

甜菜汁运动饮料的研制

张美娜, 郑喜群, 刘晓兰, 李想

(齐齐哈尔大学食品与生物工程学院, 农产品加工黑龙江省普通高校重点实验室, 黑龙江齐齐哈尔 161006)

摘要: 以甜菜汁为原料, 在分析其功能成分的基础上, 经预处理、调配等工艺研制出甜菜汁运动饮料。通过单因素试验和正交试验确定其最佳配方: 甜菜汁 2.8%、CMC-Na 0.1%、食盐 0.1%、柠檬酸 0.07%、白砂糖 3.46%、葡萄糖 0.87%、 β -环糊精 0.15%、抗坏血酸 0.07%。该产品口感良好、组织稳定, 经检测其理化指标和微生物指标均符合运动饮料的要求。

关键词: 甜菜汁; 运动饮料; 工艺; 配方

文章编号: 1673-9078(2012)8-1031-1034

Development of a Beet Juice Sports Beverage

ZHANG Mei-na, ZHENG Xi-qun, LIU Xiao-lan, LI Xiang

(College of Food and Biological Engineering, Heilongjiang Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In this study, some functional components of the beet juice were analyzed and the beet juice sports drink was developed. Through single-factor and orthogonal experiments, the optimum formula of the beverage was determined as follows: beet juice 2.8%, CMC-Na 0.1%, salt 0.1%, citric acid 0.07%, sugar 3.46%, glucose 0.87%, β -cyclodextrin 0.15% and ascorbic acid 0.07%. The product tasted moderate and had good stability. The physicochemical and microbiological indicators of the product accorded with the requirements of the sports drink.

Key words: beet juice; sports drink; technology; formula

甜菜的生物量大, 富含蔗糖、甜菜碱, 被视为重要的糖料作物, 世界上约有 35%~40% 蔗糖来源于甜菜^[1]。在我国, 甜菜糖主要分布在黑龙江、新疆、内蒙古及邻近省区, 甜菜糖在食糖品种中因质量好, 色值低而具有相当优势。除生产蔗糖外, 甜菜及其副产品还有广泛开发利用前景。甜菜糖蜜可制造酒精、味精、柠檬酸和其它的有机酸; 用甜菜茎叶和甜菜废丝生产的颗粒粕可饲喂牲畜, 发展畜牧业。甜菜作为重要的能源物质^[2], 也用来进行酒精发酵生产乙醇。

运动饮料是营养素及其含量能适应运动或体力活动人群的生理特点, 能为机体补充水分、电解质和能量, 可被迅速吸收的饮料^[3]。运动饮料一般含有适量的电解质和糖类, 糖类一般是葡萄糖、低聚糖、果糖、蔗糖, 含量在 5~10% 之间, 运动饮料还含有水、蛋白质、肽、氨基酸、矿物质以及抗氧化物质。我国在上个世纪九十年代市场上的运动饮料有“健力宝”、“红牛”等, 最近几年里国内的食品公司也都相继推出了各自的运动饮料品牌, 如劲跑、脉动、尖叫、佳得乐等^[4]。它们大多是人工配制而非天然的, 因此研究天然原料的运动饮料具有重要的意义。

运动中的大量排汗不仅造成机体失水, 而且使钙、钠、钾及维生素大量消耗和丢失^[5]。甜菜中含有运动

饮料所需的水、碳水化合物、维生素、钾、钠、镁、铁等矿物质。同时具有清热解毒、缓解腹胀、调节新陈代谢、软化血管等作用。最新发现饮用甜菜根汁液可以快速提升精力和增加耐力, 对大运动量的运动员和体力虚弱的老人效果特别明显。为此, 研究甜菜汁运动饮料具有十分重要的意义。

本研究是以资源丰富的甜菜根为原料, 开发研究运动饮料。该饮品含有天然的维生素、矿物质及抗氧化物质, 提升运动员的运动能力, 并且满足运动员在运动中的各种营养需求。

1 材料和方法

1.1 材料和设备

甜菜, 取自黑龙江省海伦糖厂; 白砂糖、葡萄糖、柠檬酸、精制碘盐、抗坏血酸、羧甲基纤维素钠(CMC)、 β -环糊精、香精, 均为食品级; 其他化学试剂均为分析纯。

