紫红薯醋苹果汁复合饮料的研制

史经略
（江苏食品职业技术学院，江苏淮安 223003）

摘要：以紫红薯、苹果为原料，研制紫红薯醋苹果汁复合饮料，采用单因素、正交试验和响应面法对酿造工艺条件和饮料的配方进行了优化。结果表明：酒精发酵最佳条件为发酵温度 30 ℃、初始糖度 16%、发酵时间 72 h；醋酸发酵的最佳条件为发酵温度 32.01 ℃、初始酒精度 7.25%、醋酸菌接种量 9.79%、初始 pH 值 4.54，复合饮料配方为紫红薯醋添加量 30%、苹果汁添加量 40%、紫红薯糖浆添加量 9%。所得的紫红薯醋苹果汁复合饮料酸味柔和，具有醋香和紫红薯、苹果特有的香气。

关键词：紫红薯；苹果；酒精发酵；醋酸发酵；复合饮料

文章篇号：1673-9078(2012)12-1779-1784

Development of Compound Beverages Containing Purple Sweet Potato Vinegar and Apple Juice

SHI Jing-lue
(Jiangsu Food Science College, Huai'an 223003, China)

Abstract: Compound beverages of apple juice and purple sweet potato vinegar was produced, with purple sweet potato and apple as raw materials. The optimal alcoholic fermentation and acetic acid fermentation conditions formulation were investigated using orthogonal array design. The best conditions for alcohol fermentation were initial sugar content 16%, fermentation time 72 h and temperaure 30 ℃. The best conditions for acetic acid fermentation were fermentation temperature 32.01 ℃, initial alcohol content 7.25%, inoculation amount 9.79% and initial pH 4.54. The optimum formula for compound beverages were as follows: purple sweet potato vinegar 30%, apple juice 40%, purple sweet potato sirup 9%. The final product obtained tasted soft and had vinegar fragrance and purple sweet potato and apple juice.

Key words: purple sweet potato; apple; alcoholic fermentation; acetic acid fermentation; compound beverages

随着人们生活水平的提高，对饮料的需求逐渐呈现多元化趋势，风味醋饮料就是其中的一种[1]。采用醋酸发酵技术酿造成的果汁发酵饮料，含有丰富的有机酸、氨基酸、维生素，有良好的营养、保健作用，味道柔和、适口，从营养学和医学角度看醋酸发酵产生的醋酸具有醒脑、提神、消除疲劳、生津止渴、增进食欲等作用。是一种非常有发展前途的饮料。

苹果酸甜可口，营养丰富，是世界上食用量最多的水果之一，富含多种营养成分，如糖、蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机盐、钙、磷、铁、胡萝卜素、VB_1、VB_2、V_{PP}、V_C及有机酸等[2]。

紫红薯，又称紫心甘薯、紫肉甘薯，为番薯属植物[3]。紫红薯皮和肉中富含甘薯色素花青素，能预防生活习惯病，改善肝功能，抑制遗传因子突变，预防癌症，抑制血管紧张素变换酶活力，从而可预防高血压[4]。此外，紫红薯中还含有丰富的淀粉、维生素、可溶性膳食纤维和矿物质等营养素。本实验以紫红薯为原料，通过液化、糖化、发酵生产出紫红薯醋，并和苹果汁、紫红薯糖浆进行调配生产出紫红薯醋苹果汁复合饮料，以期为紫红薯的深加工和综合利用提供参考。

收稿日期：2012-07-15

作者简介：史经略（1969-），男，副教授，主要从事发酵食品的教学及科研工作

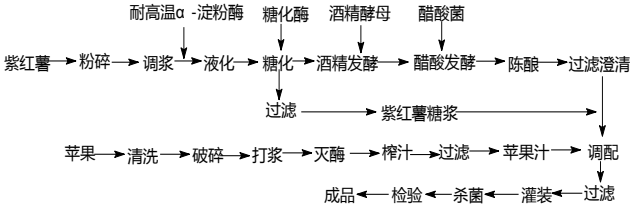
1 材料与方法

1.1 材料

紫红薯，紫红薯1号，江苏省农科院提供并由我院进行品种改良；红富士苹果，市售；酒精活性干酵母，安琪；醋酸菌，沪酿1.01由苏北酱醋厂提供；耐高温α-淀粉酶、糖化酶，无锡杰能科。

