

运用回归分析方法控制酸奶的最终酸度

常建国 方式台 周 志

(合肥市保健食品厂) (无锡轻工业学院培训部)

摘 要

酸奶的酸度是影响口感的重要质量指标,运用数理统计学上的回归分析方法控制杆菌使用的百分比,从而使得产品的酸度稳定在满意的水平上。

主题词: 酸奶; 酸度; 回归分析; 相关; 置信度

1 概述

酸奶的酸度是消费者对质量最直接的感觉之一,酸度过高或过低都会直接影响产品的口感。

合肥市保健食品厂所生产的酸奶使用的是保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)和嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)的混合菌种。据有关资料介绍,嗜热链球菌产酸的最终酸度在0.8%左右,而保加利亚乳杆菌产酸的最终酸度可达1.6%,但它仅能产生强烈酸味,而无任何香味。如果两者混合使用,则能稳定周围介质的氧化还原电位,供给杆菌以较多可迅速同化的氮,并产生温和的奶油香味。显然,两种菌混合使用的比例与酸奶的最终酸度存在着一定的关系。但是,即使比例保持恒定,酸度也仍会有差异,就是说,两种菌的比例与酸奶的酸度之间并不具有确定的函数关系。这种两者之间既关系密切而又不十分确定的情形,在数理统计学上称为相关关系。数理统计学上的回归分析方法,是研究处理变量间相关关系的有力工具。为此,我们模拟实际生产条件,人为改变发酵剂中保加利亚乳杆菌所占的比例,在实验室中试制了一批酸奶,然后测定其酸度,最后对所得数据进行回归分析,从杆菌使用的比例去估计酸奶的酸度,并找出控制酸度的方法。

2 杆菌比例与酸度相关的回归方程的建立

设保加利亚乳杆菌所占的百分比为 x ,酸奶的最终酸度为 y ,在添加2%的工作发酵剂、保持恒温 $24^{\circ}\sim 44^{\circ}\text{C}$ 、培养10小时左右的工艺条件下,实验数据如表1。

表 1 杆菌比例与酸度值

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8
x (%)	55	50	45	40	35	30	25	20
y (%)	1.04	1.01	0.97	0.93	0.88	0.81	0.76	0.70

将每对实验数据在直角坐标系中描出, 得出所谓散点图(如图 1)。

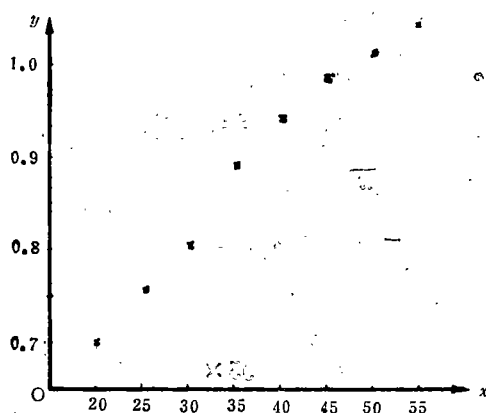


图 1 散点图

由散点图可以粗略地了解用什么形式的函数去估计这两个变量之间的关系式。由图可见, 在($20 \leq x \leq 55$)内, 各点几乎在一条直线上, 故可设线性回归方程:

$$\hat{y} = a + bx$$

$\hat{y}$ 表示估计值, 式中待定常数 a 、 b 可通过计算来确定。列表计算如表 2。

表 2 保加利亚杆菌的比例与酸奶酸度相关值的回归计算表

i	x	y	x^2	y^2	xy
1	55	1.04	3025	1.0816	57.2
2	50	1.01	2500	1.0201	50.5
3	45	0.97	2025	0.9409	43.7
4	40	0.93	1600	0.8649	37.2
5	35	0.88	1225	0.7744	30.8
6	30	0.81	900	0.6561	24.3
7	25	0.76	625	0.5776	19.0
8	20	0.70	400	0.4900	14.0
$\sum_{i=1}^8$	300	7.1	12300	6.4056	276.7

由表中计算可得

$$\bar{x} = 300/8 = 37.5, \quad \bar{y} = 7.1/8 = 0.8875$$

$$b = \frac{\sum x_i y_i - \frac{1}{n} (\sum x_i) (\sum y_i)}{\sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2} = \frac{276.7 - \frac{1}{8} \times 300 \times 7.1}{12300 - \frac{1}{8} \times (300)^2} = \frac{10.45}{1050} = 0.00995$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0.8875 - 0.00995 \times 37.5 = 0.51438$$

即得回归方程为:

$$\hat{y} = 0.51438 + 0.00995x$$

为检验上述回归方程的效果, 可以进行相关显著性的检验。可由

$$L_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2 = 1050$$

$$L_{yy} = \sum (y_i - \bar{y})^2 = 0.1056$$

得样本相关系数为:

$$r = b \sqrt{\frac{L_{xx}}{L_{yy}}} = 0.00995 \times \sqrt{\frac{1050}{0.1056}} = 0.99217$$

