

荔枝果汁饮料碳酸化处理的工艺参数优化

郭丹, 胡卓炎, 梁琳侦, 余恺, 余小林

(华南农业大学食品学院, 广东广州 510642)

摘要: 采用 Box-Behnken 试验设计, 对果汁糖浆用量比例 (20%~40%, V/V)、碳酸化时间 (5~15 min) 及碳酸化压力 (0.5~0.23 MPa) 三个因素对含汽荔枝果汁饮料的感官属性指标进行响应面分析, 并建立相应的二次多项式响应曲面模型。结果表明, 样品的甜度 Y_1 、酸度 Y_2 、剝口感 Y_3 、风味 Y_4 以及总体接受度 Y_5 的响应曲面模型的确定系数 R^2 分别为 0.970、0.855、0.977、0.949 和 0.899, 较好地拟合了碳酸化处理参数对感官属性指标的响应值。利用期望函数途径对响应曲面模型 Y_1 ~ Y_5 进行模拟计算, 获得碳酸化处理参数优化的工艺条件: 果汁糖浆用量 28%~30%、碳酸化时间 12~15 min; 碳酸化压力 0.21~0.23 MPa, 样品各感官属性指标预测值同时接近或达到目标值, 验证试验实测样品的甜度值为 3.1、酸度值为 3.0、剝口感为 3.5、风味为 4.0, 总体可接受度为 4.0, 与预测值相符。

关键词: 荔枝; 碳酸饮料; 期望函数途径; 工艺优化; 感官评定

文章编号: 1673-9078(2012)7-819-824

Optimization of Processing Parameters for Carbonated Litchi Beverages using Desirability Function Approach

GUO Dan, HU Zhuo-yan, LIANG Lin-zhen, YU Kai, YU Xiao-lin

(College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Response surface methodology was applied to analyze the effect of carbonation conditions including of litchi juice syrup content, carbonation time and pressure on sensory scores of sweetness, acidity, carbonation, flavour and overall acceptability for carbonated litchi beverages. The conditions of preparation were established by means of a Box-Behnken for litchi juice syrup content, carbonation time and pressure in the range of 20%~40% (V/V), 5-15min and 0.5~0.23 MPa, respectively. The response variables were fitted to models using multiple regression analysis. The results showed that the determination coefficient R^2 of models was 0.970, 0.855, 0.977, 0.949 and 0.899 for Y_1 (sweetness), Y_2 (acidity), Y_3 (carbonation), Y_4 (flavor) and Y_5 (overall acceptability), respectively. By using the approach of desirability function, the optimum carbonation conditions were found to obtain desirable scores for all these sensory attributes simultaneously, which were: the litchi juice syrup content of 28%~30% (V/V), carbonation time of 12~15 min and carbonation pressure of 0.21~0.23 MPa. Under these conditions, the scores from the verification experiments were 3.1 for sweetness, 3.0 for acidity, 3.5 for carbonation, 4.0 for flavour and 4.0 for overall acceptability, which were in good agreement with the predicted values.

Key words: Litchi; carbonated beverage; desirability function approach; optimization; sensory evaluation

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 是无患子科荔枝属的果实^[1], 其味道甜美, 汁液丰富, 营养价值高, 享有“岭南果王”和“果中珍品”等美誉。荔枝除可供鲜食外, 还被加工开发成系列产品, 如荔枝罐头, 荔枝干, 荔枝酒及荔枝果汁饮料等^[2]。

碳酸饮料作为一种软饮料, 因其独特的消暑、解渴、剝口、降温等特性, 一直倍受消费的青睐, 并占有较大的市场份额。随着生活水平的日益提高, 消费

者追求的不单单在于口感, 而是更加注重健康与营养^[3]。果汁型碳酸饮料因其添加的原果汁含量达到了一定的量而含有较多的营养元素, 从而使消费者在感受清爽刺激感的同时也摄取到较多的营养。碳酸化果汁饮料的研究已引起研究者的关注。Ilamaran 等^[4]研究不同的可溶性固形物含量和 CO_2 压力对碳酸化香蕉和人心果果汁饮料的物理化学和感官质量的影响。Kaushal 等^[5]优化了不同的可溶性固形物含量和 CO_2 压力对制备碳酸化苹果和梨果汁饮料的工艺条件。目前国际市场上已出现了含 100% 苹果混合果汁碳酸饮料。国内市场如汇源果汁近年也推出的“果汁果乐”含汽果汁饮料, 其中原果汁含量高达 10%, 富含多种维