5 L搅拌式液态发酵罐一套，上海联环。

1.2 工艺流程



1.3 操作要点

1.3.1 苹果汁的制备

1.3.1.1 苹果的挑选与清洗

红富士苹果，应选择成熟、无霉烂的苹果。首先将苹果用清水浸泡 30 min，去除表面残留的农药及尘土。然后用清水洗 2 遍。

1.3.1.2 苹果的破碎

用刀将苹果去皮、去籽及蒂后,然后切成大约 1 cm^3 的小块。操作过程中要防止苹果的氧化褐变。由于苹果中富含单宁，去皮后苹果暴露在空气中，使单宁与多酚氧化酶在氧气的催化下发生褐变。在操作过程中可将苹果泡在水中隔绝氧气，或将苹果用热水烫一下，以破坏多酚氧化酶。

1.3.1.3 打浆

将苹果块放入打浆机中打浆，打浆时加入少量的维生素 C，可以防止氧化褐变。

1.3.1.4 灭酶与榨汁

由于苹果中含有较多的果胶，果胶的存在将阻碍着果汁流出，所以在榨汁之前必须进行预处理，将打浆后的苹果浆采用水浴加热,60~70℃维持 5~10 min，以破坏果胶。加热温度不宜过高，时间不宜太长，否则出现蒸煮味。加热后进行过滤。

1.3.1.5 过滤

用 100 目滤布进行粗滤，留取滤液，再用 200 目的滤布进行精滤。得到滤液即为苹果汁。如果经过以上方法滤出的果汁仍有混浊，可用两层纱布包裹着一层脱脂棉进行过滤，效果较好。

1.3.2 紫红薯糖浆制备

1.3.2.1 紫红薯干粉碎、调浆

将紫红薯干粉碎越细越好，加水调浆加水质量比为 1:4。

1.3.2.2 液化

将调浆后紫红薯浆加入 18 U/g（干物质）耐高温 α-淀粉酶，液化温度 95 ℃、液化时间 30 min。

1.3.2.3 糖化

将液化后的紫红薯醪液降温至 63 ℃左右，用乳酸液调节液化后的紫红薯浆料的 pH 值为 5.5 左右，加入 100 U/g（干物质）糖化酶进行糖化 60 min 左右。

1.3.2.4 过滤

糖化完全的紫红薯醪液进行过滤，然后降温到 4 ℃以下贮存备用。

1.3.3 紫红薯糖浆酒精与醋酸发酵

1.3.3.1 酒精发酵

将糖化完全的糖化醪液降温至 30 ℃，调整糖度到 16%，接入活化后的酒精干酵母进行酒精发酵 72 h。

1.3.3.2 醋酸发酵

调节酒精发酵醪液酒精度为 7.25%、发酵温度 32 ℃、初始 pH 4.54、接入 9.79%活化后的醋酸菌进行醋酸发酵 32 h。

1.3.3.3 陈酿

将发酵结束的醋进行过滤后加入 2%的食盐打入陈酿罐进行陈酿。

1.3.3.4 调配醋饮料

以紫红薯醋为基料，加入苹果汁、紫红薯糖浆调成醋饮料。

1.4 实验方法

1.4.1 酒精发酵最佳工艺条件的确定

在单因素实验的基础上设计三因素三水平正交实验 $L_9(3^4)$，对发酵温度、初始糖度、发酵时间进行正交实验，以酒度为试验指标，确定酒精发酵最佳工艺参数，因素水平表见表 1

表 1 酒精发酵正交实验因素水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment of alcoholic fermentation

