

# 含有加州杏仁皮的酸面团发酵面条的 剪切质构特性研究

靳翔<sup>1</sup>, 黄卫宁<sup>1,\*</sup>, RAYAS-DUARTE Patricia<sup>2</sup>, HUANG G<sup>3</sup>, SAITAMA Kristi<sup>3</sup>

(1. 江南大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122

2. 美国俄克拉荷马州立大学农产品与食品研究中心, 美国 俄克拉荷马 斯蒂尔沃特 74078

3. 美国加州杏仁商会, 美国 加利福尼亚 莫德斯托 95354)

**摘要:** 本实验主要在传统的面条工艺基础上, 研究影响含有加州杏仁皮的经自然发酵酸面团(发酵剂)发酵的风味面条剪切质构特性的关键因素。结果表明, 发酵剂的发酵时间和添加量及杏仁皮添加量对酸面团发酵面条的最大剪切力的影响显著。应用响应面分析法建立了描述各因素与最大剪切力之间关系的回归模型, 最大剪切力的回归方程的 $R^2$ 为0.9562, 说明响应面法可以作为推测研究发酵剂的发酵时间和添加量及杏仁皮添加量各因素以及它们之间的交互作用对酸面团发酵面条品质(剪切质构特性)影响效果的适宜方法。最后, 通过岭脊分析得到制备含有加州杏仁皮的酸面团发酵面条的最佳工艺条件是发酵剂发酵时间33h、发酵剂量5%、杏仁皮量3%。

**关键词:** 酸面团发酵面条; 加州杏仁皮; 自然发酵酸面团; 响应面法

Study on Shearing Texture Property of Sourdough Noodle Containing California Almond Bran

JIN Xiang<sup>1</sup>, HUANG Wei-ning<sup>1,\*</sup>, RAYAS-DUARTE Patricia<sup>2</sup>, HUANG G<sup>3</sup>, SAITAMA Kristi<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China

2. Food and Agriculture Products Research Center, Oklahoma State University, Stillwater, OK 74078-6055, USA

3. Almond Board of California, Modesto, CA 95354, USA)

**Abstract:** The effect of spontaneous sourdough starter and California almond bran on the shearing texture property of sourdough noodle was studied based on a traditional noodle process in this joint international project. The results obtained showed that the fermentation time and amount of spontaneous sourdough starter, the amount of almond bran had a notable impact on maximum shear force of sourdough noodle. Response surface methodology was used to establish the relations between factors and dependent variables. The model for maximum shear force demonstrated good correlation with measured data with  $R^2$  values, being 0.9562, indicating that it is suitable and response surface methodology can be a useful tool to predict the effects of the fermentation time and amount of spontaneous sourdough starter, the amount of the almond bran on sourdough noodle shearing quality. Eventually, the optimal conditions for the making of sourdough noodle containing the almond bran were determined by ridge analysis as follows: the fermentation time of spontaneous sourdough is 33h, the amount of spontaneous sourdough is 5%, and the amount of almond bran is 3%.

**Key words** sourdough noodle; California almond bran; spontaneous sourdough starter; response surface methodology  
中图分类号: TS210.1 文献标识码: A 文章编号: 1002-6630(2008)03-0162-05

近些年来, 国内外已经有研究者致力于营养健康类面条新产品的开发和功能配料的应用研究。如应用营养丰富的豆类(大豆粉、鹰嘴豆粉等)强化小麦粉面条, 在

增加面条蛋白含量的同时, 也改善了面条的品质<sup>[1-2]</sup>; Ozony 等研究者向实心细面条中添加甜菜皮, 在增加其膳食纤维含量的同时, 也解决了甜菜厂副产品的利用问

收稿日期: 2007-08-31

基金项目: 美国加州杏仁商会交流与合作项目

作者简介: 靳翔(1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向为谷物化学、烘焙食品科学、功能配料和食品添加剂。

E-mail: jinxiang198322@126.com

\* 通讯作者: 黄卫宁(1963-), 男, 教授, 博士, 研究方向为谷物化学、食品烘焙与发酵技术。E-mail: wnhuang@jiangnan.edu.cn

题<sup>[3]</sup>;日本、荷兰及中国等国的一批研究人员利用改进发酵工艺过程或条件来改善面条品质,如通过酵母发酵、乳酸菌菌悬液发酵、或将经发酵过的豆类加入到面团中等多种不同的工艺研究出新型的风味面条<sup>[4-8]</sup>。