收稿日期: 2012-03-14

基金项目: 国家荔枝龙眼产业技术体系项目 (CARS-33-15)

作者简介: 郭丹 (1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与保藏

通讯作者: 胡卓炎, 教授

生素、矿物质以及膳食纤维,尤其是含有维生素 C 及 β-胡萝卜素等营养成分。

感官评价作为一种有效手段在食品新产品开发研究中得到广泛应用。McLellan 等^[6]应用响应曲面法研究了不同的 CO₂ 体积与可溶性固形物含量对碳酸化苹果汁感官属性指标的影响。Kappes 等^[7]利用描述性分析对可乐和柠檬碳酸饮料的感官属性指标进行了研究。陈希等利用模糊综合评判对催陈黄酒的感官属性指标进行了分析^[8]。响应曲面法是利用合理的试验设计和采用多元二次回归方程来拟合响应值与因素之间的函数关系,然后通过回归方程的分析,结合期望函数途径来寻求最佳的工艺参数。是一种优化反应条件和加工工艺参数的有效方法^[9-11]。

目前虽然已有果汁碳酸饮料的研究报道和产品面市,但多数只是属于果味型碳酸饮料。有关荔枝果汁碳酸化处理的研究则鲜见于报道。本文拟利用响应曲面分析碳酸化处理参数对荔枝果汁饮料感官属性指标影响,并结合期望函数途径进行工艺参数优化,为实际生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

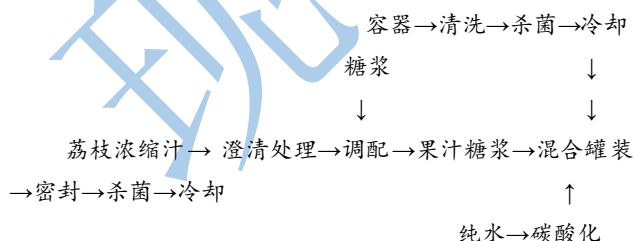
荔枝浓缩汁:北海果香园食品厂;柠檬酸:一水合柠檬酸,分析纯,国药集团化学试剂有限公司;白砂糖:一级,佛山市南海区平洲夏西东元食品厂。二氧化碳:广州气体厂有限公司。

1.2 实验仪器与设备

离心机:TD5-II,长沙平凡仪器仪表有限公司;糖度计:WZ103,上海天呈科技有限公司;碳酸化装置:利用压力锅自行改装,配有压力表、调节阀、物料阀,气体分散头连接 CO₂ 高压气罐。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程



1.3.2 荔枝果汁糖浆的制备

(1) 荔枝浓缩果汁:品种为“怀枝”,浓缩,总可溶性固形物(TSS)为 32 °Brix,由北海果香园食品有限公司提供。荔枝浓缩汁解冻后,经离心处理(3500 r/min, 时间 20 min),取澄清汁备用。

(2) 糖浆制备:按 TSS 为 40 °Brix 浓度计算,

称取相应量的白砂糖,加入饮用水,加热煮沸溶解,冷却,过滤得糖浆。

(3) 荔枝果汁糖浆制备:按 3:2 加入上述荔枝浓缩清汁和糖浆,混合均匀。调配后糖浆含荔枝浓缩汁 60%,TSS 为 35 °Brix,用柠檬酸调整总酸含量为 0.6%。于 0~4 °C 条件下放置备用。

