

二次通用旋转组合设计优化 Mozzarella 干酪的制作工艺参数

王浩¹, 刘会平¹, 杨勇²

(1. 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457) (2. 山西省肿瘤医院营养科, 山西太原 030013)

摘要: 通过采用三因子二次通用旋转组合试验设计, 研究了酪蛋白和脂肪比例 (C:F)、均质压力和均质温度对 Mozzarella 干酪品质的影响, 结果表明: 酪蛋白与脂肪比例和均质压力对 Mozzarella 干酪品质的影响极显著 ($p < 0.01$); 单因子效益为酪蛋白与脂肪比例 > 均质压力 > 均质温度; 酪蛋白与脂肪比例和均质温度之间以及均质压力和均质温度之间有明显的交互作用。Mozzarella 干酪的优化工艺参数为酪蛋白与脂肪比例 (C:F) 0.9, 均质压力 6 MPa, 均质温度 65 °C。在此工艺条件下, 感官评分达到 13.05, 为最佳。

关键词: Mozzarella 干酪; 工艺参数; 优化; 均质

文章编号: 1673-9078(2012)9-1173-1176

Optimization of Mozzarella Cheese Processing Parameters by Quadratic General Rotation Unitized Design

WANG Hao¹, LIU Hui-ping¹, YANG Yong²

(1. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

(2. Shanxi Cancer Hospital of Nutritional Department, Taiyuan 030013, China)

Abstract: By using three-element quadratic current revolving design, the effects of fat content and homogenization on quality of Mozzarella cheese were studied. Results showed that ration of casein to fat (C:F) and the homogeneous pressure had very significant influence on the quality of Mozzarella cheese ($p < 0.01$). The influencing sequence of the parameters from significant to common was C:F, homogenization pressure and homogenization temperature. The interaction between C:F value and homogeneous temperature and the interaction between homogeneous pressure and homogeneous temperature was significant. The optimized processing parameters of Mozzarella cheese were C:F (0.9), the homogeneous pressure (6 MPa) and the homogeneous temperature (65 °C). Under these conditions, the highest sensory evaluation score was achieved as 13.05.

Key words: mozzarella cheese; technologic parameter; optimization; homogenization

Mozzarella 干酪属于意大利 *Pasta filata* (帕斯特-费拉特) 干酪, 其酶凝过程和形成的凝乳与其它干酪非常相似, 但在后期生产过程中增加了一个独特的加工步骤, 那就是将凝乳在热水或乳清中热烫拉伸。这样的处理赋予成品干酪特有的纤维结构、融化性和拉丝性^[1,2,3]。

在近几年, 发达国家出于对高脂肪、高热量食品的恐惧, 消费者对部分脱脂、低脂和无脂的乳制品需求越来越多, 有资料表明, 1989 年美国低脂和无脂酸奶约占酸奶总量的 80%, 低脂和脱脂乳占液态乳的

60%, 占冷饮市场的 31%。在发达国家, 由于青少年越来越青睐于像披萨这样的快餐食物^[4], 而且它还能给较温和的食物添加风味^[5], 这使得比萨干酪的消费量持续上升, 所以对部分脱脂、低脂和无脂的 Mozzarella 干酪的研究十分活跃^[6]。据统计, 1992 年的所有低脂产品 (Reduced fat dairy) 的 36% 是干酪。中国对 Mozzarella 干酪的研究处于起步阶段, 对含脂率和均质对 Mozzarella 干酪品质之间的关系研究甚少。鉴于此, 本文利用三因素二次通用旋转设计分析 Mozzarella 干酪与含脂率和均质之间的关系。为建立我国 Mozzarella 干酪工业化生产工艺体系和选取优化加工工艺找到适合国人口味的干酪提供一些依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

收稿日期: 2012-05-11

基金项目: 天津市科技计划项目资助 (08ZHNZ002500); 天津科技大学引进人才科研启动资金 (20080420)

作者简介: 王浩 (1988-), 男, 硕士研究生, 主要从事乳制品加工的研究

通讯作者: 刘会平

1.1.1 原料乳

新鲜无抗牛乳，购于山西农业大学牧站，比重 1.030，干物质 11.05%，蛋白含量 3.03%。

1.1.2 供试菌种^[7]

唾液链球菌嗜热亚种 (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) CH9 和保加利亚德氏乳杆菌 (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) LB 两株菌，并经过充分活化，作为供试菌株，来源于山西农业大学畜产品实验室。