JM251D 型榨汁机: 广东美的精品电器制造有限公司, SYQ-DSX-280B 型灭菌锅: 申安医疗器械厂, 722S 可见分光光度计: 上海欣茂仪器有限公司, 阿贝折光仪: 上海精密科学仪器有限公司, TDL-5-A 离心机: 上海安亭科学仪器厂, pH 计: 上海器宏科学仪器设备有限公司, 手持糖度计和电子天平: 恒泰电

收稿日期: 2012-04-19

子设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 甜菜汁运动饮料制备工艺流程

甜菜→修整清洗→去皮→切块→热烫→榨汁→过滤→离心→甜菜汁→溶解→调配→过滤→杀菌→冷却→成品

甜菜修整去皮后,将甜菜果肉切成1 cm正方形小块,在95℃~100℃热烫5 min,用冷水冷却至室温,热烫的目的是为了杀菌,并使其中的酶钝化。榨汁机榨汁后,用四层纱布过滤,将过滤后的甜菜汁于4000转离心25 min,去除沉淀后将上清液放入冰箱待用。按配方比例加入甜味剂、酸味剂、稳定剂、电解质和维生素等,进行溶解调配,过滤后用灭菌锅121℃杀菌30 min,冷却之后即是成品。

1.2.2 化学分析方法

可溶性固形物用阿贝折光法测定 GB 12143^[6];总糖用苯酚硫酸法^[7]测定;总酸用中和滴定法^[8]测定;酸度用 pH 计测定;糖度用手持糖度计测定;维生素 C 用 2,6-二氯酚靛酚法^[9]测定;菌落总数参照 GB/T 4789.2^[10]法测定。

1.2.3 感官评价

根据感官评价标准^[11],选取 10 人对成品进行综合评分。

2 结果与讨论

2.1 甜菜汁功能成分的测定

表 1 甜菜汁功能成分

Table 1 Contents of functional components of beet juice

可溶性固形物/%	总糖/(mg/mL)	总酸/(以柠檬酸计)	抗坏血酸/(10 ⁻² mg/g)
11.26	250.60	0.031	5.44

2.2 甜菜汁饮料基础配方的确定

表 2 感官评价标准

Table 2 Grading standard for sensory evaluation of the beverage

指标	分值	评分标准
色泽	10	颜色柔和均匀
气味	10	自然芳香无异味
状态	20	流动性良好,组织细腻
口感	60	无沉淀酸甜适口,无苦味

首先,对甜菜汁运动饮料的主要成分甜菜汁浓度进行优化,然后对所用酸味剂、甜味剂、增稠剂等主要成分进行选择和优化。成分优化过程以饮料可溶性固形物含量和感官评价为重要指标。感官评价标准见表 2。

2.2.1 甜菜汁浓度的确定

运动饮料的可溶性固形物含量在 3%~8%之间。用我们自主设计的甜菜汁制备流程得到的甜菜汁固形物浓度为 11.26%,需要进行适当稀释。甜菜汁浓度对甜菜汁运动饮料固形物及口感的影响结果见表 3。随着甜菜汁浓度的增加,样品的可溶性固形物含量从 6.0 升至 7.4,呈递增趋势,浓度达到 2.8%时,口感评分达到最大值 84 分,甜菜汁浓度继续增加时评分下降,可能是由于甜菜汁浓度过高时,糖和柠檬酸不能掩盖甜菜汁的涩腥味,从而导致口感评分下降。考虑到生产成本和理化指标、感官评价,选择较佳的甜菜汁添加量在 2.7%~2.9%。

表 3 甜菜汁浓度对甜菜汁运动饮料的影响

Table 2 Effects of different beet juice concentration on beet juice sports beverage

甜菜汁/%	色泽	气味	状态	口感	总分	固形物含量/%
2.6	4	5	15	52	76	6
2.8	6	6	16	56	84	6.1
3.0	6	4	15	52	77	6.2
3.2	6	4	15	52	77	7
3.4	4	4	15	51	74	7.4

注:饮料中 CMC-Na 为 0.3%、食盐为 0.15%、柠檬酸为 0.1%、β-环糊精为 0.3%,在考虑甜菜汁糖度的基础上,甜味剂添加量依次为 4.38%、4.33%、4.28%、4.23%、4.18%,其中白砂糖:葡萄糖为 4:1。

