



混料设计优化荔枝-苹果混合果汁饮料配方

林文祥, 胡卓炎*, 余 恺, 余小林
(华南农业大学食品学院, 广东 广州 510642)

摘 要: 探讨不同的荔枝和苹果汁对比对混合果汁饮料感官指标的影响。应用混料设计中的极顶设计, 按不同质量分数: 水(70%~90%)、荔枝汁(5%~15%)和苹果汁(5%~15%)的限定水平条件中组合不同的混合果汁饮料配方, 利用5分嗜好尺度感官评定法评定混合果汁样品的香气、滋味、色泽和总体评价4个感官指标, 采用Design Expert统计软件分析数据, 通过建立回归方程及多目标优化分析, 获得优化的混合果汁配比为70%水、15%荔枝汁和15%苹果汁, 经验证实验, 优化配方的香气、滋味、色泽和总体评价指标分值分别为4.19、3.92、4.12和3.73, 与预测值相符。

关键词: 混料设计; 荔枝汁; 苹果汁; 混合果汁配方

Mixture Design for Formulation Optimization of a Blended Beverage Consisting of Lychee and Apple Juice

LIN Wen-xiang, HU Zhuo-yan*, YU Kai, YU Xiao-lin
(College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In this work, extreme vertex design was used as a type of mixture design to optimize the formulation of a blended beverage comprising lychee and apple juice. The effect of different proportions of water (70%–90%), lychee juice (5%–15%) and apple juice (5%–15%) on sensory parameters of blended beverages was investigated. Four sensory parameters of blended beverages such as aroma, taste, color and overall quality were evaluated using a 5-point hedonic scale. Statistical analysis of data using Design Expert software was carried out to build a regression model for each of the four sensory parameters. Based on comprehensive consideration of these sensory parameters, the optimal beverage formulation was found to consist of 70% water, 15% lychee juice and 15% apple juice. The actual sensory scores of the optimized beverage formulation were 4.19, 3.92, 4.12 and 3.73 for aroma, taste, color and overall quality, respectively, in good agreement with their predicted counterparts.

Key words: mixture design; lychee juice; apple juice; blended beverage formulation

中图分类号: TS255.44

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)04-0023-05

近年来随着人们生活水平的提高, 消费者对营养和口感良好的复合型果汁饮料需求增加。荔枝作为我国南方特有的水果, 具有浓郁诱人的香气和丰富的营养物质^[1-2], 可用于果汁加工。浓缩苹果汁是国际果汁市场的主要产品, 也是混合果汁的重要原料之一^[3]。国外如南非已有荔枝苹果混合果汁饮料生产和销售, 但国内种类较少。

混料设计日益受到人们的重视, 在实际生产中广泛用于冶金、化工、制药、食品等领域^[4-7]。混料设计是研究各因子在配料中的比例, 而不涉及配料的总量, 试验中各因子的取值按所占百分比计, 且其总和等于1(100%)^[8]。莫惠栋^[9]在配料混合试验的设计和分析中表明, 基础的设计方法有3种, 即顶点和边界点设计、矩心设计和极顶设计。其中极顶设计中提及到其各因子空间受到一定的限制, 最常见的情形是不需要或不应该包含 $X_i=0$ 或1的水平(严

格来说, 0或1水平不能构成混合设计), 因而不存在顶点处理组合。前人的研究^[10-12]表明, 混料设计作为一种有效的试验手段可用于产品配方的优化研究, 但对荔枝苹果混合果汁配方的优化研究则还鲜见于报道。故可利用荔枝和苹果果汁作混合果汁主要配料, 采用极顶设计, 以产品的感官评定分数为考察指标, 优化荔枝汁和苹果汁的配比, 选出优化的产品配方, 为实际生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

荔枝汁: “黑叶”品种荔枝, 产地为广西。经剥皮、去核、榨汁和过滤后, -18°C 冻藏, 解冻后使用。

苹果汁: 浓缩苹果汁(70°Brix), 烟台北方安德利果汁

收稿日期: 2011-11-19

基金项目: 国家荔枝龙眼产业技术体系项目(CARS-33)

作者简介: 林文祥(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与保藏。E-mail: scaufood@gmail.com

*通信作者: 胡卓炎(1961—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品加工与保藏。E-mail: zyhu@scau.edu.cn