1.1.3 皱胃酶

Stamix 1150, CHR HANSEN 生产，活力为 35000 U/g。

1.1.4 主要仪器

盖勃乳脂计：黑龙江龙泽科技发展有限公司；乳脂分离机：黑龙江东宁银河贸易有限责任公司；高压均质机 SHP-60-60：上海科技技术大学机电厂；精密酸度计 pH211：上海雷兹仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 Mozzarella 干酪的加工工艺

不同于传统的 Mozzarella 干酪工艺^[8]，采用无盐渍新工艺^[2]。

原料乳过滤→标准化(调整 C:F)→均质→巴氏杀菌(63℃, 30 min)→冷却(至 36℃)→加发酵剂(0.5%)→加凝乳酶→凝乳→切割→加热收缩(38℃)→排乳清→堆酿(pH 5.25)→粉碎加盐→热烫、拉伸(58℃)→冷却→真空包装→成熟

1.2.2 实验设计

以 C:F、均质压力和均质温度为试验因子，利用三因素二次旋转设计^[9,10]选择优化工艺参数^[11,12]。主要以 Mozzarella 干酪的感官评分为指标作为 Y 值。试验的因素水平编码值见表 1。

表 1 三因子二次通用旋转组合设计因素水平编码表

X _j	X ₁	X ₂	X ₃	C:F	均质压力/MPa	均质温度/℃
-r	-1.682	-1.682	-1.682	0.7	0	62
-1	-1	-1	-1	0.9	2	63
0	0	0	0	1.2	6	65
1	1	1	1	1.5	10	67
+r	1.682	1.682	1.682	1.7	12	68

1.2.3 感官评定方法

采用 15 分制的评分方法，评定项目为：未融化干酪的特性：滋味和气味、组织结构、弹性，权重分别为 1、1、1.5；融化干酪的特性：融化性、油脂析出性，权重分别为 0.5 和 1，其中除滋味和气味、组织结构凭主观评判外，其余均以客观测定值为指标，选取 9 名

经过训练的人员进行感官评定。

2 结果与分析

2.1 三因素二次通用旋转设计的试验结果

采用三因素二次通用旋转设计实施试验，研究各因素对 Mozzarella 干酪品质的影响，并优化生产工艺参数。试验结果如表 2 所示。

表 2 三因子二次通用旋转组合设计试验结果

实验号	X ₁	X ₂	X ₃	感官评分
1	1	1	1	9.82
2	1	1	-1	10.02
3	1	-1	1	10.23
4	1	-1	-1	11.45
5	-1	1	1	12.26
6	-1	1	-1	10.69
7	-1	-1	1	13.20
8	-1	-1	-1	13.23
9	1.682	0	0	9.28
10	-1.682	0	0	13.15
11	0	1.682	0	10.28
12	0	-1.682	0	11.37
13	0	0	1.682	11.28
14	0	0	-1.682	12.46
15	0	0	0	10.28
16	0	0	0	11.02
17	0	0	0	10.89
18	0	0	0	10.27
19	0	0	0	10.64
20	0	0	0	10.49

2.2 模型的建立与统计检验

对感官评定值数据经多元回归分析，得出的回归方程为：

$$Y=10.7226-1.0521X_1-0.5238X_2-0.1365X_3+0.2050X_1X_2-0.3700X_1X_3+0.3275X_2X_3+0.1789X_1^2+0.0410X_2^2+0.4105X_3^2$$

对方程的回归因子进行统计检验。回归方程失拟检验 $F_1=2.0917 < F_{0.05}(5,5)=5.05$ ，检验不显著，说明未知因子对试验结果干扰很小，拟和检验 $F_2=18.7674^{**} > F_{0.01}(9,10)=4.94$ ，检验极显著，说明该方程与实际情况拟合很好，正确反映了 Mozzarella 干酪感官评分与 C:F、均质压力和均质温度间的关系。且复相关系数 $R=0.9717$ ，说明此回归方程在试验点上有意义，干酪的感官评定与 C:F、均质压力、均质温度之间存在高度相关关系。

为了证明各试验因子对方程的贡献大小, 对各偏回归系数进行了 F 检验, 结果见表 3。

表 3 干酪感官评分多元回归分析系数检验表

Table 3 Coefficient test of multiple regression analysis in sensory perception

回归系数	F 值	回归系数	F 值		
B ₁	-1.0521	105.8827**	B ₂₃	0.3275	6.0098*
B ₂	-0.5238	26.2419**	B ₁₁	0.1789	3.2302
B ₃	-0.1365	1.7829	B ₂₂	0.0410	0.1697
B ₁₂	0.2050	2.3548	B ₃₃	0.4105	17.0065**
B ₁₃	-0.3700	7.6709*			

