

线性优化在山萸肉复合晶配料 优选中的应用研究*

张德权

(中国农业大学)

陈锦屏

(西北农业大学)

摘要 该文以线性优化技术进行了山萸肉复合晶配料的优选研究, 获取了科学的、合理的山萸肉复合晶配料。配比: 山萸肉浓缩汁(62.2 Brix) 79%、沙棘浓缩汁(61.0 Brix) 6%、猕猴桃浓缩汁(69.8 Brix) 15%。

关键词 线性优化 山萸肉复合晶 优选

山萸肉是山茱萸(*Cornus officinalis* sieb. et Zucc.)的果实, 营养丰富而全面, 除含蛋白质、糖、脂肪酸等一般营养成分外, 还含有生理活性很强的熊果酸、酒石酸、没食子酸、山茱萸甙、皂甙、 β -谷甾醇、白桦脂酸、鞣质、树脂、维生素C、维生素B₂、维生素E、矿质元素等有效成份^[1-3], 是我国传统的滋补保健品, 具有补肝肾、涩精、止汗、滋阴壮阳之功效^[1,4], 近代药理研究表明, 它具有补血健胃、抑菌、提高人体免疫力、消除疲劳、延缓衰老、利尿、抗氧化、降血压、抗糖尿病等作用^[4,5]。随着营养保健食品的兴起, 以山萸肉为原料制果酱、果冻、果汁、果酒等食品已有报道^[6], 但山萸肉自身却存在苦涩味, 影响了其风味和口感。因此如何调配山萸肉食品尤为重要。本文就线性优化技术在山萸肉复合晶配料优选中的应用进行了大胆尝试, 避免了以往配料、配比过程中存在的人为的主观性和局限性, 使得山萸肉复合晶配料的优选更趋科学、合理。

1 材料与方 法

1.1 材料和仪器

1.1.1 试验用原辅料

山萸肉: 陕西省佛坪县, 色泽鲜红, 无病虫害, 无核干品; 苹果浓缩汁(69.7 Brix): 自制, 富士苹果, 购于陕西杨凌; 葡萄浓缩汁(60.4 Brix): 自制, 巨峰葡萄, 购于陕西杨凌; 猕猴桃浓缩汁(69.8 Brix): 自制, 秦美猕猴桃, 购于陕西杨凌; 沙棘浓缩汁(61.0 Brix): 陕西陇县产。

1.1.2 试验仪器及设备

电子天平、鼓式干燥箱、121-MB型氨基酸分析仪、pHS-2C精密酸度计、手持糖量计、电热恒温水浴锅、打浆机、搅拌机、真空浓缩设备、蒸汽消毒器、日立-180-80型原子吸收分光光度计、RACOM M 340 S计算机。

1.1.3 测定项目及方法^[7]

收稿日期: 1998-08-10

* 陕西省科委科技扶贫课题

张德权, 博士, 北京市海淀区圆明园西路2号 中国农业大学(西校区)97博9信箱, 100094

总酸: 滴定法; 总糖: 菲林试剂法; 蛋白质: 121-MB 型氨基酸分析仪; 可溶性固形物: 手持糖量计; pH 值: pH S-2C 酸度计法; 单宁: 高锰酸钾滴定法; 维生素 C: 碘量法; Ca、Mg、Fe: 日立-180-80 型原子吸收分光光度法。

1.2 试验内容及方法

1.2.1 山萸肉复合晶工艺流程

山萸肉 蒸煮软化 打浆 酶处理 过滤取汁 静置澄清 杀菌、灭酶 浓缩 配料 复合浓缩汁 调糖 调酸 干燥 粉碎 过筛 包装 成品

1.2.2 山萸肉复合晶配料优选的依据及目的

山萸肉单一汁在营养和风味上均有一定的局限性, 多种原料复合能弥补这种不足, 因此, 在配料优选时, 首先必须考虑复合浓缩汁要有丰富而全面的营养和协调的风味, 其次, 作为一种新产品, 要使它为消费者所接受, 还必须考虑成本问题, 基于此种思想, 本试验旨在寻求一种或数种在营养和风味上能与山萸肉达到互补的而且成本较低的辅料。

1.2.3 山萸肉复合晶配料优选方法与步骤

1) 建立原始数据表: 首先测定组成复合浓缩汁的各种单汁的营养成分, 以此为依据, 根据中国营养学会 1988 年 10 月新修订的营养标准, 确定所配复合浓缩汁必须提供人体每日营养需要量 (RDA) 的最低标准^[8], 原始数据表模式见表 1。

表 1 n 种原料 m 种限制的原始数据表

Tab 1 Primary data of n kinds of materials and m kinds of restrictions

单 价	$C_p = \min$ 或 \max	a_{01}	a_{02}	.....	a_{0n}
用 量	$S_0 = \sum_{i=1}^n x_i$	x_1	x_2	.....	x_n
限制名称	配方要求	成份含量			
		原料 1	原料 2	.....	原料 n
限 制 1	$a_{10} (a_{10})$	a_{11}	a_{12}	.....	a_{1n}
限 制 2	$a_{20} (a_{20})$	a_{21}	a_{22}	.....	a_{2n}
.....
限 制 I	$a_{I0} (a_{I0})$	a_{I1}	a_{I2}	.....	a_{In}
.....
限 制 m	$a_{m0} (a_{m0})$	a_{m1}	a_{m2}	.....	a_{mn}

