

# 圣女果软糖最佳工艺参数组合的灰色分析

肖春玲

(山西师范大学生物技术与工程学院, 山西 临汾 041000)

**摘 要:** 为了解决圣女果软糖生产中工艺参数的不稳定性。我们采用多目标灰色组合决策原理对圣女果软糖生产中溶液的不同的 pH 值、果胶量、加糖量进行了灰色分析。结果表明: 以 pH 值 2.7~3.1、果胶含量 1.4%~1.6%、含糖量 60%~65%。制成的成品质地好, 色、香、味俱佳。

**关键词:** 圣女果软糖; 工艺; 灰色分析

Gray Analysis on Optimum Technology Parameters Constitution in Cherry-tomato Soft Sweet Production

XIAO Chun-ling

(School of Biological Technology and Engineering, Shanxi Teachers University, Linfen 041000, China)

**Abstract:** Due to the instability of technological parameters in cherry-tomato soft sweet production, the principle of gray analysis on multiple aims was adopted for the assessment of pH value, pectin agent, sugar. The results showed that the optimum product quality of cherry-tomato soft sweets was obtained with pH 2.7~3.1, 1.4%~1.6% pectin and 60%~65% sugar as the optimum processing condition.

**key words** cherry-tomato soft sweets; technological; grey analysis

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)02-0144-03

圣女果又叫水果番茄, 樱桃番茄。其形状多为鸡心形, 晶莹透彻, 营养丰富。长期食用不仅能美容抗衰老, 还有防病抗癌之功效。本文以圣女果为原料, 制作了一种新型食品——圣女果软糖, 其口感、风味远远高于普通的圣女果软糖。

在整个工艺参数确定中, 根据华中农业大学邓聚龙教授创立的灰色决策原理和方法, 对圣女果软糖生产中工艺参数进行多因素多水平的综合试验, 取得数据后进行了多目标灰色分析, 探求了各因素的最佳组合, 这种方法比用正交试验更能从多目标、多因素分析, 取得更佳的工艺参数<sup>[1]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

圣女果 山西山里红食品有限公司圣女果基地; 白砂糖(市售一级品) 广西隆安南华糖业有限责任公司; 柠檬酸、果胶、琼脂、卡拉胶、胭脂红均为食品级。

### 1.2 主要设备

PHS-2C 酸度计 上海伟业仪器厂; ZK-82A 手持折

光仪 成都泰华光学有限公司; 721型分光光度计 上海博汇真空设备有限公司; DMM 系列胶体磨 上海张堰轻工设备有限公司。

### 1.3 工艺流程

圣女果→热烫、去皮→榨汁机榨汁→加热至沸腾→真空浓缩→果胶加少量细白砂糖, 搅拌均匀→加入到 0.10%~0.15% 柠檬酸水中、混和均匀→加热至沸→依次加入白砂糖和浓缩圣女果汁→真空浓缩→至固形物含量达 68% 以上→加入柠檬酸(调整 pH 2.7~3.1)→出锅、成型凝胶→切块→烘干→包装<sup>[2]</sup>

### 1.4 因素及水平拟定

影响圣女果软糖凝胶的因素很多, 主要有溶液的 pH 值、果胶量、加糖量等因素<sup>[3]</sup>, 确定参数后, 在配料时分别加入。我们主要选取这三个因素, 在具体实验中, 我们取每个因素水平处理的中间值。

### 1.5 目标选定

评价圣女果软糖的指标有理化卫生、感官等方面, 我们主要以感官指标为准。组织专家及有一定品尝经验的工人共 30 人, 对产品品尝后打分(百分制), 取得分

收稿日期: 2004-11-16

基金项目: 国家星火计划(2003EA630016)

作者简介: 肖春玲(1966-), 女, 教授, 研究方向为食品科学。

表1 圣女果软糖凝胶的因素  
Table 1 The factors of cheery-tomato soft sweets condensed

序号	pH 值	果胶含量(%)	加糖量(%)
1	2.0~2.3	0.8~1.0	50~55
2	2.3~2.7	1.0~1.2	55~60
3	2.3~2.7	1.0~1.2	60~65
4	3.1~3.5	1.4~1.6	65~70

析数据。综合目标很多，我们确定了很直接参与的两个目标：色、香、味与质地。

### 1.6 数据分析

采用多目标局势决策的灰色分析法。分析不同因素对策组合下的效果 $r_{ijk}$ 。设：溶液的pH值对策为 $a_i$  ( $i=1、2、3、4$ )，果胶含量对策为 $b_j$  ( $j=1、2、3、4$ )，加糖量对策为 $c_k$  ( $k=1、2、3、4$ )