水平	因素		
	发酵温度/℃	初始糖度/%	发酵时间/h
1	28	14	60
2	30	16	72
3	32	18	84

1.4.2 醋酸发酵工艺条件优化

在单因素实验的基础上，采用 central composite 设计和响应面法对醋酸发酵条件进行优化，选取 X_1 发酵温度、X_2 初始酒精度、X_3 醋酸菌接种量、X_4 初始 PH 值作为因变量，发酵后食醋酸度作为应变量 Y，设计四因素三水平 28 个试验点的响应面试验，因素水平表见表 2

表 2 Central composite 设计因素水平

Table 2 Factors and levels of central composite design

水平	因素			
	X_1 (发酵温度/℃)	X_2 [初始酒度/(%w/w)]	X_3 (接种量/%)	X_4 (初始 pH)
1	30	6	7	3.5
2	32	7	9	4.5
3	34	8	11	5.5

1.4.3 醋酸饮料配方优化

1.4.3.1 苹果汁添加量对苹果汁紫红薯醋复合饮料风味影响

在饮料中，紫红薯醋的添加量为 30%，紫红薯糖浆添加量为 9%的情况下，分别添加 10%、20%、30%、40%、50%、60%的苹果汁，不足量加水补足，配制

成复合饮料进行感官品评，确定苹果汁的添加量。

1.4.3.2 紫红薯醋添加量对苹果汁紫红薯醋复合饮料风味影响

在饮料中，苹果汁的添加量为 40%，紫红薯糖浆添加量为 9%的情况下，分别添加 10%、20%、30%、40%、50%、60%的紫红薯醋，不足的量用水补足，配制成复合饮料进行感官品评确定紫红薯醋的添加量。

1.4.3.3 紫红薯糖浆添加量对苹果汁紫红薯醋复合饮料风味影响

在饮料中，苹果汁的添加量为 40%，紫红薯醋添加量为 30%的情况下，分别添加 5%、7%、9%、11%、13%、15%的紫红薯糖浆，不足的量用水补足，配制成复合饮料进行感官品评，确定紫红薯糖浆添加量。

1.4.3.4 苹果汁紫红薯醋复合饮料配方优化

表 3 饮料配方优化正交实验因素水平

Table 3 Factors and levels of the orthogonal test for optimization of the formula for beverage

水平	因素		
	A (紫红薯醋添加量/%,w/w)	B (苹果汁添加量/%,w/w)	C (紫红薯糖浆添加量%,w/w)
1	25	35	7
2	30	40	9
3	35	45	11

1.5 测定方法[5]

食醋酸度测定：采用电位滴定法测定酸度；酒精测定：采用蒸馏法测定酒精；总糖测定：手持糖度计。

2 结果与分析

2.1 酒精发酵条件优化

酒精发酵条件正交实验结果及分析见表 4~5 所示。

由表 4、5 正交实验结果、极差分析和方差分析可知，各因素对酒精发酵的影响程度大小，发酵温度和初始糖度对酒精发酵的影响都比较显著，而发酵时间对酒精发酵影响不显著；顺序为：A＞B＞C 即，发酵温度＞初始糖度＞发酵时间，从极差分析可得出酒精发酵条件的最优组合为 $A_2B_2C_2$ 即，发酵温度 30 ℃、初始糖度 16%、发酵时间 72 h 时获得酒精度最高，从正交实验结果表中也可以看出此时酒精度最高为 7.67%。在最佳条件下进行三次平行实验，分别得到酒精度为 7.69%、7.72%、7.66%，平均为 7.69%，和正交实验相符。因此确定酒精发酵最佳条件为：发酵温度 30 ℃、初始糖度 16%、发酵时间 72 h。

表 4 酒精发酵正交实验结果

Table 4 Results of orthogonal design experiments for alcoholic fermentation

序号	发酵温度/℃	初始糖度/%	发酵时间/h	酒精含量/%
1	1(28)	1(14)	1(60)	5.08
2	1	2(16)	3(84)	6.24
3	1	3(18)	2(72)	6.37
4	2(30)	1	3	6.52
5	2	2	2	7.67
6	2	3	1	7.57
7	3(32)	1	2	6.09
8	3	2	1	7.11
9	3	3	3	6.91
K_1	17.69	17.69	19.76	
K_2	21.76	21.02	20.13	
K_3	20.11	20.85	19.67	
k_1	5.90	5.90	6.59	
k_2	7.25	7.01	6.71	
k_3	6.70	6.95	6.56	
R	1.36	1.11	0.15	