2) 根据原始数据表建立线性优化数学模型^[9]: 以复合浓缩汁的成本为目标函数, 以复合浓缩汁的营养价值为约束条件建立如下数学模型:

约束条件: $A \cdot X \leq B$ (或 $\geq B$), $X \geq 0$; 目标函数: $C_p \cdot X = \min$ (或 \max)

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$$B = (a_{10}, a_{20}, \dots, a_{m0})^T$$

$$C = (a_{01}, a_{02}, \dots, a_{0n})^T$$

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T, \quad x_j = 1, j = 1, \dots, n$$

式中 C_p —— 复合计的总成本; a_{0j} —— 各种单汁的价格; x_j —— 各种单汁在复合计中所占比例; a_{i0} —— 限制因子的约束条件; a_{ij} —— 限制因子在各单汁中的含量, $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ 。

3) 求解: 将原始数据和相应程序输入计算机, 求出各种单汁在复合浓缩汁中的比例。

4) 感官检验: 从感官上对计算机求解的结果进行色、香、味等的感官分析, 采用 Kramer 排序法进行感官检验^[10], 确定最佳配料。

2 结果与分析

2.1 山萸肉复合晶主、配料配比优选

测定山萸肉复合晶主、配料的营养成份, 根据推荐的每日膳食营养素供给量建立山萸肉复合晶主、配料原始数据, 见表 2。

由表 2 可知, 沙棘浓缩汁、猕猴桃浓缩汁含有丰富的维生素 C、Ca、Fe 和蛋白质, 能与山萸肉浓缩汁达到营养互补的作用, 因此可以预见, 它们将是山萸肉复合晶的良好配料。将表 2 数据按材料与方法 1.2.3 建立数学模型, 并借助计算机进行求解, 结果见表 3。

表 2 山萸肉复合晶主配料原始数据

Tab. 2 Primary data of main and auxiliary materials of cornus officinalis compound granule

单价/元 · kg ⁻¹	25.00	14.00	15.00	10.00	12.00	
用量/%	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	
限制名称	配方要求	成份含量				
		山萸肉浓缩汁	沙棘浓缩汁	猕猴桃浓缩汁	苹果浓缩汁	葡萄浓缩汁
可溶性固形物/Brix		62.2	61.0	69.8	69.7	60.4
总糖/%		55.48	12.37	59.47	60.14	68.8
总酸/%		13.73	19.83	10.98	3.66	4.27
pH		3.1	3.0	3.0	3.6	3.65
单宁/g · (100mL) ⁻¹		0.566	0.721	0.283	0.14	0.17
总氮/g · (100mL) ⁻¹	0.57	0.612	0.543	0.357	0.509	0.281
Vc/mg · (100mL) ⁻¹	60	20.72	3784	164.27	0.67	0.37
Ca/mg · (100mL) ⁻¹	450	430	1040	328	88.2	49
Fe/mg · (100mL) ⁻¹	12	10.9	88.2	7.4	0.18	1.1

表 3 山萸肉复合晶配料配比系列

Tab. 3 Series of ingredients and formula of cornus officinalis compound granule

试验号	单价 /元 · kg ⁻¹	原料用量/%				
		山萸肉浓缩汁	沙棘浓缩汁	猕猴桃浓缩汁	苹果浓缩汁	葡萄浓缩汁
1	22.90	79	6	15	0	0
2	18.70	53	19	0	28	0
3	22.20	74	13	13	0	0
4	18.70	51	25	0	24	0
5	18.30	39	61	0	0	0
6	21.60	68	22	10	0	0
7	18.60	49	31	0	20	0

表 3 表明, 经计算机求解共获得 7 种山萸肉复合晶配料、配比方案, 其中山萸肉浓缩汁 39%、沙棘浓缩汁 61%, 达到营养互补, 成本价格最低, 理论上这种配料、配比应该是最佳方案, 然而这种配料配比的风味并不一定协调, 所以需进行感官鉴评以确定最佳配料、配比。

2.2 山萸肉复合晶配料、配比感官优选

按表 3 结果进行复合剂的调配, 经 10 名有经验的专家进行感官鉴评, 采用 Kramer 排序

法进行感官检验, 结果见表 4。

根据 Kramer 检定表 ($\alpha = 0.05$), 当判断者 $n = 10$, 鉴评样品 $t = 7$ 时, T_i 值在 25~55 的范围外时排序具有显著的有效性。表 4 表明: 试验号 1 和试验号 5 的 T_i 值均在 25~55 范围之外, 而且按试验号 1 进行调配的复合浓缩汁具有显著的协调风味 ($T_i = 15$, 最低), 很受人欢迎。而按试验号 5 调配的复合浓缩汁的风味显著地不受人欢迎。因此在 7 种配料、配比中, 最佳配料、配比应为试验号 1, 即山萸肉复合浓缩汁 (63.3 Brix), 与早期预测吻合。