则决策元为： $r_{ijk}/S_{ijk}=r_{ijk}/[a_i, (b_j, c_k)]^{[3]}$

$S_{ijk}$  的意义为 3 种因素的不同水平组合。

## 2 结果与分析

2.1 将根据不同组合的产品制成后进行打分统计，如表 2。

2.2 效果测度的选择及其矩阵运算

本实验 2 个目标均属上限效果测定，即评分越高越好。各局势的效果测定 $r^t_{ijk}$  为 $r^t_{ijk}=U^t_{ijk}/U^t_{max}$ 。其中 $U^t_{ijk}$  表示 $S_{ijk}$  组合时第 $t$  ( $t=1、2、3、4$ ) 个目标的评价值。 $U^t_{max}$  为所有组合试验中目标组合的最高评价值。

色、香、味效果测度矩阵 $M^1=r^1_{ijk}$ ，质地的效果测度矩阵 $M^2=r^2_{ijk}^{[4]}$ 。

表2 三因素不同水平组合的达标数据  
Table 2 Assessment of three factors and levels constitution

pH 值	果胶	目 标							
		色、香、味(分)				质地(分)			
		加糖量(%)				加糖量(%)			
		50~55	55~60	60~65	65~70	50~55	55~60	60~65	65~70
2.0~2.3	0.8~1.0	50	53	58	60	52	60	60	56
	1.0~1.2	52	54	62	70	53	63	64	58
	1.2~1.4	54	56	67	68	54	65	66	61
	1.4~1.6	64	66	70	72	58	62	70	64
2.3~2.7	0.8~1.0	54	62	63	70	60	70	68	58
	1.0~1.2	58	65	68	71	63	72	71	60
	1.2~1.4	62	78	70	72	65	77	73	63
	1.4~1.6	66	80	72	74	66	70	76	62
2.7~3.1	0.8~1.0	64	70	75	79	60	62	82	78
	1.0~1.2	68	73	79	80	64	65	83	80
	1.2~1.4	66	78	88	85	73	68	80	84
	1.4~1.6	70	76	83	79	70	73	89	82
3.1~3.5	0.8~1.0	60	69	76	81	71	70	79	68
	1.0~1.2	65	72	74	80	70	74	81	73
	1.2~1.4	64	71	78	83	73	78	85	82
	1.4~1.6	62	76	80	78	76	70	88	80

$$M^1 = \begin{bmatrix} 0.568 & 0.590 & 0.614 & 0.727 & 0.614 & 0.659 & 0.705 & 0.750 & 0.727 & 0.772 & 0.75 & 0.795 & 0.682 & 0.739 & 0.727 & 0.705 \\ S111 & S121 & S131 & S141 & S211 & S221 & S231 & S241 & S311 & S321 & S331 & S341 & S411 & S421 & S431 & S441 \\ 0.602 & 0.613 & 0.636 & 0.75 & 0.705 & 0.739 & 0.886 & 0.909 & 0.795 & 0.830 & 0.886 & 0.863 & 0.784 & 0.818 & 0.807 & 0.863 \\ S112 & S122 & S132 & S142 & S212 & S222 & S232 & S242 & S312 & S322 & S332 & S342 & S412 & S422 & S432 & S442 \\ 0.659 & 0.704 & 0.761 & 0.795 & 0.716 & 0.773 & 0.795 & 0.818 & 0.852 & 0.898 & 1 & 0.943 & 0.863 & 0.841 & 0.886 & 0.909 \\ S113 & S123 & S133 & S143 & S213 & S223 & S233 & S243 & S313 & S323 & S333 & S343 & S413 & S423 & S433 & S443 \\ 0.681 & 0.795 & 0.772 & 0.818 & 0.795 & 0.807 & 0.818 & 0.841 & 0.898 & 0.909 & 0.966 & 0.9 & 0.920 & 0.909 & 0.943 & 0.886 \\ S114 & S124 & S134 & S144 & S214 & S224 & S234 & S244 & S314 & S324 & S334 & S344 & S414 & S424 & S434 & S444 \\ 0.584 & 0.596 & 0.607 & 0.652 & 0.674 & 0.708 & 0.742 & 0.674 & 0.674 & 0.719 & 0.820 & 0.787 & 0.798 & 0.787 & 0.820 & 0.854 \\ S111 & S121 & S131 & S141 & S211 & S221 & S231 & S241 & S311 & S321 & S331 & S341 & S411 & S421 & S431 & S441 \\ 0.674 & 0.708 & 0.730 & 0.697 & 0.787 & 0.809 & 0.787 & 0.787 & 0.697 & 0.730 & 0.764 & 0.820 & 0.787 & 0.831 & 0.876 & 0.787 \\ S112 & S122 & S132 & S142 & S212 & S222 & S232 & S242 & S312 & S322 & S332 & S342 & S412 & S422 & S432 & S442 \\ 0.674 & 0.719 & 0.742 & 0.787 & 0.764 & 0.798 & 0.854 & 0.921 & 0.921 & 0.932 & 0.876 & 1 & 0.888 & 0.910 & 0.955 & 0.99 \\ S113 & S123 & S133 & S143 & S213 & S223 & S233 & S243 & S313 & S323 & S333 & S343 & S413 & S423 & S433 & S443 \\ 0.629 & 0.652 & 0.685 & 0.719 & 0.652 & 0.674 & 0.697 & 0.876 & 0.876 & 0.899 & 0.944 & 0.921 & 0.764 & 0.820 & 0.921 & 0.899 \\ S114 & S124 & S134 & S144 & S214 & S224 & S234 & S244 & S314 & S324 & S334 & S344 & S414 & S424 & S434 & S444 \end{bmatrix}^T$$