自然发酵酸面团是指利用面粉中天然存在的微生物的发酵作用制作的含有大量乳酸菌的酸性面团。自然发酵酸面团中微生物成分复杂,在自然发酵酸面团发酵过程中微生物之间以及微生物与各组分之间相互作用,生成大量风味物质,是一个复杂的生化体系。自然发酵酸面团中的大量乳酸菌及其发酵产物,对人体健康非常有益,对小麦面粉蛋白质的功能性有积极作用,其次可提高矿物质的生物利用率来提高终产品的营养价值,另外还有抑制有害微生物繁殖和改善产品风味的作用<sup>[9-19]</sup>。加州杏仁皮是美国加州杏仁加工处理的副产物,很少被利用,其含有丰富的膳食纤维和多酚类物质,食用杏仁皮粉能使人体内类黄酮和维生素E的含量显著增加,可起到降低胆固醇的作用,另外在抗衰老、促进心脏健康和减肥方面也有显著的效果<sup>[20]</sup>;以美国加州杏仁皮为功能配料,用其取代部分面条粉,并结合在国外发展已久的酸面团工艺技术,研究出一种中国传统与西方文化相结合的新型面条,具有美国加州杏仁和自然发酵酸面团的双重营养和保健的特点,同时为面条家族增添了一个新的品种。

迄今为止,国内外关于自然发酵酸面团的研究主要集中在面包类烘焙食品上,而自然发酵酸面团发酵面条的研究尚未见报道。本实验的主要目的是运用响应面法研究发酵剂发酵时间和添加量及杏仁皮添加量对酸面团发酵面条剪切质构特性的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

杏仁皮 美国加州杏仁商会 面条粉 江苏海福食品有限公司。

面条机 山东龙口复兴机械有限公司;TA-XT2i 物性测试仪 英国 SMS 公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 自然发酵酸面团(发酵剂)的制备

将面条粉和水(比例为 0.75:1)混匀置于 30℃ 培养箱中,自然发酵 18、33 或 48 h。

#### 1.2.2 酸面团发酵面条的制备

将面条粉(100g)与一定量的杏仁皮粉、发酵剂(均基于面粉的百分比)混匀,加入溶有食盐(2g)的水(32g)和面 3min,室温(约 20℃)下静置 30min,面条机上复合压延,切割成形,晾干。

#### 1.2.3 面条 pH 值的测定

根据 AACC 方法(2000)02-52,略有改动。称取 10g 鲜湿面条,并将其粉碎放入烧杯中,加入 90ml 无 CO<sub>2</sub> 的蒸馏水,用磁力搅拌器搅拌 30s,静置 15min 后用 pH 计测定。重复 3 次取平均值。

#### 1.2.4 面条烹煮损失的测定

将 10g 面条置于 300ml 沸腾蒸馏水中烹煮至面条内部白芯消失,捞出煮面将煮面水放在 100℃ 烘箱中蒸发至恒重,测定残留固形物含量即为烹煮损失<sup>[1]</sup>。

$$\text{烹煮损失}(\%) = \frac{\text{带残留物烧杯重} - \text{空烧杯重}}{\text{面条重}} \times 100$$

#### 1.2.5 烹煮后面条的剪切测定

对面条进行量化的品质评价指标有许多,而最大剪切力参数与面条感官评价的诸多指标呈高度显著正相关,且将其用来预测面条的品质更为方便、快捷<sup>[21]</sup>。故本实验选用最大剪切力作为评价熟面条品质的一个重要指标。称取 10g 面条置于 300ml 沸腾蒸馏水中烹煮至面条内部白芯消失,煮面捞出沥干后用物性测试仪测定,每个样品测定 10 次取平均值<sup>[21-22]</sup>。

物性测试仪剪切实验参数为探头 A/LKB,切割速度 0.8mm/s,形变 90%;记录时间—剪切力曲线,典型的面条剪切质构特征曲线如图 1 所示,最大剪切力即为曲线上最高点所对应的力。

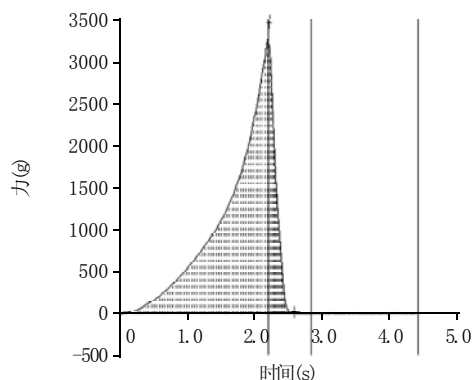


图1 典型的面条剪切质构特征曲线

Fig.1 Typical texture features curve of shear test

#### 1.2.6 试验设计

本实验采用中心组合试验设计,以发酵剂发酵时间、发酵剂量、杏仁皮量三个因素为自变量,每个因素取三个水平,以酸面团发酵面条的最大剪切力为响应值设计试验,如表 1、表 2 所示,采用 SAS 软件对数据进行统计分析<sup>[23]</sup>。如表 2 所示,试验点共有 20 个,零点试验重复 6 次,以估计试验误差。

## 2 结果与分析

表1 中心组合试验因素水平编码表  
Table 1 Factors and levels of central composite design

因素		编码水平		
		-1	0	1
$X_1$	发酵剂发酵时间(h)	18	33	48
$X_2$	发酵剂量(%)	5	10	15
$X_3$	杏仁皮量(%)	3	6	9