表 4 山萸肉复合晶配料配比感官优选

Tab 4 Sensory optimization of ingredients and formula of cornus officinalis compound granule

试验号	专 家										顺序合计 (T_i)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	2	1	1	3	1	2	1	2	1	15
2	4	5	3	4	2	4	1	2	5	4	34
3	2	1	2	2	4	2	4	4	4	2	27
4	5	4	6	5	7	6	3	5	1	5	47
5	6	7	5	7	5	7	5	7	6	7	62
6	3	3	4	3	1	3	6	6	3	3	35
7	7	6	7	6	6	5	7	3	7	6	60

注: $n = 10$, $t = 7$, Kramer 系数为 25~55 ($\alpha = 0.05$)

3 讨 论

线性优化技术是近年来逐渐发展起来的一门新型科学, 主要研究和解决两大类问题, 即首先寻找约束条件和目标函数, 建立系统的数学模型, 然后通过各种方法对数学模型进行求解, 从而得到最优方案的技术^[11]。60 年代以来, 随着计算机的发展和运用, 复杂的数学模型在瞬间得以解决, 使线性优化技术发展很快, 现已广泛用于机械、电力、石油、冶金、矿山、建筑、水利、交通运输、邮电通讯、环保等领域^[12, 13]。然而它在食品领域的应用远远落后于其它学科, 复合食品原辅料的优选、配方设计一直因缺乏科学的方法而带有很大的局限性和主观性, 线性优化技术的出现使其配料、配方优选更加趋于科学、合理, 这无疑给复合食品的发展注入了新的活力。该技术以复合食品的价格为目标函数, 以复合食品的营养价值为约束条件建立数学模型, 即复合食品应达到营养互补、风味协调、成本最低的原则, 由此经程序设计、计算机求解即可得到营养丰富全面、风味协调、价格合理的复合食品的配料、配方。可以预见, 线性优化技术在食品领域必将得到广泛的应用。

4 结 论

以线性优化技术进行山萸肉复合晶配料优选得到的配料、配比为: 山萸肉浓缩汁 (62.2 Brix) 79%, 沙棘浓缩汁 (61.0 Brix) 6%, 猕猴桃浓缩汁 (69.8 Brix) 15%, 三者按此比例调配时, 产品色泽鲜红, 具有山萸肉特有的风味和轻微的沙棘、猕猴桃果香味, 达到营养、风味和色泽的互补, 且成本较低, 避免了配料时人为的主观性, 使得山萸肉复合晶的配料、配比更加科学、合理。

参 考 文 献

- 1 余象煜, 李 平, 冯春生等. 山茱萸果皮及果核化学成分的研究. 西北植物学报, 1998, 8(4): 265~269
- 2 尚遂存, 郑培根, 武雪芬. 山茱萸果实成分的研究. 中药材, 1989, 12(4): 29~32
- 3 赵世萍, 薛 智. 山茱萸化学成分的研究. 药学学报, 1992, 27(1): 845~848

- 4 赵武述, 张玉琴, 李 洁等. 山茱萸成份的免疫活性研究. 中草药, 1990, 21(3): 17~ 20
- 5 尚遂存, 刘亚竞, 肖学凤等. 山茱萸果核抗氧化作用研究. 天然产物研究与开发, 1990, 2(4): 34~ 37
- 6 王明方, 李俊惠, 王昌明. 山茱萸. 北京: 中国林业出版社, 1988. 1~ 51
- 7 韩雅珊. 食品化学实验指导. 北京: 北京农业大学出版社, 1992
- 8 刘志泉. 食品营养学. 北京: 中国轻工业出版社, 1993
- 9 何建石, 廖显珍, 牟奇平. 线性规划在复合果蔬汁饮料配方中的应用. 食品科学, 1992(5): 5~ 9
- 10 Kley n R. Opt imization through linear programm ing. Food Review, 1994, 21(1) : 61~ 63
- 11 Bender F E. L inear Programm ing and its implem entation. Application of Computers in Food Research and Food Industry. Ch Pt 7. New York, 1989
- 12 Polak E. Computational method in opt imization. Academic Press, 1971

Linear Optimization for Determining the Ingredients of Cornus Officinalis Compound Granule

Zhang Dequan

Chen Jinping

(China Agricultural University, Beijing) (Northwestern Agricultural University)

Abstract Ingredient optimization of cornus officinalis compound granule was studied by means of the linear optimization technique. The scientific and rational ingredients and formula of the cornus officinalis compound granule were as follows: 79% cornus officinalis concentrated juice (62.2 Brix), 6% sea buckthorn concentrated juice (61.0 Brix), and 15% kiwifruit concentrated juice (69.8 Brix).

Key words linear optimization, cornus officinalis compound granule, optimization