2.2.2 甜味剂及其浓度的确定

表 4 糖浓度对甜菜汁运动饮料的影响

Table 4 Effects of different sugar concentration on beet juice sports beverage

糖/%	色泽	气味	状态	口感	总分	固形物含量/%
3.0	3	3	15	52	73	3.5
4.0	4	4	15	53	76	4.6
5.0	6	6	15	56	81	5.6
6.0	5	5	15	53	78	7.1
7.0	5	5	15	52	77	7.9

注:饮料中甜菜汁 2.8%、CMC-Na 为 0.3%、食盐为 0.15%、柠檬酸为 0.1%、β-环糊精为 0.3%。考虑甜菜汁糖浓度约为 0.67%,甜味剂添加量依次为 2.33%、3.33%、4.33%、5.33%、6.33%,其中白砂糖:葡萄糖为 4:1。

运动饮料中糖浓度以 6%~7%为宜^[12]。在考虑甜菜汁含糖量的基础上选择添加白砂糖和葡萄糖,经预实验确定其比例为 4:1。糖浓度对甜菜汁运动饮料固形物及口感的影响结果见表 4。随着糖浓度的增加,固形物含量明显增加;口感评分先增加后减小,在糖浓度为 5.0%时,口感评分达到最大值,为 81 分。考虑到生产成本和理化指标、感官评价,选择总含糖量

5.0%，其中甜菜汁糖浓度为 0.67%，添加的白砂糖为 3.46%、葡萄糖为 0.87%。

2.2.3 酸味剂及其浓度的确定

表 5 柠檬酸浓度对甜菜汁运动饮料的影响

Table 5 Effects of different citric acid concentration on beet

juice sports beverage						
柠檬酸/%	色泽	气味	状态	口感	总分	固形物含量/%
0.04	5	5	15	52	77	4.1
0.07	6	5	16	56	84	5.6
0.10	6	5	15	52	78	6.0
0.13	5	5	15	55	80	6.5
0.16	5	5	15	54	79	7.0

注：饮料中甜菜汁 2.8%、CMC-Na 为 0.3%、食盐为 0.15%、总糖量 5%（甜菜汁糖浓度为 0.67%、白砂糖为 3.46%、葡萄糖为 0.87%）、β-环糊精为 0.3%。

为了满足口感，饮料还需进行酸味调节，用柠檬酸作为酸度调节剂^[13]。柠檬酸浓度对甜菜汁运动饮料固形物及口感的影响结果见表 5。随着柠檬酸浓度的增加，口感评分先增加后减小，固形物含量逐渐增加，在柠檬酸浓度为 0.07% 时，口感评分达到最大值 84 分，考虑到生产成本和理化指标、感官评价，选择较佳的柠檬酸添加量在 0.06%~0.08%。

2.2.4 CMC-Na 浓度的确定

表 6 CMC-Na 浓度对甜菜汁运动饮料的影响

Table 6 Effects of different CMC-Na concentration on beet

juice sports beverage							
CMC-Na/%	色泽	气味	状态	口感	总分	固形物含量/%	沉淀率/%
0.00	4	4	14	52	74	4.9	1.688
0.10	6	6	16	54	82	6.5	1.056
0.20	5	5	15	53	73	5.0	1.157
0.30	5	6	15	52	73	6.1	2.648
0.40	5	5	14	53	77	7.0	3.094

注：饮料中甜菜汁 2.8%、食盐为 0.15%、柠檬酸为 0.07%、总糖量 5%（甜菜汁糖浓度为 0.67%、白砂糖为 3.46%、葡萄糖为 0.87%）、β-环糊精为 0.3%。

食用 CMC-Na 具有增稠、乳化、赋形、保水、稳定等作用，是食品工业理想的食品添加剂。CMC-Na 浓度对甜菜汁运动饮料固形物及口感的影响结果见表 6。随着羧甲基纤维素钠浓度增加时，固形物含量也增加，沉淀率和口感评分，在羧甲基纤维素钠浓度为 0.10% 时，口感评分达到最大值 82 分，沉淀率最低，考虑到生产成本和理化指标、感官评价，选取 0.10% 的 CMC-Na。

