

冰淇淋电脑配合优化模型研究

巨智勇 韩 刚

(畜牧系)

摘要 本文以最小化原料成本为目标函数,以乳脂肪、非脂乳固体、糖分、总固形物等质量关系设立 8 个约束方程,建立了最优化冰淇淋线性规划模型。在计算机上,利用该模型配合出市场选料、企业定料情况下的高、中、低档牛奶和水牛奶优化冰淇淋配方。并模拟市场原料价格和成分质量实际变化,检验了模型配方调整灵敏度反应。得出电脑模型技术配合冰淇淋配方比目前企业广泛使用的皮尔逊法、代数法快速准确,节约成本和满足产品多方面质量要求。

关键词 冰淇淋;线性规划模型;最优化;产品质量

现在国内外乳品企业普遍采用的皮尔逊法、代数法或乳浆点法配合冰淇淋配方,均存在不同技术应用缺陷。如皮尔逊法仅能配制由二种乳品原料,满足一种成分(常为乳脂肪)要求的冰淇淋生产配方。而生产优质冰淇淋,常需采用多种乳品原料,满足多项质量指标要求情况。Martiker 提出的乳浆点法虽解决了由多种原料的配合问题,但仍不能同时满足多种成分质量要求。虽然 Leighton 给予该法作了公式化和表格化改进,但仅克服了其计算复杂,不方便实用问题。Puleice, Toneber 和 Summer 等人将皮尔逊法与代数法结合,解决了由多种原料配合满足多种成分质量要求问题。但方法复杂,难于掌握和用于生产实践。且上述方法均无法涉及降低成本问题。研究出新的配合方法,适应现代工厂化大批量生产冰淇淋需要,则会有一定经济意义和推广应用价值。

为此,本研究尝试先将冰淇淋配合要求的多种原料,满足多种质量指标问题模式化;将乳品企业追求的节约成本、尽多获利目标函数化,创建优化模型。结合电脑软件应用技术,帮助企业解决这一难题。

1 模型建立

冰淇淋口味,质地结构和组织状态等质量特征,主要取决于其化学成分含量和比例平衡关系。

1.1 优化模型结构

1.1.1 目标函数

$$C, X_1 = \text{Min}$$

C —表示牛奶、水牛奶、稀奶油、奶油、炼奶、奶粉、糖料等不同原料价格系数。

X_1 —表示各种原料数量

1.1.2 约束方程

1.1.2.1 乳脂肪约束 乳脂肪是决定冰淇淋质量的主要成分。作用有增加风味、使组织柔

1991-01-02 收稿

软,平滑、细腻,使膨胀率提高,使口感润滑爽快.不同档次冰淇淋对乳脂肪含量有不同要求.用以下约束方程表示乳脂肪质量限制要求:

$$A_i \cdot X_i \geq a_i$$

A_i 表示相应 X_i 原料的乳脂肪含量, a_i 为不同档次冰淇淋乳脂肪含量约束值.

1.1.2.2 非脂乳固体约束 非脂乳固体含量决定冰淇淋型体结构,风味特征,膨胀率指标等.不足时低膨胀,冰屑大,食有冷感、风味变劣.过量则型体坚硬,质地粗糙,食有沙感.一般限制正常范围.得约束方程为:

$$B_i \cdot X_i \geq b_i$$

B_i 为相应 X_i 原料的非脂乳固体含量, b_i 为含量约束值.

1.1.2.3 糖分约束 糖分赋予制品甜味.过量太甜食有腻感,不足又使风味变差.适宜加糖量可改善产品质地,粘度,使奶油或水果风味型更趋向完美.适宜含量也与其它成分含量变化有关.冰淇淋中糖分可来自直接加糖和一些乳品中的含糖量.约束方程关系表示为:

$$D_i \cdot X_i = d_i$$

D_i 为相应 X_i 原料中糖分含量, d_i 为糖分含量约束值.

1.1.2.4 乳糖约束 乳糖含量过高,会造成冰淇淋加工过程中出现乳糖结晶,造成产品质地粗糙,食有沙状口感.为冰淇淋常见质量缺陷之一.含量约束关系表示为:

$$E_i \cdot X_i \leq e$$

E_i 为相应 X_i 原料中乳糖含量, e 为约束值.

1.1.2.5 矿物质约束 矿物质含量过大使产品组织结构粗硬,风味变劣,有咸味感.约束关系表示为:

$$F_i \cdot X_i \leq f$$

F_i 为相应 X_i 原料中矿物质含量, f 为约束值.

1.1.2.6 乳蛋白质约束 足够乳蛋白质含量,是产品膨胀率,型体、风味和营养质量的保证.故应维持一定含量.

$$G_i \cdot X_i \geq g$$

G_i 为相应 X_i 原料中乳蛋白质含量, g 为约束值.