表 5 酒精发酵方差分析

Table 5 ANOVA analysis of alcoholic fermentation

方差来源	平方和	自由度	F 值	P 值	显著性
发酵温度(L)/℃	0.976	1	95.9017	0.010	**
发酵温度(Q)/℃	1.818	1	178.5939	0.006	**
初始糖度(L)/%	1.664	1	163.5197	0.006	**
初始糖度(Q)/%	0.681	1	66.8668	0.015	*
发酵时间(L)/h	0.001	1	0.1326	0.751	
发酵时间(Q)/h	0.038	1	3.7604	0.192	
误差	0.020	2			
总和	5.199	8			

注：L-表示一次项；Q-表示二次项。

2.2 紫红薯醋发酵条件优化

响应面试验结果与分析见表 6~8 所示：

表 6 Central composite 试验方案与结果

Table 6 Central composite design and results

序号	X_1(发酵温度/℃)	X_2(初始酒度/%, V/V)	X_3(接种量/%)	X_4(初始 pH)	Y 酸度 /(10^{-2}g/mL)
1	1(30)	1(6)	1(7)	1(3.5)	5.19
2	1	1	1	3(5.5)	5.21
3	1	1	3(11)	1	5.29
4	1	1	3	3	5.33
5	1	3(8)	1	1	5.65
6	1	3	1	3	5.68

转下页

接上页

7	1	3	3	1	5.74
8	1	3	3	3	5.79
9	3(34)	1	1	1	5.14
10	3	1	1	3	5.21
11	3	1	3	1	5.25
12	3	1	3	3	5.31
13	3	3	1	1	5.70
14	3	3	1	3	5.76
15	3	3	3	1	5.78
16	3	3	3	3	5.86
17	0(28)	2(7)	2(9)	2(4.5)	5.57
18	4(36)	2	2	2	5.49
19	2(32)	0(5)	2	2	4.01
20	2	4(9)	2	2	5.14
21	2	2	0(5)	2	6.32
22	2	2	4(13)	2	6.49
23	2	2	2	0(2.5)	5.43
24	2	2	2	4(6.5)	5.49
25	2	2	2	2	6.63
26	2	2	2	2	6.66
27	2	2	2	2	6.65
28	2	2	2	2	6.64

表 7 回归方程方差分析

Table 7 ANOVA analysis of regression equation

方差来源	平方和	自由度	F 值	P 值	显著性
X1	0.000038	1	0.23	0.667645	
X^2_1	1.863444	1	11180.66	0.000012	**
X2	1.648504	1	9891.02	0.000022	**
X^2_2	6.424763	1	38548.58	0.000016	**
X_3	0.055104	1	330.62	0.000363	**
X^2_3	0.086100	1	516.60	0.000187	**
X_4	0.011704	1	70.22	0.003564	**
X^2_4	2.104857	1	12629.14	0.000002	**
X_1X_2	0.007656	1	45.94	0.006564	**
X_1X_3	0.000056	1	0.34	0.602042	
X_1X_4	0.001056	1	6.34	0.086371	
X_2X_3	0.000156	1	0.94	0.404342	
X_2X_4	0.000056	1	0.34	0.602042	
X_3X_4	0.000156	1	0.94	0.404342	
失拟项	0.010358	10	6.21	0.079783	
纯误差	0.000500	3			
总方差	9.639925	27			

从表 7 的方差分析表可以看出，失拟项中 P＞0.05 影响不显著，表明所选模型适合，可以用该模型来拟合实验。此外，所选四因素中发酵温度、初始酒精度和初始 pH 的的二次项影响最显著，接种量的一次项和二次项影响较显著，初始 pH 一次项、发酵温度和初始糖度的交相项影响显著，其余的各项影响不显著。对实验进行回归得各项回归系数见表 7。