股份有限公司生产,使用时以加水稀释复原汁(12° Brix)计算其用量。

HBV601果汁打浆机 意大利Bertuzzi公司; WZ103糖度计 上海天呈科技有限公司; Delta320 pH计 上海精密科学仪器有限公司; UV mini-1240紫外-可见扫描仪分光光度计 日本Shimadzu公司; HWS24 电热恒温水浴锅 上海恒科学仪器有限公司。

1.2 试验设计与样品制备

根据实际生产和饮料通则中规定果汁饮料中果汁含量比例,应用混料设计中的极顶设计^[9],将混合果汁饮料中果汁含量按质量分数计设定在10%~30%,即荔枝汁(5%~15%)和苹果汁(5%~15%)。运行Design Expert软件中试验设计程序,分别设定水、荔枝汁和苹果汁三者的限定范围,通过软件设计得到不同的配料组合配方,如图1和表1所示。

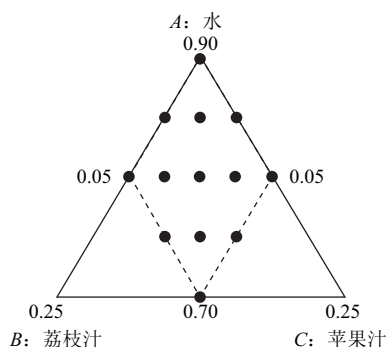


图1 极顶设计中荔枝苹果混合果汁饮料配方实验点分布图

Fig.1 Distribution of beverage formulations in extreme vertex design

表1 荔枝-苹果混合果汁饮料配方的混料设计组合设计表
Table 1 Mixture design matrix for blended beverage formulations

运行序	实验点类型	水 A	荔枝原汁 B	苹果原汁 C
1	极顶点	0.8	0.05	0.15
2	边界点	0.85	0.1	0.05
3	交互CB	0.85	0.075	0.075
4	中心点	0.8	0.1	0.1
5	边界点	0.75	0.1	0.15
6	边界点	0.85	0.05	0.1
7	极顶点	0.7	0.15	0.15
8	极顶点	0.8	0.15	0.05
9	交互CB	0.75	0.125	0.125
10	交互CB	0.8	0.075	0.125
11	交互CB	0.8	0.125	0.075
12	边界点	0.75	0.15	0.1
13	极顶点	0.9	0.05	0.05

果汁混合后,添加柠檬酸和蔗糖,以质量分数计,使样品的酸含量为0.2%(pH3.8~3.9)和总可溶性固形物含量12%,经20MPa均质后,热灌装于200mL玻璃瓶,封盖后并在90℃热水中杀菌10min,冷却后,室温下贮藏。

1.3 感官评定

采用5段嗜好尺度^[10,13],考察各因素对样品的感官指标(香气、滋味、色泽和总体评定)的影响,感官评定标准如表2所示,参考Meilgaard等^[13]的方法和感官评定实验的要求,样品用3个数字组成的编号标记,随机将其分成两组,其中一组含7个样品,另一组含6个样品,分别在当天上午和下午由26位经过培训的食品科学与工程专业学生对产品进行评定。

表2 5段嗜好尺度感官评定标准

Table 2 5-point hedonic scale for sensory evaluation of blended beverage

分值	香气	滋味	色泽	总体评定
5	具有强烈的荔枝、苹果汁复合果汁独特香气,香气浓郁	具有强烈的复合果汁滋味,味感强烈	具有诱人的果汁天然色泽	产品总体评定很好,非常喜欢产品
4	具有荔枝、苹果汁复合果汁独特香气,香气柔和,但稍淡	具有复合果汁滋味,味感柔和	具有果汁天然色泽,但色泽不够明显	产品总体评定好,比较喜欢产品
3	具有荔枝、苹果汁复合果汁独特香气,但不够柔和	具有复合果汁滋味,但不够协调	稍有果汁色泽,但效果不明显	产品总体评定中等,对产品喜爱一般
2	具有近似复合果汁的香气,但稍有异味	具有较淡的复合果汁滋味,口味过淡,无留味	色调不恰当,但不影响产品外观	产品总体评定较差,比较不喜欢产品
1	不具有该果汁复合香气,并且异味强烈	风味不正,有异味感	产品色泽混乱,或使人不愉快色泽	产品总体评定很差,十分不喜欢产品