1.1.2.7 总固型物 总固型物含量决定产品的质地结构、外观型体、口感等.过高或过低含量均会使产品质量劣化.

$$H_i \cdot X_i = h_i$$

H_i 为相应 X_i 原料中固型物含量, h_i 为不同档次冰淇淋总固形物含量约束值.

1.1.2.8 混料总量约束 $\Sigma X_i = W$

W 表示欲制作冰淇淋混料总重量.但不包括一般按常量比例添加的稳定剂和乳化剂等微量添加剂物质.

这样就得到一个包括一个目标函数,8个约束方程的最优化线性规划模型.

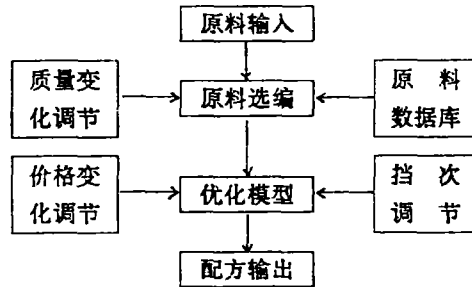
1.2 电脑软件

1.2.1 原料数据库 将市场和企业使用的各种原料:包括牛奶 (X_1)、水牛奶 (X_2)、稀奶油 (X_3)、黄油 (X_4)、甜炼奶 (X_5)、淡炼奶 (X_6)、全脂奶粉 (X_7)、脱脂奶粉 (X_8)、加糖全脂奶粉 (X_9)、砂糖 (X_{10})、乳清粉 (X_{11})、和水分 (X_{12}) 等原料;按各原料所含乳脂肪,乳蛋白质、乳糖、矿物质、非脂乳固体、糖分,总固形物量和市场价格输入原料数据

库。

1.2.2 挡次标准 参照轻工业出版社《乳品工业手册》和国外标准,建立A,B,C,D等4个挡次冰淇淋配料化学成分质量标准。例如A挡乳脂肪含量为16%,B挡12%,C挡8%,D挡4%;总固形物含量则分别为40%,38% 36%和30%。与糖分、非脂乳固体、矿物质、乳蛋白质和乳糖等标准要求一起输入电脑磁盘备用。

1.2.3 主程序运作 线性规划优化模型主程序采用BASIC语言设计。配合原料可由原料数据库查找调入或键盘输入。并设原料质量、价格和冰淇淋挡次调节命令分程序。具体电脑操作以如下框图所示。在华南农业大学中心计算室PC-8801微机上,约需运行2~4 min即输出最优化配方。↓



2 结果与分析

根据广州冰淇淋生产厂家现状:一些企业是从市场购买原料生产,另一些企业是自己有奶牛场,利用自产原料生产。所以分市场选料和企业定料二种情况下配制。

2.1 市场选料

将广州市场现有原料成分信息和价格信息输入电脑模型,输出的不同挡次最优化配方如表1所示。需先说明的是配方未列入稳定剂、乳化剂和香精香料等。这些物质加量微小且固定不变。稳定剂常用明胶,海藻酸钠,羧甲基纤维素等,添加量0.20%左右。乳化剂常用单甘酯,山梨糖醇酐脂肪酸酯,脂肪酸蔗糖酯等,添加量0.15%~0.20%。香精、色素酌量添加。

表1 最优化冰淇淋电脑配方 %

级 别	A	B	C	D
鲜牛奶 X_1	64.22	68.13	71.39	76.73
奶 油 X_2	15.11	9.87	4.34	0.60
全脂奶粉 X_3	6.37	6.70	7.97	3.68
砂 糖 X_4	14.00	15.00	16.00	16.00
混料成本 (元/kg)	4.15	3.46	2.68	1.85

表1为电脑模型从10多种原料中,选择4种原料配合出的不同挡次冰淇淋优化配方。选料结果与广州一些厂家用料基本一致,但相同挡次比较,本电脑配方混料成本最低,成分搭配合理,保证产品高质量。

2.2 企业定料

广州地区冰淇淋市场很大,主要在夏秋季。而冬春牛奶供过于求,乳品厂多采用制成炼奶、奶油等形式贮存,来年旺季生产。决定了企业主要用鲜奶、炼奶、稀奶油和奶油作冰淇淋配料固定格局。广东农村城镇已大量开展水牛挤奶,存在同样加工利用模式。将限定原料输入电脑模型;得最优化配方如表2:

表2 限料优化冰淇淋配方 %

级 别	A	B	C	D
花牛奶冰淇淋				
鲜 奶	57.87	20.24	45.88	70.55
甜炼奶	22.39	23.51	27.95	18.17
稀奶油		50.94	21.75	
黄 油	14.95			
砂 糖	4.48	5.01	4.12	8.28
混料成本 (元/kg)	4.53	3.95	3.37	2.25
水牛奶冰淇淋				
鲜水牛奶	29.77	54.34	75.65	80.65
水牛甜炼奶	13.99	13.69	13.19	0.35
水牛稀奶油	47.39	22.01		
砂 糖	8.54	9.66	10.88	15.64
混料成本 (元/kg)	4.41	3.73	3.13	2.31