注: *表示在 5% 水平上差异显著, **表示在 1% 水平上差异极显著。F_{0.05}(1,10)=4.96 F_{0.01}(1,10)=10

从表 3 可知, C:F 和均质压力对感官评定的影响极显著, 均质温度影响不显著。从交互项的回归系数可知, X₁ 和 X₃ 之间以及 X₂ 和 X₃ 之间有明显的交互作用。

2.3 主因子效应分析

由于方程是经无量纲线性编码代换后所得, 方程中各项回归系数已经标准化, 因此可以直接比较其绝对值的大小来判断各因子的重要性。从线性项看, |B₁| > |B₂| > |B₃|, 说明 C:F 对感官评定值的影响最大, 其次是均质压力和均质温度, 且它们对感官评定的影响是负值, 说明它们的升高对干酪的品质不利。

2.4 单因子效应分析

采用降维分析方法, 把其他两因子固定在 0 水平, 分别得到 C:F、均质压力、均质温度的单因子效应曲线见图 1。描述单个因子变动对于酪感官评定值的影响。

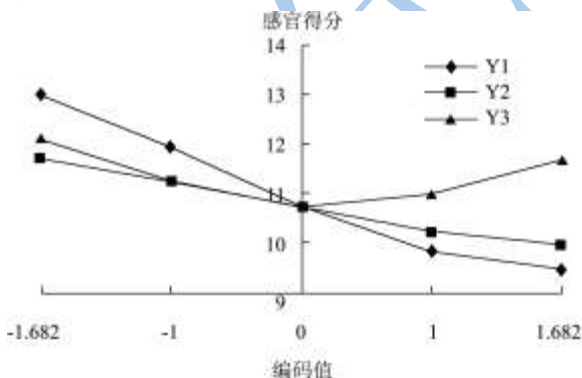


图 1 Mozzarella 干酪感官评定单因子效应曲线

Fig.1 The curve of single factor effect on sensory perception of Mozzarella cheese

由图 1 可以看出在试验点范围内干酪感官评分值随 C:F 的增加而降低, 随均质压力的增大而降低。均质温度对于酪感官评分值的影响较小。

2.5 干酪感官评定的因子交互作用分析

由表 3 可知, X₁ 与 X₃ 以及 X₂ 与 X₃ 之间存在显著的交互作用, 而其他因子之间的交互作用不显著。交互作用揭示了各因子之间的内在联系。分别采用降维法, 将 X₂ 固定在 0 水平, 分析 X₁ 与 X₃ 之间的交互作用。交互作用曲面图如图 2 所示。

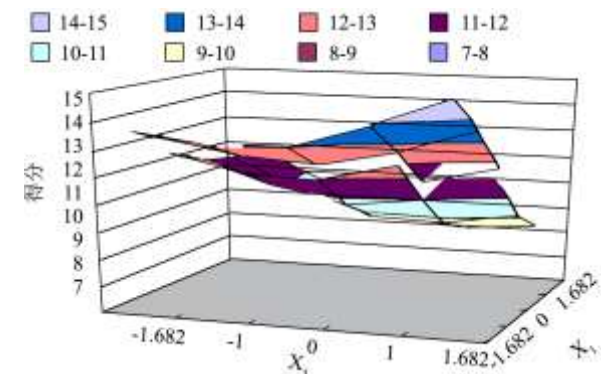


图 2 X₁ 与 X₃ 交互作用图

Fig.2 The interaction between X₁ and X₃

从 X₁ 与 X₃ 的交互图可以看出, 当 X₁ 与 X₃ 处于低编码值时, 二者交互作用显著, Y 值处于较高水平, 即低的酪蛋白与脂肪比例和低的均质温度对于酪的感官评定值是有利的; 随着 X₁ 与 X₃ 编码值的增加, Y 值明显下降并处于较低的水平, 即高的酪蛋白与脂肪比例和高的均质温度对于酪的感官评定值有负效应。