1.4 统计方法

采用Design-Expert 7.0统计软件统计分析数据,建立回归方程,进行多目标的优化分析。

2 结果与分析

2.1 感官评定与回归方程的建立

表3 荔枝-苹果混合果汁饮料的香气、滋味、色泽和总体评价的感官分数

Table 3 Sensory scores for aroma, taste, color, and overall quality of blended beverages

运行序	得分			
	香气	滋味	色泽	总体评定
1	3.31	3.73	3.92	3.46
2	3.27	3.65	3.50	3.46
3	3.62	3.35	3.69	3.31
4	3.65	3.65	3.69	3.46
5	3.77	3.65	3.85	3.46
6	3.27	3.38	3.88	3.50
7	4.19	4.00	3.96	3.85
8	3.92	3.65	3.54	3.46
9	3.65	3.65	3.81	3.58
10	3.31	3.92	4.04	3.69
11	3.77	3.81	3.77	3.54
12	3.65	3.42	3.77	3.12
13	3.31	3.00	3.58	3.08

为了考察3个因素对指标的响应作用,建立回归方程如下:

$$Y_i = \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_{12} AB + \beta_{13} AC + \beta_{23} BC + \beta_{123} ABC$$

式中: Y_i 为预计所得分数; β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_{12} 、 β_{13} 、

β_{23} 、 β_{123} 为线性项和交互项的系数。

选用常用的分析模型Linear和Sp-cubic回归方程进行分析,得到预测方程组,如表4所示。根据Design-Expert建议,香气和色泽选用线性分析模型,而滋味和总体评定则选用立方分析模型。

表4 感官指标评价的预测模型及方差分析
Table 4 Predictive models in terms of actual components for the sensory responses

指标	模型类型	预测方程	P	R ²
香气Y ₁	线性	$Y_1=2.83A+8.87B+4.41C$	0.0027	0.6932
滋味Y ₂	立方	$Y_2=2.93A+1.32B+3.45C+6.18AB+2.18AC+6.24BC-14.13ABC$	0.0548	0.8177
色泽Y ₃	线性	$Y_3=3.61A+3.50B+4.35C$	0.0008	0.7606
总体Y ₄	立方	$Y_4=3.02A+0.97B+2.47C+5.54AB+3.14AC+8.4BC-15.96ABC$	0.0278	0.7397

从表4可知,对于香气指标, $P<0.01$, $R^2=0.6932$,说明荔枝汁、苹果汁和水各自的线性作用对香气有极显著作用;对于滋味指标, $P=0.0548$, $R^2=0.8177$,说明荔枝汁、苹果汁和水有一定的交互作用,但显著性不强;对于色泽指标, $P<0.01$, $R^2=0.7606$,说明荔枝汁、苹果汁和水各自的线性作用对色泽有极显著作用;对于总体评定指标, $0.01<P<0.05$,说明荔枝汁、苹果汁和水具有显著的交互作用。

2.2 不同的果汁配比对香气、滋味、色泽和总体评定的影响

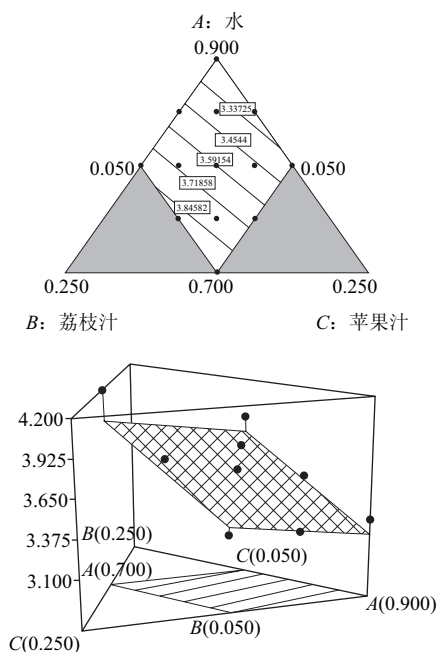


图2 3种配料配比对香气感官分数影响的等高线图及响应曲面图
Fig.2 Response surface and contour plots showing the effects of different proportions of water, lychee juice and apple juice on aroma score

在混料设计中,各因素的变化对指标的影响作用可

以在等高线图及响应曲面上描述,在实验中,水、荔枝汁和苹果汁三者的交互作用下,对香气、滋味、色泽和总体评定的作用如图2~5所示。

图2描述了3种配料配比对香气的影响作用,如图所示,三角响应曲面图为一平面,说明三者间没有交互作用,随着荔枝汁和苹果汁的添加量的增大,香气的得分也随之增大,并且可以看到,响应平面向荔枝汁的添加量增长的方向往上倾斜,说明荔枝汁的作用较强,在三者中起主导作用。