表 8 回归系数取值及分析结果

Table 8 Results regression analysis of a full second-order polynomial model

方差来源	系数估计	纯误差	t(3)	p 值	显著性
常数项	-96.4563	0.907856	-106.246	0.000002	**
X_1	4.3671	0.044862	97.345	0.000002	**
X^2_1	-0.0697	0.000659	-105.739	0.000002	**
X_2	7.1613	0.066758	107.272	0.000002	**
X^2_2	-0.5174	0.002635	-196.338	0.000000	**
X_3	0.3124	0.031454	9.932	0.002172	**
X^2_3	-0.0150	0.000659	-22.729	0.000187	**
X_4	2.5302	0.062908	40.221	0.000034	**
X^2_4	-0.2961	0.002635	-112.379	0.000002	**
X_1X_2	0.0109	0.001614	6.778	0.006564	**
X_1X_3	-0.0005	0.000807	-0.581	0.602042	
X_1X_4	0.0041	0.001614	2.517	0.086371	
X_2X_3	-0.0016	0.001614	-0.968	0.404342	
X_2X_4	0.0019	0.003227	0.581	0.602042	
X_3X_4	0.0016	0.001614	0.968	0.404342	

从表 8 可知常数项影响非常显著，因此不能忽略，各因素经回归拟合后得到食醋酸度 Y 和发酵温度 X_1、初始酒精度 X_2、接种量 X_3、初始 pHX_1 的二次多项回归方程：

$$Y = -96.4563 + 4.3671X_1 - 0.0697X_1^2 + 7.1613X_2 - 0.5174X_2^2 + 0.3124X_3 - 0.0150X_3^2 + 2.5302X_4 - 0.22961X_4^2 + 0.0109X_1X_2 - 0.0005X_1X_3 + 0.0041X_1X_4 - 0.0016X_2X_3 + 0.0019X_2X_4 + 0.0016X_3X_4$$

回归方程中，变量的正系数表明该变量的正向变化可引起响应值的增加，负的二次项系数表明方程的抛物面开口向下，具有极大值点，能够进行最优分析。

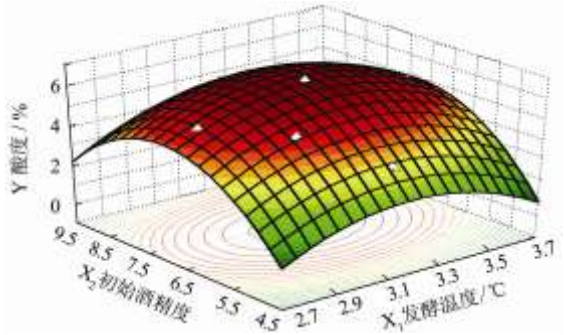


图 1 发酵温度与初始酒精度对发酵发产酸影响的响应面图

Fig.1 Response Surface plot of the effect of fermentation temperature and alcohol degrees on fermentation product acid

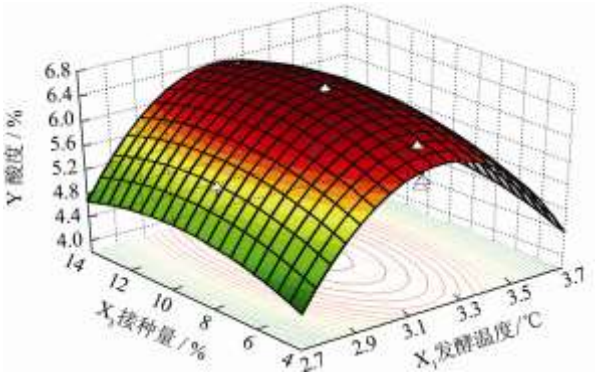


图 2 发酵温度与接种量对发酵发产酸影响的响应面图

Fig.2 Response Surface plot of the effect of fermentation temperature and inoculation amount on fermentation product acid