2.2.5 电解质及其浓度的确定

表 7 食盐浓度对甜菜汁运动饮料的影响

Table 7 Effects of different salt concentration on beet juice

sports beverage						
食盐/%	色泽	气味	状态	口感	总分	固形物含量/%
0.05	5	5	14	52	76	5.1
0.10	6	7	16	55	84	5.4
0.15	6	6	14	54	80	5.8
0.20	5	6	14	52	78	6.2
0.25	5	5	14	51	75	6.5

注：饮料中甜菜汁 2.8%、CMC-Na 为 0.1%、柠檬酸为 0.07%、总糖量 5%（甜菜汁糖浓度为 0.67%、白砂糖为 3.46%、葡萄糖为 0.87%）、β-环糊精为 0.3%。

运动营养饮料大都是碳水化合物及电解质的混合物，而主要的电解质就是钠。有一些研究^[14]建议，在运动后恢复期，摄入随汗液丢失量的 125%~150% 的液体，并含有 50~60 mmol/L 的钠，可帮助消除运动引起的脱水，尽快地完全恢复。参考运动饮料中钠含量标准添加食盐。食盐浓度对甜菜汁运动饮料固形物及口感的影响结果见表 7。随着食盐浓度的增加，固形物含量变化不明显；口感评分先增加后减小，在食盐浓度为 0.1% 时，口感评分达到最大值 84 分。考虑到生产成本和理化指标、感官评价，选择添加 0.08%~0.12% 的食盐。

2.2.6 β-环糊精浓度的确定

表 8 β-环糊精浓度对甜菜汁运动饮料的影响

Table 8 Effects of different β-cyclodextrin concentration on beet

juice sports beverage						
β-环糊精/%	色泽	气味	状态	口感	总分	固形物含量/%
0.10	5	5	14	51	75	5.1
0.15	6	7	16	55	84	6.0
0.20	6	6	15	53	80	6.3
0.25	6	6	15	51	75	5.5
0.30	6	5	14	51	73	5.7

注：饮料中甜菜汁 2.8%、CMC-Na 为 0.1%、食盐为 0.1%、柠檬酸为 0.07%、总糖量 5%（甜菜汁糖浓度为 0.67%、白砂糖为 3.46%、葡萄糖为 0.87%）。

由于甜菜汁含有人们不易接受的泥土气味，所以要选择添加掩味剂。常用的即为 β-环糊精。它可消除、掩盖特殊异味，提高、改良食品组织结构^[15]。β-环糊精浓度对甜菜汁运动饮料固形物及口感的影响结果见表 8。随着 β-环糊精浓度的增加，固形物含量变化不明显；口感评分先增加后减小，在 β-环糊精浓度为 0.15% 时，口感评分达到最大值 84 分。考虑到生产成本和理化指标、感官评价，选取 0.12%~0.18% 的 β-环糊精。

2.3 工艺配方的优化设计

根据单因素实验结果,采用 $L_9(3^4)$ 的正交实验设计方案,对产品主要配方进行优化,实验方案见表9,实验结果见表10。从单因素试验结果可知可溶性固形物含量和口感评分是影响运动饮料的主要因素,对二者分别进行极差分析,结果见表10。

表9 正交实验表

Table 9 The design of orthogonal experiment

水平	因素			
	A(甜菜汁/%)	B[酸含量(含糖5%)/5]	C(食盐/%)	D(β -环糊精/%)
1	2.70	0.06	0.08	0.12
2	2.80	0.07	0.10	0.15
3	2.90	0.08	0.12	0.18

表10 正交试验结果表

Table 10 The results of orthogonal experiment

实验号	A	B	C	D	感官评分	可溶性固形物/%
1	1	1	1	1	64.5	5.0
2	1	2	2	2	75.5	5.7
3	1	3	3	3	66.5	5.5
4	2	1	2	3	69.0	5.5
5	2	2	3	1	71.0	5.5
6	2	3	1	2	74.5	6.0
7	3	1	3	2	56.0	6.2
8	3	2	1	3	58.5	6.0
9	3	3	2	1	57.0	6.5
k_1	5.4	5.6	5.7	5.7		
k_2	5.7	5.7	5.9	6.0		
k_3	6.2	6.0	5.7	5.7		
R_1 (可)	0.8	0.4	0.2	0.3		
k_1	68.8	63.2	65.8	64.2		
k_2	71.5	68.3	67.2	68.7		
k_3	57.2	66.0	64.5	38.8		
R_2 (感)	14.3	5.1	2.7	13.5		