1.3.3 碳酸化处理

利用二氧化碳和水混合装置进行充气处理。采用 Box- Behnken 试验设计,探讨荔枝果汁糖浆用量%(占总体积比例, V/V)、碳酸化时间(min)和碳酸化压力(MPa)对含汽荔枝果汁饮料的甜度、酸度、刹口感、风味以及总体接受度各感官属性指标的影响,因素水平设计见表 1。饮用水和糖浆充气前预放置于 0~4 °C 温度下贮存^[12],碳酸化温度保持在 0~4 °C。

表 1 因素水平表

Table 1 The factors and levels

水平	因素		
	X ₁ (糖浆用量%)	X ₂ (碳酸化时间/min)	X ₃ (碳酸化压力/MPa)
-1	20	5	0.05
0	30	10	0.14
1	40	15	0.23

1.3.4 罐装封口

在 0~4 °C 温度下糖浆和碳酸水灌装于经消毒和 0~4 °C 冷却的容量为 200 mL 的玻璃瓶中,进行迅速压盖密封。

1.3.5 杀菌及感官评定

将罐装完毕后饮料在 60 °C 条件下放置 30 min 进行杀菌处理,杀菌后迅速冷却,将饮料于 4 °C 温度下贮藏。

1.3.6 感官评定

表 2 感官评价的指标与尺度

Table 2 Sensory evaluation factors and scales

评定尺度	Y ₁ 甜度	Y ₂ 酸度	Y ₃ 刹口感	Y ₄ 风味	Y ₅ 总体可接受度
5	很甜	很浓、难入口	刹口感明显	荔枝味明显	很好
4	较甜	酸味较浓	较明显感知	较明显感知	较好
3	适宜	适中,柔和	一般	一般	一般
2	稍甜	稍酸	很轻	略微荔枝味	较差
1	甜味弱	酸味弱	无刹口感	无荔枝香味	很差

选择经过感官评定培训的 10 名食品科学专业研究生和高年级本科学生(男、女生各 5 名)作为感官评定人员,对样品进行嗜好性感官评定。测评人员需对产品的甜度、酸度、刹口感、风味及总体可接受性等感官属性进行评价。采用 5 段尺度评分法,根据

Walkling-Ribeiroh 等人在评价果汁饮料不同的感官属性指标时所采用的方法^[13,14], 对甜度、酸度感官属性指标评价时以尺度的中心点为最适宜等级, 而对于刹口感、风味及总体可接受度等属性指标评价时采用最低 1 分和最高 5 分的尺度, 评价标准和尺度见表 2。

1.3.7 数据处理

将试验所得数据, 使用 SAS 统计分析软件编写计算程序, 对各感官属性指标 Y_k 二次多项式进行 RSREG 分析和拟合:

$$Y_k = b_{k0} + \sum_{i=1}^3 b_{ki} X_i + \sum_{i=1}^3 b_{kii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 b_{kij} X_i X_j$$

并对模型进行显著性检验, 分析各参数因子对各感官属性指标的影响。

1.3.8 工艺参数优化

采用 Derringer 等描述的期望函数途径同时优化多个响应变量的方法^[15]。

对于感官属性指标中的甜度 Y_1 和酸度 Y_2 , 期望能在一个适宜(评价尺度的中心点)的范围, 以保证样品甜度和酸度适中, 有期望值 d_k ($0 \leq d_k \leq 1$):

$$d_k = \left(\frac{Y_k - Y_k^{(\min)}}{C_k - Y_k^{(\min)}} \right)^s \quad \text{if} \quad Y_k^{(\min)} \leq Y_k \leq C_k$$

$$d_k = \left(\frac{Y_k - Y_k^{(\max)}}{C_k - Y_k^{(\max)}} \right)^t \quad \text{if} \quad C_k < Y_k \leq Y_k^{(\max)}$$

$$d_k = 0 \quad \text{if} \quad Y_k < Y_k^{(\min)} \quad \text{or} \quad Y_k > Y_k^{(\max)}$$