主要原因可能是,荔枝汁含有丰富的香气成分,Li Chunmei等^[14]对荔枝汁的加工过程中的风味物质研究表明,荔枝原汁中一共检测出44种化合物(17种醇类、5种酯类、2种酮类、9种烯炔类、2种酸、7种醛类和2种呋喃类),且其主体香气成分为:4种醇类、(苯基乙醇、香叶醇、芳樟醇、香茅醇)、2种烯类(*D*-柠檬烯、 β -月桂烯)和3种醛类(香叶醛、橙花醛、壬醛)。可以看出,荔枝汁含有复杂多样的香气成分,相比之下,段亮亮等^[15]对苹果浓缩汁加工中香气回收成分分析表明,苹果浓缩液中只富含苹果典型酯类香气物质(乙酸-2-甲基-1-丁酯、乙酸丁酯、乙酸甲酯等)和醇类香气物质(2-甲基-1-丁醇等),香气成分较为单一,所以可知荔枝汁对果汁香气影响作用较强。

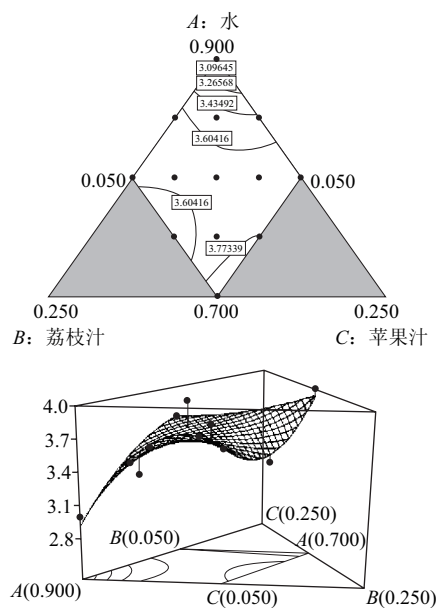


图3 3种配料比例对滋味感官分数影响的等高线图及响应曲面图
Fig.3 Response surface and contour plots of the effects of different proportions of water, lychee juice and apple juice on taste score

图3描述了3种配料配比对滋味的影响作用,如图3所示,三角响应曲面图为一曲面,说明三者间具有一定的交互作用。虽然曲面图出现轻微的马鞍形,但在荔枝汁和苹果汁添加量较大处,曲面还是呈现一定的球面状,并随混合果汁添加量的增大,滋味的分越高。说明在果汁饮料中,果汁的添加量对其滋味起决定性作用。

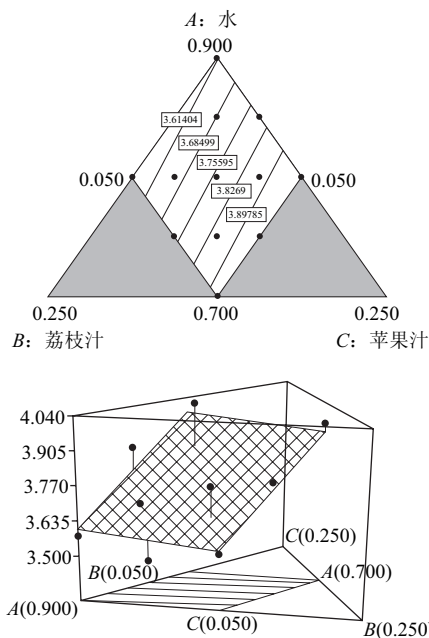


图4 3种配料比例对色泽感官分数影响的等高线图及响应曲面图
Fig.4 Response surface and contour plots of the effects of different proportions of water, lychee juice and apple juice on color score

图4描述了3种配料比例对色泽的影响作用，如图4所示，三角响应曲面图为一平面，说明三者间没有交互作用，随着苹果汁的添加量的增大，色泽的得分却随之下降，并且可以看到，响应平面向苹果汁的添加量增长的方向往下倾斜，说明苹果的对色泽的影响作用较强，起主导作用。