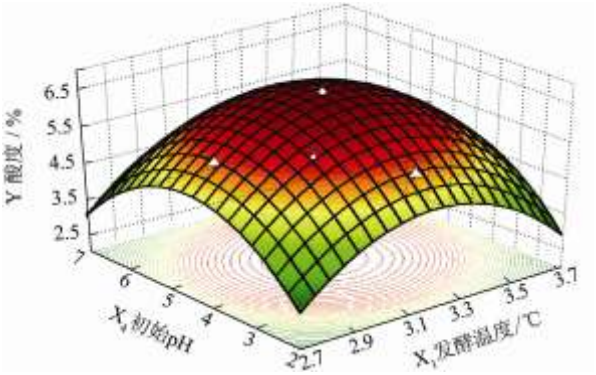


图 3 发酵温度与初始 PH 对发酵发产酸影响的响应面图

Fig.3 Response Surface plot of the effect of fermentation temperature and pH on fermentation product acid

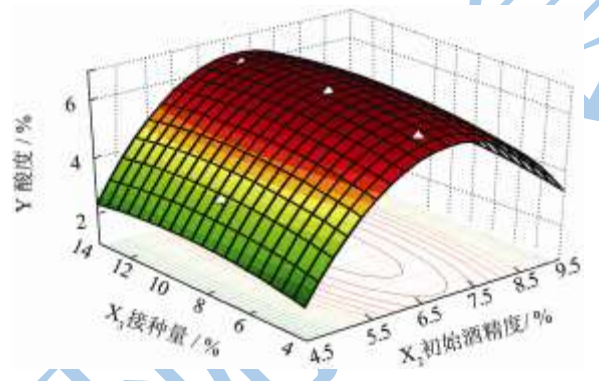


图 4 初始酒精度与接种量对发酵发产酸影响的响应面图

Fig.4 Response Surface plot of the effect of alcohol degrees and inoculation amount on fermentation product acid

用 Statistica6.0 软件对表 5 数据进行二次多元回归拟合，所得二次回归方程的响应面图，见图 1~4 所示。

由响应面图 1~4 可以看出，在其它因素确定的情况下，醋酸产率随着发酵温度的升高先升后降的趋势，当发酵温度达到 32 ℃左右时醋酸的产率达到一峰值，分析其原因，每种微生物都有它的最适生长温度和最适的产物代谢温度，醋酸菌在该发酵基质条件下的最适产物的代谢温度为 32 ℃左右，当温度不在这个温度范围内其产酸量就低，只有在最适代谢温度下产酸量才是最高的。初始酒精度在其它因素不变的情况下随着初始初始酒精度的增加醋酸的产率先增后减的趋势，当初始酒精度达到 7%左右时醋酸的产率出现一最高值，初始酒精量低时，其转化为量的量必然也就低，但当酒精度增加到一定值后，再继续增加产酸量反而下降，主要是因为酒精度过高则抑制了醋酸菌的代谢产物的生成，因而酒精度过高时产酸量不但不增加反而下降，所以醋酸发酵的最适酒精度在 7%左右；初始 pH 值在其它因素不变的情况下随着 pH 的增加醋酸的产率也出现先升后降的趋势，当初始 pH 在 4.5 左右时出现一峰值，每种微生物也都有自己的最适 pH，只有在最适 pH 下代谢产物的量才是最高的；接种量在其它因素确定时开始随着接种量的增加醋酸的产率有增加的趋势，但当接种量达到 9%后醋酸的产率增加缓慢并有下降趋势，因为接种量不够，则发酵时菌体数量不足，因而产酸量也较少，但如接种量过大，则菌体在繁殖时消耗大量的营养，最后也导至产酸量较低。

对回归模型进行响应面分析可知，回归模型存在最大值，进一步用 Statistica 软件对实验模型进行典型性分析，在 X_1=32.01℃、X_2=7.25%、X_3=9.79%、X_4=4.54，即发酵温度 32.01 ℃、初始酒精度 7.25%、接种量 9.79%、初始 pH 值 4.54，紫红薯醋酸度值的最大预测值为 6.69%。试验采用上述最佳条件对紫红薯醋进行三次平行发酵实验，试验测得紫红薯醋的平均酸度值为 6.73%，试验值与理论值的相对误差为 0.6%，因此本实验优化得到的提取条件准确可靠，具有使用价值。