式中 $Y_k^{(\min)}$ 和 $Y_k^{(\max)}$ 分别为响应变量 Y_k 的下限和上

限值, C_k 为响应变量 Y_k 的目标值, s 、 t 值为转化参数, 当 Y_k 由 $Y_k^{(\min)}$ 向 C_k 增加时, d_k 均匀增大, $s=1$, 当 Y_k 由 C_k 向 $Y_k^{(\max)}$ 增加时, d_k 均匀减小, $t=1$, d_k 值越大, 越接近所期望得到的响应变量值 Y_k 。

对于感官属性指标中的刹口感 Y_3 、风味 Y_4 和总体接受度 Y_5 , 期望有一个最大值, 有期望值 d_k ($0 \leq d_k \leq 1$):

$$d_k = 0 \quad \text{if} \quad Y_k \leq Y_k^{(\min)}$$

$$d_k = \left(\frac{Y_k - Y_k^{(\min)}}{Y_k^{(\max)} - Y_k^{(\min)}} \right)^r \quad \text{if} \quad Y_k^{(\min)} < Y_k < Y_k^{(\max)}$$

$$d_k = 1 \quad \text{if} \quad Y_k \geq Y_k^{(\max)}$$

式中 $Y_k^{(\max)}$ 为响应变量 Y_k 的最大期望目标值, $Y_k^{(\min)}$ 为响应变量 Y_k 的下限值, r 值为转化数值。当 Y_k 由 $Y_k^{(\min)}$ 向 $Y_k^{(\max)}$ 增加时, d_k 均匀增加, 转化参数 $r=1$ 。 d_k 值越大, 越接近所期望得到的响应变量值 Y_k 。

各个响应变量同时接近或达到目标值时, 有总体期望值 D :

$$D = (d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \cdot d_4 \cdot d_5)^{1/5}$$

通过 SAS 统计系统编程计算, 寻找出含汽荔枝果汁饮料各感官属性指标同时接近或达到目标值时的碳酸化处理参数组合条件。

2 结果与分析

2.1 碳酸化处理参数与各感官属性指标的模型

表 3 Box- Behnken 设计的因素水平对含汽荔枝果汁饮料的感官属性指标的响应结果

Table 3 Box- Behnken design and response of sensory attributes values for carbonated litchi beverage.

试验号	因素			感官属性响应值				
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	-1 (20)	-1 (5)	0 (0.14)	1.5±0.17	2.6±0.16	2.7±0.21	2.3±0.21	2.5±0.17
2	1 (40)	-1 (5)	0 (0.14)	4.7±0.15	3.5±0.17	3.4±0.27	3.0±0.23	3.0±0.15
3	-1 (20)	1 (15)	0 (0.14)	1.1±0.10	2.0±0.16	3.4±0.31	2.1±0.31	2.8±0.20
4	1 (40)	1 (15)	0 (0.14)	4.2±0.20	3.2±0.20	2.7±0.30	3.4±0.31	2.3±0.21
5	-1 (20)	0 (10)	-1 (0.05)	1.6±0.16	3.3±0.30	2.0±0.26	2.0±0.30	1.9±0.23
6	1 (40)	0 (10)	-1 (0.05)	4.4±0.16	4.0±0.15	2.3±0.30	3.4±0.31	2.2±0.20
7	-1 (20)	0 (10)	1 (0.23)	2.0±0.26	2.7±0.15	3.9±0.23	2.2±0.25	2.3±0.26
8	1 (40)	0 (10)	1 (0.23)	4.3±0.15	4.1±0.23	3.0±0.30	3.6±0.27	2.8±0.20
9	0 (30)	-1 (5)	-1 (0.05)	3.3±0.15	3.1±0.18	2.6±0.22	3.4±0.27	3.4±0.31
10	0 (30)	1 (15)	-1 (0.05)	3.4±0.16	3.4±0.22	2.3±0.30	3.7±0.30	3.2±0.20
11	0 (30)	-1 (5)	1 (0.23)	3.2±0.20	2.2±0.29	3.2±0.29	3.1±0.31	2.8±0.29
12	0 (30)	1 (15)	1 (0.23)	3.4±0.22	3.2±0.25	4.0±0.26	3.5±0.27	4.0±0.21
13	0 (30)	0 (10)	0 (0.14)	3.5±0.17	2.9±0.23	3.5±0.31	3.1±0.28	3.1±0.28
14	0 (30)	0 (10)	0 (0.14)	3.1±0.31	2.7±0.21	3.3±0.30	3.0±0.30	3.2±0.20
15	0 (30)	0 (10)	0 (0.14)	3.0±0.21	2.5±0.17	3.5±0.27	3.2±0.25	3.1±0.28