采用降维法, 将 X₁ 固定在 0 水平, 分析 X₂ 与 X₃ 之间的交互作用。交互作用曲面图如图 3 所示。

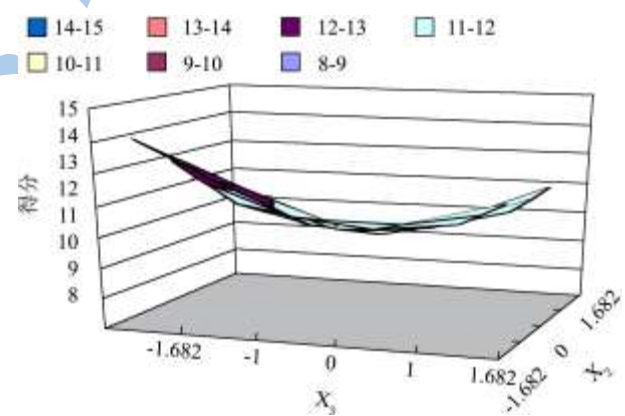


图 3 X₂ 与 X₃ 交互作用图

Fig.3 The interaction between X₂ and X₃

从 X₂ 与 X₃ 的交互图可以看出, 当 X₂ 与 X₃ 处于低编码值时, 二者交互作用显著, Y 值处于较高水平, 即低的均质压力和低的均质温度对于酪的感官评定值是正效应; 随着 X₂ 与 X₃ 编码值的增加, Y 值先下降后又有上升趋势并处于较低的水平, 呈鞍型曲面, 即高的均质压力和高的均质温度对于酪的感官评定值也有协同效应。

2.6 因素水平的优化组合

从以上三种因素 (C:F、均质压力、均质温度) 对

干酪感官评定影响的变化规律来看,要使干酪有较高的感官评定值。根据以上情况综合分析,我们认为在编码值-1到+1的范围内取值,就可以满足这种要求,同时,根据二次通用旋转组合设计的原理可知,在 $0 < \rho < 1$ 的范围内,可以直接根据 \hat{y} 值的大小来判断各实验点的好坏且误差较小,根据统计优选法,我们取C:F为0.9、均质压力为6 MPa、均质温度为65 °C作为试验点内的较优组合。

3 结论

3.1 酪蛋白与脂肪比例和均质压力对Mozzarella干酪品质的影响极显著($p < 0.01$);主因子效益为酪蛋白与脂肪比例>均质压力>均质温度;酪蛋白与脂肪比例和均质温度之间以及均质压力和均质温度之间有明显的交互作用,在较低的C:F比例和均质压力组合时感官评定值较高。

3.2 通过三因素二次通用旋转组合设计,优选出Mozzarella干酪适合的工艺参数为:酪蛋白与脂肪比例(C:F)0.9、均质压力6 MPa、均质温度65 °C。在此工艺条件下的感官评分最高,为13.05。

参考文献

- [1] Ralph Early. The Technology of Dairy Products [M]. Blackie America & Professional. London: An import of Chapman & Hall, 1998
- [2] 刘会平,南庆贤,马长伟.Mozzarella干酪生产工艺的优化[J].

- 中国乳品工业,2003,31(3):3-6
- [3] 冯文燕,尹长林,黄珊珊,等.非成熟Mozzarella干酪的品质研究[J].现代食品科技,2011,27(2):158-161
- [4] Jana A.H., Patel H.G., Suneeta Pinto, et al. Quality of casein based Mozzarella cheese analogue as affected by stabilizer blends [J]. J Food Sci. Technol., 2010, 47(2): 240-242
- [5] John A. Lucey. Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient [J]. Dairy Sci. Technol., 2008, 88: 573-594
- [6] Kneifel W, Kaufmann M, Fleischer A. Screening of commercially available mesophilic dairy starter cultures: biochemical, sensory, and microbiological properties [J]. Journal of Dairy Science, 1992, 75(11): 3158-3166
- [7] 刘会平,南庆贤,马长伟.Mozzarella干酪生产用菌种的筛选[J].中国乳品工业,2003,31(2):6-8
- [8] 张士敏,郑华,麦婉珊,等.Mozzarella干酪功能特性的研究进展[J].现代食品科技,2008,34(3):290-292
- [9] 袁志发.试验设计与分析[M].北京:高等教育出版社,2000
- [10] 刘会平,南庆贤,马长伟,等.不同工艺参数对Mozzarella干酪质构和功能特性的影响[J].中国食品学报,2006,6(2):20-28
- [11] Yun J J, Barbano D M, Kindstedt P S. Mozzarella cheese: impact of coagulant type on functional properties [J]. J. Dairy Sci., 1993, 76(12): 3657-3663
- [12] Wang C J, Moyes A L, Brown R J, et al. Effects of proteolytic activity of thermolactic cultures on physical properties of Mozzarella cheese [J]. J. Dairy Sci, 1991, 74(2): 389-397