2.3 苹果汁紫红薯醋复合饮料配方确定

2.3.1 苹果汁添加量对醋饮料风味影响

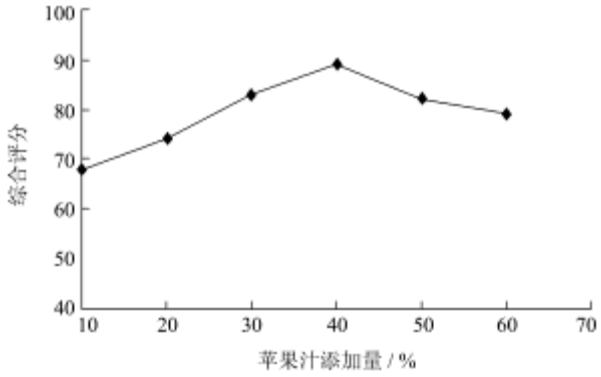


图 5 苹果汁添加量对复合饮料风味影响

Fig.5 Effect of apple juice amount on the sensory quality of the compound beverage

由图 5 可知，随着苹果汁添加量的增加，综合评分增加，达到 40%添加量时，综合评分最高，继续增

加苹果汁的添加量，综合评分反而下降。主要原苹果汁添加量增加，苹果口味加重，紫红薯醋香不突出。因此添加 40%苹果汁时风味较好。

2.3.2 紫红薯醋添加量对醋饮料口味影响

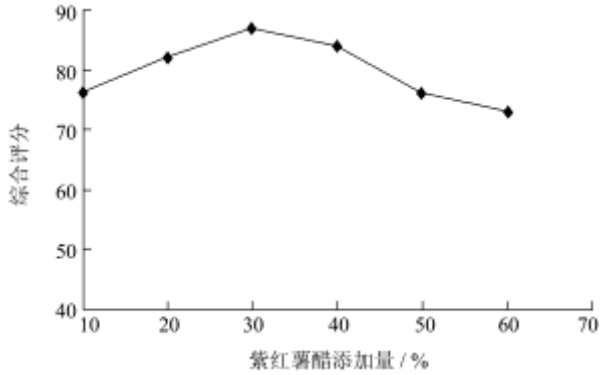


图 6 紫红薯醋添加量对复合饮料风味影响

Fig.6 Effect of purple sweet potato vinegar amount on the sensory quality of the compound beverage

由图 6 可以看出，随着紫红薯醋添加量增加，综合评分先升达到 30%后综合评分开始下降，主要因为随着紫红薯醋添加量的增加，导致饮料中醋酸含量增加，引起酸味过重，因此，当紫红薯醋添加量 30%效果较好。

2.3.3 紫红薯糖浆添加量对醋饮料口味影响

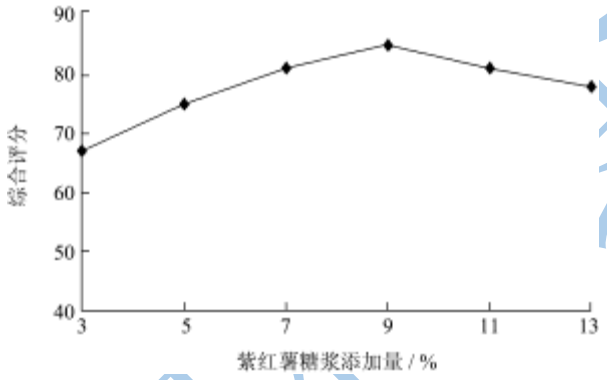


图 7 紫红薯糖浆添加量对复合饮料风味影响

Fig.7 Effect of purple sweetpotato sirup amount on the sensory quality of the compound beverage

由图 7 可见，复合饮料风味综合评分，开始随着紫红薯糖浆的添加量增加而增大，当紫红薯糖浆添加量达到 9%时继续增加紫红薯糖浆的量，综合评分不但不增加反而下降，主要因为随着紫红薯糖浆添加量的增加，导到饮料中的糖分含量过高，糖酸比失调，口感过甜，产生腻味，因而紫红薯糖浆添加量在 9%时较好。