表 4 含汽荔枝果汁饮料感官属性指标响应曲面模型的系数、显著性 F 值和 p 值和决定系数 R^2

Table 4 The regression coefficients, F value, p value and R^2 of sensory attributes of litchi beverage

模型	响应面模型回归系数										F 值	p 值	R^2
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{12}	b_{13}	b_{23}			
Y_1	3.20	1.42	-0.08	0.03	-0.29	-0.04	0.16	-0.03	-0.13	0.03	17.95**	0.003	0.970
Y_2	2.70	0.53	0.05	-0.20	0.34	-0.21	0.49	0.08	0.18	0.18	3.27	0.102	0.855
Y_3	3.43	-0.08	0.06	0.61	-0.30	-0.08	-0.33	-0.35	-0.30	0.28	23.96**	0.001	0.977
Y_4	3.10	0.60	0.11	-0.01	-0.51	0.11	0.21	0.15	0.00	0.03	10.39**	0.009	0.949
Y_5	3.13	0.10	0.08	0.15	-0.77	0.28	-0.07	-0.25	0.05	0.35	4.95*	0.047	0.899

注：显著水平：* $p < 0.05$ ；** $p < 0.01$ 。

不同的果汁糖浆用量 X_1 、碳酸化处理时间 X_2 和压力 X_3 三个参试因子对含汽荔枝果汁饮料的甜度 Y_1 、酸度 Y_2 、刹口感 Y_3 、风味 Y_4 及总体可接受度 Y_5 等响应结果见表 3。

利用 SAS 统计软件对表 3 的数据经统计分析，得到含汽荔枝果汁饮料各感官属性指标的响应曲面模型的回归系数、模型显著性 F 值和 p 值、模型的决定系数 R^2 ，见表 4。

结果表明，含汽荔枝果汁饮料感官属性指标甜度 Y_1 、酸度 Y_2 、刹口感 Y_3 、风味 Y_4 以及总体接受度 Y_5 的响应曲面模型的决定系数 R^2 分别为 0.970、0.855、0.977、0.949 和 0.899，建立的模型较好地拟合了碳酸化处理参数对感官属性指标的响应值，除酸度 Y_2 模型外，其他感官属性指标模型的显著性均达到显著 ($p < 0.05$) 或极显著水平 ($p < 0.01$)。