再由 $n=8$, 自由度 $f=n-2=6$, 查表得

显著性水平 $\alpha=0.05$ 时, $r_{0.05}=0.707$

显著性水平 $\alpha=0.01$ 时, $r_{0.01}=0.834$

而 $|r|=0.99217 > r_{0.05}=0.707$, 且又 $|r|=0.99217 > r_{0.01}=0.834$, 说明了此回归方程效果是高度显著的。

故知, 保加利亚乳杆菌的使用比例与酸奶的最终酸度之间存在着较好的线性相关关系。

3 酸奶最终酸度的预测和控制

根据以往生产和消费的经验, 认为酸奶的最终酸度在0.90%左右时, 其风味最好。按照质量要求, 可从回归方程进行计算

$$0.9 = 0.51438 + 0.00995x,$$

$$x = 38.7558$$

即当保加利亚乳杆菌使用的比例为38.7558%左右时, 酸度可基本上达到质量要求。实际上, 由于两者之间仅仅是一种相关关系, 这时的酸度不可能恰好为0.90%。为此, 要设法找出一个可靠的酸度范围。先计算剩余标准差

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{(1-r^2)L_{yy}}{n-2}} = \sqrt{\frac{0.015598 \times 0.1056}{8-2}} = 0.01657$$

如取95%的置信度, 可在坐标平面上作出两条与回归直线平行的直线(如图2)

$$y = a - 2\hat{\sigma} + bx, \quad \text{即 } y = 0.48125 + 0.00995x$$

$$y = a + 2\hat{\sigma} + bx, \quad y = 0.54752 + 0.00995x$$

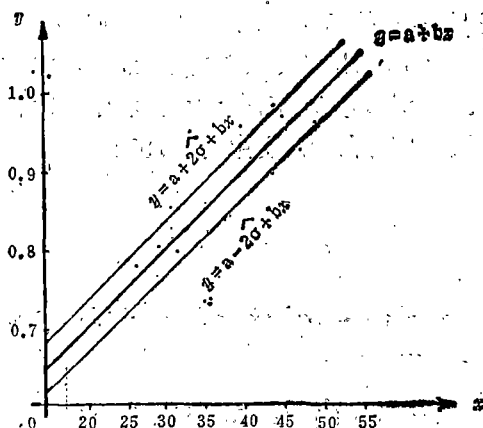


图2 预测区间图

则可以预计,在全部可能出现的 $\bar{y}$ 值中,大约有95%的点落在这两条直线之间的范围内。当取 $x = 38.7558$ 时,可求得 $y_1 = 0.86686$, $y_2 = 0.93314$,即得置信度为95%的 y 值的预测区间为

$$(0.86686, 0.93314)$$

也就是说,只要控制保加利亚乳杆菌使用的比例在38.76%附近,就有95%的把握可以预计酸奶的最终酸度将在上述范围(预测区间)内变化。这就保证了酸奶的基本质量。

4 结语与讨论

通过实际大生产的检验,证明我们得出的结论是正确的,酸奶的酸度一直稳定在良好的水平上。

当然,影响酸奶的酸度还有其他一些因素,例如由于发酵室和冷库温度的不稳定,或操作人员凭经验判断前发酵的终点欠准确,也会引起酸奶酸度的不稳定。但随着生产条件的改善和自动化程度的提高,这些因素都易得到控制。

为求得产品质量的稳定,通常我们希望最终酸度的预测区间不要太大,但这时置信度就会随预测区间的缩小而下降,反之,若想要提高置信度,预测区间必然就会增大。如果我们多进行几次试验,即增加实验数据的个数 n ,由于 n 的变大, $\hat{\sigma}$ 就相应地减小,就可以同时提高精度和置信度。这时,对酸度的回归分析的结果就对生产更具有指导意义,更能取得满意的质量效果。

参 考 文 献

- [1] 无锡轻工业学院, 天津轻工业学院. 食品工艺学. 北京: 轻工业出版社, 1985
- [2] 骆承庠, 刘文阁编译. 酸奶的加工. 中国畜产品加工协会内部发行, 1986
- [3] 中国科学院数学研究所. 常用数理统计方法. 北京: 科学出版社, 1973
- [4] 杨纪珂, 孙长鸣. 生产中的数理统计. 北京: 科学出版社, 1986
- [5] 邱健人. 食品品质管制学. 台湾复文书局, 1978

To Control the End-point of Acidity of Acidophilous Milk by the Method of Regression Analysis

Chang Jianguo Fang Shitai Zhou Zhi

Abstract

The ending acidity of acidophilous milk is an important quality index to affect mouth-feeling. We control the percentages of lactobacillus applied by the method of regression analysis in mathematical statistics. Then the acidity of the product is kept at a stable contented level.

Subjectwords, Acidophilous milk; Acidity, Regression analysis; Correlation; confidence