$$M^2 = \begin{bmatrix} 0.584 & 0.596 & 0.607 & 0.652 & 0.674 & 0.708 & 0.742 & 0.674 & 0.674 & 0.719 & 0.820 & 0.787 & 0.798 & 0.787 & 0.820 & 0.854 \\ S111 & S121 & S131 & S141 & S211 & S221 & S231 & S241 & S311 & S321 & S331 & S341 & S411 & S421 & S431 & S441 \\ 0.674 & 0.708 & 0.730 & 0.697 & 0.787 & 0.809 & 0.787 & 0.787 & 0.697 & 0.730 & 0.764 & 0.820 & 0.787 & 0.831 & 0.876 & 0.787 \\ S112 & S122 & S132 & S142 & S212 & S222 & S232 & S242 & S312 & S322 & S332 & S342 & S412 & S422 & S432 & S442 \\ 0.674 & 0.719 & 0.742 & 0.787 & 0.764 & 0.798 & 0.854 & 0.921 & 0.921 & 0.932 & 0.876 & 1 & 0.888 & 0.910 & 0.955 & 0.99 \\ S113 & S123 & S133 & S143 & S213 & S223 & S233 & S243 & S313 & S323 & S333 & S343 & S413 & S423 & S433 & S443 \\ 0.629 & 0.652 & 0.685 & 0.719 & 0.652 & 0.674 & 0.697 & 0.876 & 0.876 & 0.899 & 0.944 & 0.921 & 0.764 & 0.820 & 0.921 & 0.899 \\ S114 & S124 & S134 & S144 & S214 & S224 & S234 & S244 & S314 & S324 & S334 & S344 & S414 & S424 & S434 & S444 \end{bmatrix}^T$$

注：T 表示行列转置。

$$M^E = \begin{bmatrix} \begin{matrix} 0.576 & 0.593 & 0.611 & 0.690 & 0.644 & 0.684 & 0.724 & 0.712 & 0.701 & 0.746 & 0.785 & 0.791 & 0.740 & 0.763 & 0.774 & 0.780 \\ S111 & S121 & S131 & S141 & S211 & S221 & S231 & S241 & S311 & S321 & S331 & S341 & S411 & S421 & S431 & S441 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0.638 & 0.661 & 0.683 & 0.724 & 0.746 & 0.774 & 0.837 & 0.848 & 0.746 & 0.780 & 0.825 & 0.842 & 0.786 & 0.825 & 0.842 & 0.825 \\ S112 & S122 & S132 & S142 & S212 & S222 & S232 & S242 & S312 & S322 & S332 & S342 & S412 & S422 & S432 & S442 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0.667 & 0.712 & 0.752 & 0.791 & 0.740 & 0.786 & 0.825 & 0.876 & 0.887 & 0.915 & 0.938 & 0.972 & 0.876 & 0.876 & 0.921 & 0.950 \\ S113 & S123 & S133 & S143 & S213 & S223 & S233 & S243 & S313 & S323 & S333 & S343 & S413 & S423 & S433 & S443 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0.655 & 0.724 & 0.729 & 0.769 & 0.724 & 0.741 & 0.758 & 0.859 & 0.886 & 0.904 & 0.955 & 0.909 & 0.842 & 0.865 & 0.932 & 0.893 \\ S114 & S124 & S134 & S144 & S214 & S224 & S234 & S244 & S314 & S324 & S334 & S344 & S414 & S424 & S434 & S444 \end{matrix} \end{bmatrix}^T$$