由表10极差 R_1 的分析可以得出,对饮料固形物的影响因素较大的是甜菜汁,其次是酸含量,再次是 β -环糊精,最后是食盐。最佳选择是 $A_1B_1C_1D_1$ 或 $A_1B_1C_1D_3$ 。通过上述实验判断,正交试验中的饮料固形物含量均满足国标要求。

由上表极差 R_2 的分析可以得出,对饮料口感的影响因素较大的是甜菜汁,其次是酸含量,再次是 β -环糊精,最后是食盐。最佳选择是 $A_2B_2C_2D_2$ 。甜菜汁运动饮料主要配方是根据感官评价来进行选择的,较优组合为2.80%甜菜汁,0.07%柠檬酸,0.10%食盐,0.15% β -环糊精,且满足饮料中固形物含量的要求。

2.4 产品质量标准

2.4.1 感官评定

甜菜汁饮料呈浅黄色,溶液透明,无分层,无沉淀,无杂质。具有甜菜独特的风味(略带苦味),口感细腻,酸甜适度,无异味。

2.4.2 理化指标

可溶性固形物为 5.6;含酸量为 0.03%,酸度为 4.13;可溶性糖含量为 7.99%,糖度为 5.9;维生素 C 含量为 5.33×10^{-2} mg/g,符合运动饮料要求。

2.4.3 微生物指标

菌落总数为零,符合国标。

3 结论

3.1 本文对甜菜汁功能成分进行测定,在参考运动饮料国家标准的基础上,以甜菜汁为原料添加一些外源功能性物质配制而成。通过单因素试验分别确定白砂糖为 3.46%、葡萄糖为 0.87%、CMC-Na 为 0.1%、抗坏血酸为 0.07%。正交试验优选出甜菜汁运动饮料的适宜配方:甜菜汁 2.8%、食盐为 0.1%、柠檬酸为 0.07%、 β -环糊精为 0.15%。

3.2 甜菜汁运动饮料营养丰富、色泽好、无杂质、口感甘甜、温润解渴,不仅能补充运动中损失的水分和能量,而且还含有丰富营养物质。因其绿色天然的饮用优点,具有广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 张赞彬,谢锋.甜菜汁乳酸发酵饮料的研究[J].食品工业科技,2005,12:123-124
- [2] de Wit M, A Faaij. European biomass resource potential and costs [J]. Biomass and Bioenergy, 2010. 34: 188-202
- [3] 中国国家标准化管理委员会. GB 15266-2009 运动饮料[S].北京:中国标准出版社,2009
- [4] 侯寒黎,莫咪咪,杨超,等.植物运动型饮料的开发研究[J].现代食品科技,2009,25(3):317
- [5] 李敏.功能饮料对耐力训练大鼠运动能力、糖原恢复及抗氧化能力的影响[J].现代食品科技,2010,26(5):470
- [6] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12143.1-89 软饮料中可溶性固形物的测定方法[S].北京:中国标准出版社,1989
- [7] 日本食品工业学会编辑委员会编.食品分析法[M].四川科学技术出版社,1985 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006
- [8] 龙淑珍,何永群.荔枝可滴定酸与维生素 C 的测定及其相关性[J].广西农业科学,2002,4:188-189
- [9] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 4789.2-2003. 菌落总数测定[S].北京:中国标准出版社,2003.4

- [11] 舒静,陈季旺,陈卉.大豆肽运动饮料的研制[J].粮食科技与经济,2010,35(4):54-56
- [12] 王鹏.关于运动饮料的实验室分析[J].赤峰学院学报,2006,22(3):13
- [13] 宋卫华.运动饮料中电解质、氨基酸、维生素功能概述[J].综述与述评,2010,13(1):1-3
- [14] Brack A S and Ball D. Dehydration and rapid rehydration: Effects on performance during brief high-intensity exercise [J]. J Sport Science, 1998(16): 39-40
- [15] 孙欣,徐雅琴.营养保健型南瓜果泥的研制[J].食品工业,2007,1:24-25

现代食品科技