从表2可见,水牛奶及其奶制品适宜制作较高档次冰淇淋,混料成本比中、高档次花牛奶混料每千克便宜0.12~0.24元钱。虽然现在广东水牛奶价格是花牛奶的2倍多,但制作冰淇淋成本反而低。得益于水牛奶浓稠及高乳脂含量,说明适宜用水牛奶开发冰淇淋产品。

2.3 质量反应

广东高温、高湿环境;夏秋季牛奶变稀薄。表3为市场选料情况下,模拟夏秋季鲜奶成分质量真实变化,得出电脑模型为保证冰淇淋质量,所输出的配方调整结果。比较表1可见,因为市场原料质量变化,模型发生了较大的配方调整反应。说明该优化模型对原料质量变化敏感,可保证产品质量稳定。

2.4 价格反应

原料市场价格多变,表4为模拟市场价格变化情况下的新电脑配方。可见用料发生大的变化,混料成本比原配方(表1)降低达每千克0.13~0.83元。说明优化模型适应市场变化,节约成本,择优取胜,有助于更大获利。

表3 鲜奶等质量变化模型配方调整反应 %

级 别	A	B	C	D
鲜牛奶 X_1				57.53
水牛奶 X_2		35.94	72.66	20.48
稀奶油 X_3	79.72	43.82	6.64	
黄 油 X_4	0.08			
全脂奶粉 X_7	5.90	4.94	4.40	2.98
砂 糖 X_{10}	14.00	15.00	16.00	16.00
混料成本 (元/kg)	4.24	3.56	2.92	1.78

表4 市场原料价格变化下优化配方 %

级 别	A	B	C	D
稀奶油 X_3	79.74	52.00	23.17	3.72
黄油 X_4	0.07			
全脂奶粉 X_7	5.89	9.78	14.18	12.34
砂 糖 X_{10}	14.00	15.00	16.00	16.00
水分 X_{12}		22.92	46.35	64.95
混料成本 (元/kg)	3.32	2.89	2.49	1.72

在华南农业大学乳品加工厂对企业定料下花牛奶和水牛奶 B, C 级电脑优化配方进行生产验证。表明电脑配方冰淇淋的膨胀率, 型体外现, 口感风味等俱佳, 得到品尝者良好反应。

3 小结

3.1 本电脑模型技术可快速地从多种原料中选择, 配合出满足多种成分质量要求的最优化冰淇淋配方。可从风味、口感、外观、型体和营养等多角度保证产品质量。通过模型寻优配合过程, 可最大化降低原料成本, 助于企业更多获利。

3.2 本电脑模型可对市场原料价格、质量变化; 作出快速灵敏地配方调整反应; 从而保证、稳定产品质量, 起监控企业产品质量作用。

3.3 用水牛奶及其制品配制中、高档冰淇淋成本比用花牛奶的更低。水牛奶适宜用于制作优质冰淇淋产品。

3.4 企业可用本电脑模型程序简单键盘操作, 便可实现上述功能。

致谢 感谢广东省科委科技发展处资助研究, 感谢华南农业大学乳品加工厂, 南海县水牛奶制品研究中心、三水县水牛奶制品厂等单位及个人帮助研究和提供试验条件。

参 考 文 献

- 1 巨智勇. 应用线性规划技术作家畜选种选配决策. 西北农业大学学报, 1988, 16 (1): 50~55
- 2 金世琳等. 乳品工业手册. 北京: 轻工业出版社, 1987. 141~151
- 3 张宗岩. 乳与乳制品的物理化学. 北京: 轻工业出版社, 1987. 84~151
- 4 瑞典阿法—拉伐公司编. 乳品手册. 北京: 农业出版社, 1986. 273~279
- 5 Arbuckle W S. Ice Cream, Westport, The A VI publishing Company, 1977. 1~216
- 6 Lincoln N L. Modern Dairy Products, New. York Chemical Publishing Company Inc. 1975. 249~269
- 7 Robinson R K. Modern Dairy Technology. London and New York; Elsevier Applied Science publishers, 1986. 215~260.

STUDIES ON THE OPTIMIZING MODEL OF ICE CREAM FORMULATION ON COMPUTER

Ju Zhiyong Han Gang

(Department of Animal Husbandry)

Abstract A linear programming model for optimizing ice cream formula was established, with least cost raw material taken as objective function; eight constraint equations based on relationships of quality requirement for milk fat, milk solids —No —fat, Sugar, total solids etc. The ice cream formulas of optimizat on cow and buffalo's milk products were computerized on the basis of different conditions of market bought material and enterprise self-provided material, involving high, medium and low grades. The sensitivity of the model upon changes of price and composition of raw materials was tested. The computer modelling technique formulated ice cream more quickly and exactly than the Pearson method and Algeba method etc. utilized presently by many enterprises, and saves costs and meets quality requirements.

Key words Ice cream; Linear programming model; Optimization; Product quality