2.3 计算多目标矩阵  $M^E$ : 由上述计算  $M^E$  可得  $M^E = (r_{ijk}^E)$ 。

$$(r_{ijk}^E): \sum_{t=1}^3 (W^t r_{ijk}^t). \text{ 其中 } W \text{ 为权重, 表示目标 1、2}$$

各占的比例。我们确定  $W = (W^1, W^2) = (0.5, 0.5)$ 。

## 2.4 选择最优局势决策

按行选择 S113、S123、S133、S143、S212、S223、S232、S242、S313、S323、S334、S343、S413、S423、S433、S443,

按列选择: S341、S242、S343、S334,

共用组合 S242、S343、S334。

## 3 结 论

3.1 灰色分析结果表明: 本试验拟定参数的共有组合

表 3 不同水平工艺参数组合  
Table 3 Constitution of technology parameters

序号	pH 值	果胶量(%)	加糖量(%)	$S_{ijk}$
1(S242)	2.3~2.7	1.4~1.6	55~60	0.848
2(S343)	2.7~3.1	1.4~1.6	60~65	0.972
3(S334)	2.7~3.1	1.2~1.4	65~70	0.955

有三种:

3 种组合 S343 > S334 > S242, 因此 S343 为最佳工艺组合, 即 pH 在 2.7~3.1, 果胶量为 1.4%~1.6%, 加糖量为 60%~65%<sup>[5]</sup>。

3.2 圣女果软糖制作中应强化系统意识, 增加总体观念, 加强综合研究, 由过去的圣女果软糖单一目标决策转为现在圣女果软糖的多目标决策, 结果会更为自然客观、更切实际<sup>[6]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 邓聚龙. 灰色控制系统[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1988. 200-370.
- [2] 纪丽莲, 陈晓明. 含果蔬粒软糖的研制[J]. 食品科学, 1995, (4): 36-37.
- [3] 陈锦屏. 果品蔬菜加工学(第二版)[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1996. 176-178.
- [4] 肖春玲. 番茄软糖生产工艺技术的研究[J]. 食品科学, 2002, (12): 99-102.
- [5] 郭爱明. 面包生产中主要工艺参数最佳组合的多目标灰色分析[J]. 食品科学, 1994, (5): 53-56.
- [6] 张培正, 等. 猕猴桃果实的耐贮性构成因素的灰色关联分析[J]. 食品科学, 1991, (2): 10-12.



## 信息

日本东京大学教授竹内昌治与美国哈佛大学乔治·赫华德塞兹教授领导的联合研究小组开发出可人工控制长度的大肠杆菌, 联合研究小组还使大肠杆菌生长成为线圈状、“C”字状等各种形状。利用这种超长度多形状的大肠杆菌可以了解大肠杆菌细胞分裂的机理、细胞的机械特性以及细胞内信息传达等未知情况。由于该研究结果能够相对简单地控制细胞的形状, 将来有可能应用于生物微型马达的基本零件等制造领域。

大肠杆菌是约长 3 微米、宽 1 微米的橄榄球型单细胞微生物, 通过细胞分裂繁殖增加个体数量。但是, 投入头孢霉菌类抗生物质后, 大肠杆菌无法生成细胞分裂所必需的物质, 大肠杆菌就不会分裂成多数个体, 而是向超长生长。联合研究小组在容器中投入含有头孢霉菌类抗生物质的溶液, 使大肠杆菌生长至 60 微米。然后从容器中取出大肠杆菌, 放入含有头孢霉菌的溶液中, 这时细胞会利用周围的鞭毛移动, 不会改变形状而继续生长。如果把大肠杆菌放入不含头孢霉菌抗生物质的溶液中, 细胞就会开始个体分裂。

联合研究小组把线圈形状、“C”字形状的大肠杆菌放入直径为 10 至 20 微米大小的环形容器中培养, 大肠杆菌吸收营养后, 沿着容器的形状生长。用相同形状的容器培养, 就能制造出大批形状相同的大肠杆菌。