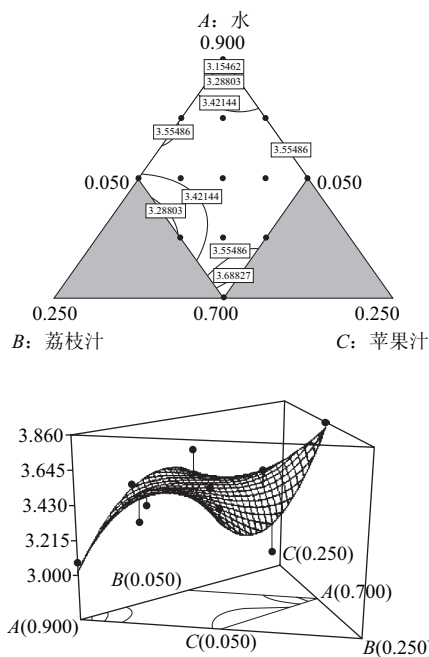


图5 3种配料对比对总体评价感官分数影响的等高线图及响应曲面图
Fig.5 Response surface and contour plots of the effects of different proportions of water, lychee juice and apple juice on overall quality score

其原因可能是，苹果汁为浓缩汁，经过真空浓缩加工及贮藏后，苹果汁产生褐变，呈棕红色，而荔枝汁为鲜榨原汁，呈黄白色，在二者搭配中，苹果汁的色素物质必定影响整个体系的呈色作用，对于澄清果汁饮料，感官者认为较为清淡的颜色较优，所以苹果汁的添加需要在一个适当值为佳。

图5描述了3种配料对比对产品的总体评定的影响作用，如图所示，三角响应曲面图为一曲面，说明三者间具有一定的交互作用。从响应曲面中可看到，曲面呈现明显的马鞍形，分析效果不明显；原因可能是，此指标是产品的综合评价，即对香气、滋味、色泽、口感等多个方面的综合评价，评定者的主观因素更为强烈，如果要得到更为准确的响应值，应增加评定者样品容量数；但从图5可以看到，指标的总趋势是往混合果汁添加量增加的方向上升，即随着混合果汁添加量的增加，果汁评价最佳。

2.3 配方的优化及验证实验

表5 荔枝苹果混合果汁饮料感官属性指标同时优化的参数、预测值和期望值

Table 5 Optimal blended beverage formulations with predicted sensory scores for aroma, taste, color, and overall quality and overall expected values						
项目	参数	优化方向		预测值		
		优化方向	最小值	最大值	优化配方1	优化配方2
因子水平	水A	设定值内	0.7	0.9	0.7	0.75
	荔枝汁B	设定值内	0.05	0.15	0.15	0.1
	苹果汁C	设定值内	0.05	0.15	0.15	0.15
感官分值	香气Y ₁	最大值	3.24	4.19	3.97	3.67
	滋味Y ₂	最大值	3.00	4.00	3.94	3.78
	色泽Y ₃	最大值	3.50	4.04	3.93	3.95
	总体Y ₄	最大值	3.08	3.85	3.82	3.52
期望值					0.86	0.64

表6 优化配方验证实验的感官属性指标评定

Table 6 Actual sensory scores for aroma, taste, color, and overall quality of optimal blended beverage formulations				
优化配方	香气	滋味	色泽	总体评定
1	4.19	3.92	4.12	3.73
2	3.68	3.76	4.28	3.84

期望香气、滋味、色泽和总体评定的分数同时达到最大值，因素水平在设定范围以内，运行软件的多目标同时优化程序，得到具体的两个组合配方，即：70%水、15%荔枝汁和15%苹果汁(配方1)；75%水、10%荔枝汁和15%苹果汁(配方2)，如表5所示。分析优化结果的期望值可知，越接近1即所得综合评价越佳，随着混合果汁的总添加量的增大，期望值增大，且在实验点(0.7, 0.15, 0.15)处达到最高，故可作为产品的优化配方。

得到优化配方后再作验证实验，对目标配方1、2作

相应的感官评定, 结果见表6。除了配方2中的色泽指标与预测值存在显著差异外($P<0.05$), 其他配方及指标均不存在显著差异($P>0.05$), 说明中所获得的目标配方及预测值可靠性较强, 与实验值一致。