2.2 碳酸化处理参数对含汽荔枝果汁饮料的感官属性指标的影响

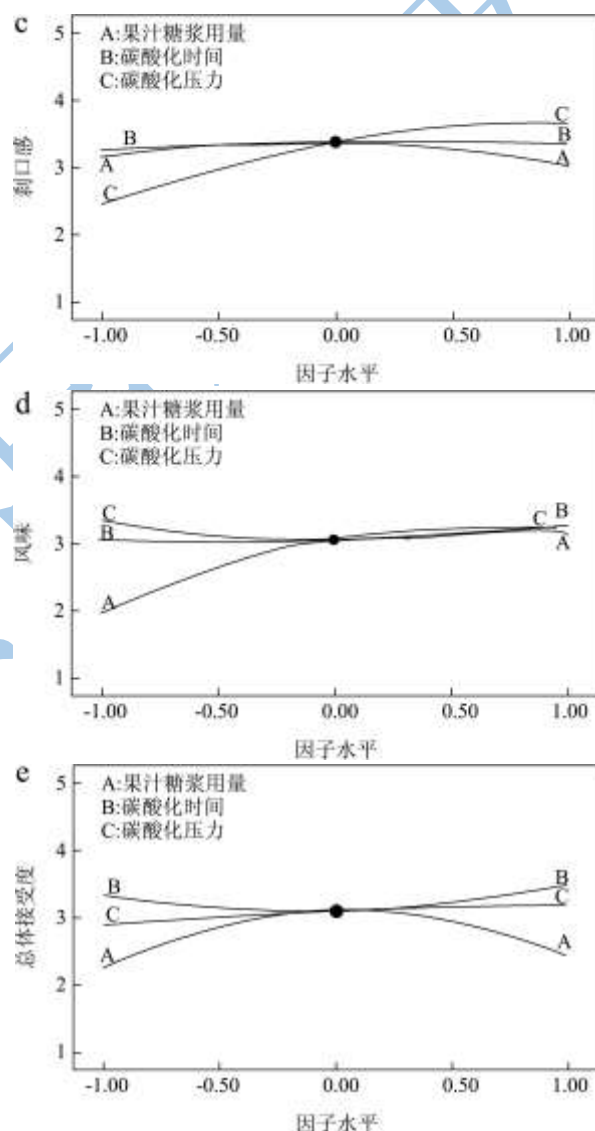
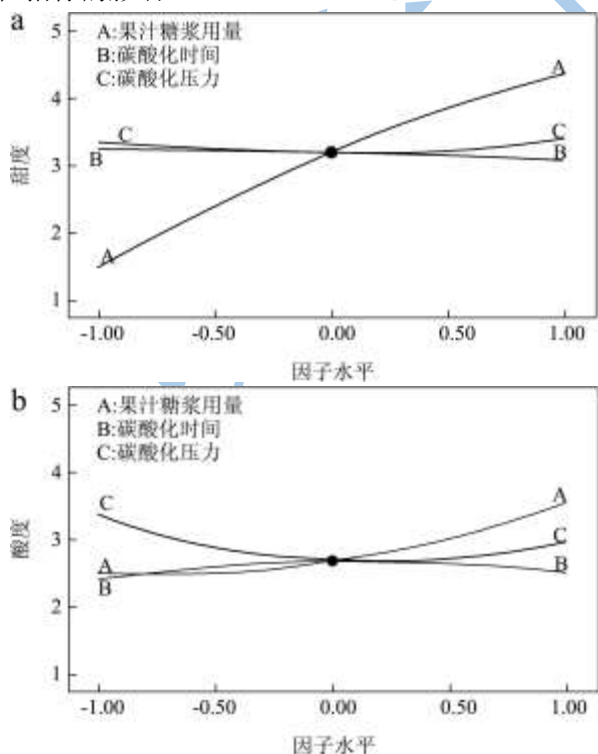


图 1 果汁糖浆用量、碳酸化处理时间和压力对含汽荔枝果汁饮料的各感官属性指标的影响

Fig.1 Effects of litchi juice syrup content, carbonation time and pressure on the sensory quality of carbonated litchi beverage

采用降维法，固定果汁糖浆用量比例、碳酸化处理时间和压力中二个因素在平均编码（零水平）值，考察另一个因素对含汽荔枝果汁饮料的感官属性指标的影响，结果如图 1 所示。

由图 1 可知, 碳酸化时间和压力参数对甜度指标的分数影响则不明显, 荔枝果汁糖浆用量对甜度指标有显著影响, 随着果汁糖浆用量的增加, 饮料中的糖含量也明显增加, 感官评定人员对饮料的甜度指标评分也随之提高。

