672-2787.2014.04.007.
- [2] 王继坤, 陈桥, 郑桂清. 绿茶、红茶、白茶和乌龙茶化学组分的差异性分析[J]. 林业科学, 2010, 1(增刊2): 72-77.
- [3] SATOH E, TOHYAMA N, NISHIMURA M. Comparison of the antioxidant activity of roasted tea with green, oolong, and black teas[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2005, 56(8): 551-559. DOI:10.1080/09637480500398835.
- [4] CRESPI V, WILLIAMSON G. A review of the health effects of green tea catechins in *in vivo* animal models[J]. Journal of Nutrition, 2004, 134(Suppl12): 3431-3440.
- [5] 陆松候, 施兆鹏. 茶叶审评与检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 86-88.
- [6] 魏决, 丁明玉. 茶多酚的色谱分析法[J]. 色谱, 2002, 18(1): 35-38. DOI:10.3321/j.issn:1000-8713.2000.01.010.
- [7] 陆建良, 梁月荣, 龚淑英, 等. 茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J]. 茶叶科学, 2002, 22(1): 57-61. DOI:10.3969/j.issn.1000-369X.2002.01.012.
- [8] JIA W S, MA Z H, LAN Y B, et al. An Identification of the growing area of Longjing tea based on the Fisher's discriminant analysis with the combination of principal components analysis[J]. Intelligent Pattern Recognition Technology and Applications, 2013, 19(4): 545-553. DOI:10.1080/10798587.2013.869113.
- [9] ZHOU J, CHENG H, YE Y, et al. Recognition for raw material cultivar of manufactured tea with Fisher discriminant classification with principal components analysis[J]. Acta Optica Sinica, 2009, 29(4): 1117-1121. DOI:10.3788/AOS20092904.1117.
- [10] GB 5009.3—2010 食品中水分的测定[S].
- [11] 陆建良, 梁月荣, 张凌云. 考马斯亮蓝法在茶汤可溶性蛋白含量分析中的应用和改良[J]. 茶叶, 2002, 28(2): 89-93. DOI:10.3969/j.issn.0577-8921.2002.02.013.
- [12] 赵飞龙, 周红杰. 云南普洱茶渥堆过程中的主要微生物初探[J]. 商丘师范学院学报, 2005, 21(2): 129-133. DOI:10.3969/j.issn.1672-3600.2005.02.037.
- [13] 谭超, 彭春秀, 高斌, 等. 普洱茶茶褐素类主要组分特征及光谱学性质研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(4): 1051-1056. DOI:10.3964/j.issn.1000-0593(2012)04-1051-06.
- [14] NY/T 1653—2008 蔬菜、水果及制品中矿质元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法[S].
- [15] 刘东娜, 聂坤伦, 杜晓, 等. 抹茶品质的感官审评与成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 168-172. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201402031.
- [16] 罗永泰, 刘乃申, 赵占恰. 茶叶感官鉴定的综合分析[J]. 系统工程理论与实践, 1989(6): 61-68.
- [17] 史波林, 赵镭, 汪厚银, 等. 智能感官分析技术在茶叶品质检测中的应用[J]. 食品科学, 2009, 30(19): 351-355. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2009.19.082.
- [18] BORAH S, HINES E L, BHUYAN M. Wavelet transform based image texture analysis for size estimation applied to the sorting of tea granules[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(2): 629-639. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2006.02.022.
- [19] BORAH S, HINES E L, LEESON M S, et al. Neural network based electronic nose for classification of tea aroma[J]. Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety, 2008, 2(1): 7-14. DOI:10.1007/s11694-007-9028-7.
- [20] 鲁金涛, 李夕兵, 宫凤强, 等. 基于主成分分析与Fisher判别分析法的矿井突水水源识别方法[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22(7): 110-116. DOI:10.3969/j.issn.1003-3033.2012.07.018.
- [21] 马青华, 李艳涛, 程康. 聚类分析和判别分析在投资中的应用[J]. 信息安全与技术, 2015, 6(6): 81-83. DOI:10.3969/j.issn.1674-9456.2015.06.030.
- [22] 冯阳春, 徐怡, 黄艳春. 聚类和判别分析法在肺癌六种肿瘤标志物诊断中的应用[J]. 肿瘤防治研究, 2015, 42(3): 266-269. DOI:10.3971/j.issn.1000-8578.2015.03.012.
- [23] 章浩伟, 高燕妮, 苑成梅, 等. 基于Fisher判别分析的双相障碍识别研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2015, 32(1): 140-144.
- [24] 鲁立强, 金成国, 马玉梁, 等. Fisher判别分析在苹果品质鉴别中的应用[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 356-359. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2007.07.083.
- [25] 张强, 李艳琴. 基于氨基酸特征的荞麦Fisher判别[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(2): 34-40.
- [26] 韩深, 梁娜娜, 孔维恒, 等. 赤霞珠葡萄酒中矿质元素的品种特点及其在产地鉴别中的应用[J]. 中国酿造, 2014, 33(12): 34-41. DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2014.12.007.