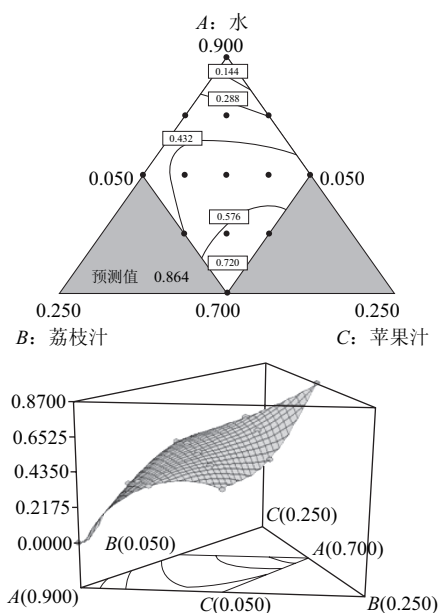


图6 优化配方对所有指标的总体期望值的等高线图和响应曲面
Fig.6 Response surface and contour plots showed the effects of different proportions of water, lychee juice and apple juice on overall expected value

3 结论

配方中不同的荔枝、苹果果汁比例对混合果汁饮料的香气和色泽交互作用不显著, 但其中荔枝汁对香气起主导作用, 苹果汁对色泽起主导作用; 而不同的荔枝、苹果果汁比例在滋味和总体评价中存在着一定的交互作用, 而且总趋势是随着果汁添加量的增大, 感官评定值越高。

通过建立回归方程及多目标优化分析, 获得优化的荔枝苹果混合果汁配方为70%水、15%荔枝汁和15%苹果汁, 经实验验证, 优化配方的荔枝苹果混合果汁饮料的香气、滋味、色泽和总体评价指标分值分别为4.19、

3.92、4.12和3.73, 与预测值相符。产品质量属性指标描述: 略带淡黄色, 澄清透明; 具有荔枝特有的味感, 荔枝和苹果搭配协调柔和, 无异味, 易入口, 味绵长, 口感清新; 酸含量为0.2%(pH3.8~3.9), 可溶性固形物含量为12%。

参考文献:

- [1] 胡卓炎, 余小林, 余恺, 等. 荔枝加工研究现状与展望[J]. 中国热带农业, 2010(4): 36-40.
- [2] 崔珊珊, 胡卓炎, 余恺, 等. 不同产地妃子笑荔枝果汁的氨基酸组分[J]. 食品科学, 2011, 32(12): 269-273.
- [3] 董根中, 远兵强, 高红梅, 等. 我国苹果生产与加工现状[J]. 农产品加工: 创新版, 2009(10): 64-67.
- [4] SMITH W F. Experimental design for formulation[M]. New York: Society for Industrial & Applied Mathematics, 2005.
- [5] 刘清飞, 罗国安, 王义明. 混料均匀设计法在灯盏花素骨架片处方配比中的应用研究[J]. 中成药, 2006, 28(5): 632-635.
- [6] JUAN S, EDRA E M, SALES E V, et al. Utilization of peanut fines in the optimization of peanut polvoron using mixture response surface methodology[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2006, 41(7): 768-774.
- [7] MARIANI R, AWANG B, HO C M. Optimisation of natural ingredient based lipstick formulation by using mixture design[J]. Journal of Applied Sciences, 2007, 7(15): 2099-2103.
- [8] 王小利, 周建斌, 郑险峰, 等. 控释氮肥养分控释效果及合理施用研究[J]. 植物营养与肥料研究, 2003, 9(4): 390-395.
- [9] 莫惠栋. 配料混合试验的设计和分折[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2004, 25(1): 1-5.
- [10] VIEIRA M C, SILVA C L M. Optimization of a Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) nectar formulation[J]. Journal of Food Process Engineering, 2004, 27(3): 181-196.
- [11] KARAMAN S, YILMAZ M T, KAYACIER A. Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: an optimization study based on the sensory properties[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 1319-1326.
- [12] ZHOU Jianzhong, LIU Xiaoli, HUANG Kaihong, et al. Application of the mixture design to design the formulation of pure cultures in Tibetan kefir[J]. Agricultural Sciences in China, 2007, 6(11): 1383-1389.
- [13] MEILGAARD M, CIVILLE G V, CARR B T. Sensory evaluation techniques[M]. 3rd ed. New York: CRC Press Inc, 1999.
- [14] LI Chunmei, HAO Jufang, ZHONG Huizhen, et al. Aroma components at various stages of litchi juice processing[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2009, 89(14): 2405-2414.
- [15] 段亮亮, 郭玉蓉, 谢文佩, 等. 苹果浓缩汁加工中香气回收成分分析[J]. 食品工业科技, 2011, 32(3): 112-115.