各参数对于酸度指标的评价分数大多集中在 2.5~3.5 之间, 处于酸味较淡到酸味偏浓的范围, 酸味主要来自于调配时添加的柠檬酸和碳酸化的结果。

碳酸化压力对于饮料的刹口感属性指标有较明显的影响, 压力增加, 有利于在饮料中溶入更多的 CO₂, 产生了刺激性和清新的口感, 刹口感评价分数也随之提高。

碳酸化时间和压力参数对饮料的风味属性指标的分数影响不明显, 而果汁糖浆用量在-1~0 编码水平范围内随用量的增加, 饮料含荔枝果汁的比例增加, 风味评价分数明显提高, 但在 0~1 编码水平时增加不明显。对于饮料的总体接受性, 果汁糖浆用量过少或过大时饮料的总体接受度评价分数不高, 糖浆用量少时, 果汁含量低, 荔枝香味不足, 糖浆用量大时, 甜度大, 影响饮料的总体接受度。

2.3 碳酸化处理参数优化

为了获得含汽荔枝果汁饮料各感官属性指标同时接近或达到目标值时的碳酸化处理参数组合条件, 采用期望函数途径同时优化多个响应变量的方法^[15]。对各响应值设定一个优化目标值, 根据感官评定尺度, 对于甜度与酸度, 其目标值取评价尺度的中点值 3.0, 上下波动 0.5 范围内均可接受, 对于刹口感、荔枝果

香风味、总体可接受度的评分尺度, 要求分值在 3.0 以上, 分值越接近 5.0, 感官属性指标评价越好, 因此设定目标值为最大值 5, 响应值的目标范围规定如下表 5 所示。

表 5 响应值的目标范围

Table 5 The constraints and targets for optimization by desirability function approach

响应值	下限	上限	目标	转化参数
Y ₁ 甜度	2.5	3.5	3	s=1,t=1
Y ₂ 酸度	2.5	3.5	3	s=1,t=1
Y ₃ 刹口感	3	5	最大	r=1
Y ₄ 风味	3	5	最大	r=1
Y ₅ 总体可接受度	3	5	最大	r=1

利用 SAS 软件编程, 使 X₁、X₂、X₃ 在[-1,+1]内取步长 0.2, 运行程序, 寻求出获得总体期望值 D>0.5 时的 X₁、X₂、X₃ 的优化组合, 结果见表 6。

由表 6 可看出, 含汽荔枝果汁饮料优化的碳酸化处理参数编码水平之范围为: 荔枝果汁糖浆用量 X₁ 在 0~0.2 水平 (果汁糖浆用量 28%~30%, v/v); 处理时间 X₂ 在 0.4~1.0 水平 (12~15 min); 处理压力 X₃ 在 0.8~1.0 水平 (0.21~0.23 Mpa), 样品的感官属性指标预测值范围分别为甜度 3.0~3.3; 酸度 2.7~3.0; 刹口感 3.9~4.1; 风味 3.4~3.8; 总体接受度 3.5~3.9。根据优化的水平组合, 选择果汁糖浆用量 29%, 处理时间 13 min, 处理压力 0.22 MPa 参数组合, 进行验证试验, 实测样品的甜度值为 3.1、酸度值 3.0、刹口感 3.5、风味为 4.0, 总体可接受度为 4.0, 实际值与预测值相符。

表 6 优化的处理参数条件编码水平值及预测值

Table 6 The coded variable levels and predicted responses under optimum conditions for carbonated litchi beverages.

优化组合	处理参数编码水平			感官属性指标预测值				
	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
1	-0.2	0.8	0.8	3.0	2.7	4.0	3.4	3.7
2	0.0	1.0	0.8	3.2	2.8	3.9	3.7	3.9
3	0.0	0.8	1.0	3.3	3.0	3.9	3.7	3.7
4	-0.2	0.4	1.0	3.1	2.9	3.9	3.3	3.4
5	0.0	1.0	1.0	3.3	3.0	4.0	3.8	3.9
6	-0.2	0.6	1.0	3.1	2.9	4.0	3.4	3.5
7	-0.2	0.8	1.0	3.1	2.9	4.0	3.5	3.7
8	-0.2	1.0	1.0	3.0	2.9	4.1	3.7	3.9

3 结论

3.1 采用 Box-Behnken 试验设计, 对果汁糖浆用量比例 (20%~40%, V/V)、碳酸化时间 (5~15 min) 及碳酸化压力 (0.5~0.23 MPa) 三个因素对含汽荔枝果汁饮料的感官属性指标进行响应面分析, 并建立相应