2.3.4 复合饮料配方优化

紫红薯醋苹果汁复合饮料配方正交实验结果分析及方差分析见表 9~10。

从表 9 正交实验结果和极差分析可见，各因素对复合饮料风味影响程度大小顺序为 A＞B＞C，由各因素均值大小可知其最佳组合为 $A_2B_2C_2$。即，紫红醋添加量 30%、苹果汁添加量 40%、紫红薯糖浆添加量 9%，在最佳配方条件下，调配紫红薯醋复合饮料进行三次平行试验，并对其进行感观品评，其综合得分分别为 91.4、92.6、91.8 平均为 91.8 分，与正交实验相符。因此最佳配方为：紫红醋添加量 30%、苹果汁添加量 40%、紫红薯糖浆添加量 9%。

表 9 苹果汁紫红薯醋复合饮料配方正交实验结果

Table 9 Results of orthogonal design experiments for formula of compound beverages

序号	A (紫红薯醋添加量/%)	B (苹果汁添加量/%)	C (紫红薯糖浆添加量/%)	综合评分
1	1(25)	1(35)	1(7)	67
2	1	2(40)	3(11)	76
3	1	3(45)	2(9)	74
4	2(30)	1	3	83
5	2	2	2	91
6	2	3	1	86
7	3(35)	1	2	79
8	3	2	1	85
9	3	3	3	82
K_1	217	229	238	
K_2	260	252	244	
K_3	246	242	241	
k_1	72.33	76.33	79.33	
k_2	86.67	84.00	81.33	
k_3	82.00	80.67	80.33	
R	14.33	7.67	2.00	
优化	2	2	2	

表 10 方差分析结果

Table 10 ANOVAanalysis of formula of compound beverages

方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值
A	320.6667	2	160.3333	481	0.002075
B	88.6667	2	44.3333	133	0.007463
C	6	2	3	9	0.1
误差	0.6667	2	0.3333		
总和	416	8			

由表 10 方差分析表可见，5 紫红薯醋添加量对复合饮料风味影响程度最大，其次为苹果汁添加量，紫红薯糖浆添加量对复合饮料风味影响最小，同极差分析结果相同。

3 产品质量标准

3.1 感官指标

色泽：紫红色，色泽发亮；香气：清香醇郁，具有苹果、紫红薯及食醋特有香味；滋味：柔和甘爽，酸甜适口；形态：清亮透明，无悬浮物及沉淀物。

3.2 理化指标

总固形物：≥8.5 g/100mL；总酸(以乙酸计)≥1.5 g/100mL；总糖：5~8 g/100mL。

3.3 微生物指标

细菌总数≤50 cfu/mL；大肠菌群≤3 cfu/100mL；致病菌：未检出。

4 结论

4.1 通过单因素和正交实验确定了酒精发酵的最佳条件为：发酵温度 30 ℃、初始糖度 16%、发酵时间 72 h，此时酒精的产量为是高。

4.2 醋酸发酵的最佳工艺条件是：为发酵温度 32.01 ℃、初始酒精度 7.25%、醋酸菌接种量 9.79%、初始 pH 值 4.54。

4.3 紫红薯醋苹果汁复合饮料的最佳配方是：紫红薯醋添加量 30%、苹果汁添加量 40%、紫红薯糖浆添加量 9%，时饮料口感最好，综合评分最高。

参考文献

[1] 孔美兰,刘谋泉.橙汁醋的研制[J].现代食品科技,2007,23(1):70-72

[2] 耿伟,李宏梁,马雅鸽.速酿塔液态发酵苹果醋的研究[J].现代食品科技,2006,22(4):104-106

[3] 林晓岚,陈惠芳,陈麒麟.紫甘薯淀粉提取工艺优化[J].福建农林大学学报:自然科学版,2003,32(4):527-30

[4] 杨朝霞,王亦军,高磊,等.紫甘薯花色苷色素研究进展[J].青岛大学学报:工程技术版,2004,19(2):32-36

[5] 上海酿造科学研究所.发酵调味品生产技术[M].北京:中国轻工业出版社,1999

现代食品科技