的二次多项式响应曲面模型。统计分析结果表明, 样品的甜度 Y₁、酸度 Y₂、刹口感 Y₃、风味 Y₄ 以及总体接受度 Y₅ 的响应曲面模型的决定系数 R² 分别为 0.970、0.855、0.977、0.949 和 0.899, 其中感官属性指标甜度 Y₁、刹口感 Y₃ 和风味 Y₄ 模型的显著性达到极显著水平 (p<0.01), 总体接受度 Y₅ 模型达显著水

平 ($p < 0.05$), 建立的模型较好地拟合了碳酸化处理参数对感官属性指标的响应值。

3.2 利用期望函数途径对响应曲面模型 $Y_1 \sim Y_5$ 进行模拟计算, 获得碳酸化处理参数优化的工艺条件: 果汁糖浆用量 28%~30%、碳酸化时间 12~15 min; 碳酸化压力 0.21~0.23 MPa, 样品各感官属性指标预测值同时接近或达到目标值, 分别为为甜度 3.0~3.3; 酸度 2.7~3.0; 刹口感 3.9~4.1; 风味 3.4~3.8; 总体接受度 3.5~3.9。验证试验实测样品的甜度值为 3.1、酸度值为 3.0、刹口感为 3.5、风味为 4.0, 总体可接受度为 4.0, 与预测值相符。

参考文献

- [1] 李建国.荔枝学[M].北京:中国农业出版社,2008
- [2] 余恺,胡卓炎,余小林,等.荔枝果汁产品开发与市场策略分析[J].食品工业科技,2010,31(3):405-409
- [3] 吴爱玲.苦丁茶碳酸饮料的研究[D].天津大学,2007
- [4] M Ilamaran, S Amutha. Effect of total soluble solids and CO₂ pressure on physico-chemical and sensory qualities of carbonated banana and sapota beverages [J]. Journal of Food Science and Technology, 2007, 44(2): 178-182
- [5] NK Kaushal, BB LaL Kaushal, PC Sharma. Optimization of total soluble solids and carbon dioxide gas pressure for the preparation of carbonated beverages from apple and pear juices [J]. Journal of Food Science and Technology. 2004, 41(2): 142-149
- [6] MR McLellan, J Barnard, DT Queale. Sensory analysis of carbonated apple juice using response surface methodology [J]. Journal of Food Science. 1984, 49: 1595-1597
- [7] SM Kappes, SJ Schmidt, SY Lee. Descriptive analysis of cola and lemon/lime carbonated beverages [J]. Journal of Food Science. 2006, 71(8): s583-s589
- [8] 陈希,李汴生,梅灿辉,等.模糊综合评判在催陈黄酒感官分析的应用[J].现代食品科技,2009,25(4):394-397
- [9] 杨文雄,高彦祥.响应面法及其在食品工业中的应用[J].中国食品添加剂,2005,2:68-71
- [10] AI Khuri. Response surface methodology and related topics [M]. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2005
- [11] 邓敏,朱志伟,欧善堂,等.利用响应面法优化酶解罗非鱼制备抗氧化肽的研究[J].现代食品科技,2011,17(10):1242-1246
- [12] 王彩云,贾文伦.碳酸饮料碳酸化的强化研究[J].农机与食品机械,1996,6:19
- [13] M Walkling-Ribeiro, F Noci, D A Cronin, et al. Shelf life and sensory evaluation of orange juice after exposure to thermosonication and pulsed electric fields [J]. Food and Bioprocess Processing. 2009, 87: 102-107
- [14] Irene M Caminiti, Izabela Palgan, Arantxa Muñoz, et al. The effect of ultraviolet light on microbial inactivating and quality attributes of apple juice [J]. Food Bioprocess Technology, 2012, 5(2): 680-686
- [15] G Derringer, R Suich. Simultaneous optimization of several response variables [J]. Journal of Quality Technology, 1980, 12(4): 214-219