表2 响应面分析及试验结果  
Table 2 Response surface analysis and test results

试验号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	最大剪切力(g)
1	-1	-1	-1	281.15
2	-1	-1	1	200.62
3	-1	1	-1	239.04
4	-1	1	1	163.95
5	1	-1	-1	243.67
6	1	-1	1	174.11
7	1	1	-1	200.79
8	1	1	1	157.76
9	-1.68179	0	0	218.32
10	1.681793	0	0	189.91
11	0	-1.68179	0	271.96
12	0	1.681793	0	178.21
13	0	0	-1.68179	258.18
14	0	0	1.681793	154.00
15	0	0	0	206.16
16	0	0	0	236.07
17	0	0	0	226.09
18	0	0	0	219.30
19	0	0	0	220.15
20	0	0	0	230.24

用 SAS RSREG 程序对这 20 个试验点的最大剪切力进行回归分析, 可得最大剪切力回归方程的方差分析表(表3)。由表3可知, 发酵剂的发酵时间和添加量及杏仁皮的添加量对面条的剪切力影响高度显著( $p < 0.01$ ), 发酵剂发酵时间的平方和杏仁皮添加量的平方的影响也较为显著( $p < 0.05$ )。各因素经回归拟合后, 得最大剪切力回归方程: 最大剪切力 =  $344.2946 + 0.366443X_1 - 7.011468X_2 - 8.489819X_3 - 0.032909X_1X_1 + 0.032583X_1X_2 +$

$0.119528X_1X_3 + 0.000381X_2X_2 + 0.266417X_2X_3 - 0.745136X_3X_3$ 。由表4可知, 酸面团发酵面条的最大剪切力方程的复相关系数的平方为 0.9562, 说明回归方程的拟合程度较好。

表4 最大剪切力模型的可信度分析的统计检验结果  
Table 4 Statistical results of credibility analysis of maximum shear force model

复相关系数的平方	复相关系数	模型误差的平方根	变异系数
0.9562	0.9168	10.552420	4.942954

发酵剂发酵时间和添加量及杏仁皮添加量对酸面团发酵面条最大剪切力影响的二次响应面的直观三维图像如图2所示。在面条的物性测试仪剪切实验中, 最大剪切力反映了面条烹煮后熟面条的硬度。从图2可以看出, 随着发酵剂发酵时间的延长和其添加量的增加, 熟面条的最大剪切力减小; 与上述两个因素相比较而言, 杏仁皮添加的越多, 最大剪切力下降的会更快。许多国内外学者已经发现面条品质的好坏与其蛋白质含量多少和质量好坏有很大关系<sup>[24]</sup>。高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)对最大剪切力影响较大, 酸面团在自然发酵过程中, 可能由于其高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)解聚而改变了面筋蛋白的网状结构<sup>[25]</sup>, 从而导致面条硬度下降<sup>[26]</sup>, 这也与 OH N H<sup>[27]</sup>等人的报道也相一致。杏仁皮虽富含膳食纤维等营养素, 但它的引入会稀释面粉中的蛋白质, 从而引起面团中面筋网络结构的疏散或弱化<sup>[1]</sup>。

酸面团发酵面条剪切质构的响应面试验中, 我们也测定了其相应的 pH 值和烹煮损失。试验测得样品的 pH 范围在 4.76~5.80, 较之空白(不添加发酵剂和杏仁皮的面条) pH 值 5.92 有明显的下降, 这对于产品的保藏是有利的, 酸面团发酵可延长保质期也符合消费者寻求天然无添加剂食品的需求, 这值得进一步深入探讨。试验测得面条的烹煮损失在 5.2% 到 8.3% 之间, 虽比空白 4.7% 有所升高, 但仍低于行业标准(10%)<sup>[22, 28]</sup>, 因此是

表3 最大剪切力回归方程的方差分析表  
Table 3 Analysis of variance of maximum shear force regression equation

方差来源	自由度	平方和	均方	F 值	Pr > F
$X_1$ (发酵时间)	1	1786.754000	1786.754000	16.045790	0.002495
$X_2$ (发酵剂量)	1	6401.584000	6401.584000	57.488860	0.000100
$X_3$ (杏仁皮量)	1	14397.200000	14397.200000	129.292800	0.000100
$X_1X_1$	1	790.121900	790.121900	7.095619	0.023746
$X_1X_2$	1	47.775310	47.775310	0.429042	0.527239
$X_1X_3$	1	231.447600	231.447600	2.078495	0.179962
$X_2X_2$	1	0.001305	0.001305	0.000012	0.997336
$X_2X_3$	1	127.760100	127.760100	1.147338	0.309278
$X_3X_3$	1	648.124500	648.124500	5.820425	0.036523
回归	9	24325.770000	2702.863000	24.272820	0.000100
参差	10	1113.535000	111.353500		
总离差	19	25439.310000			

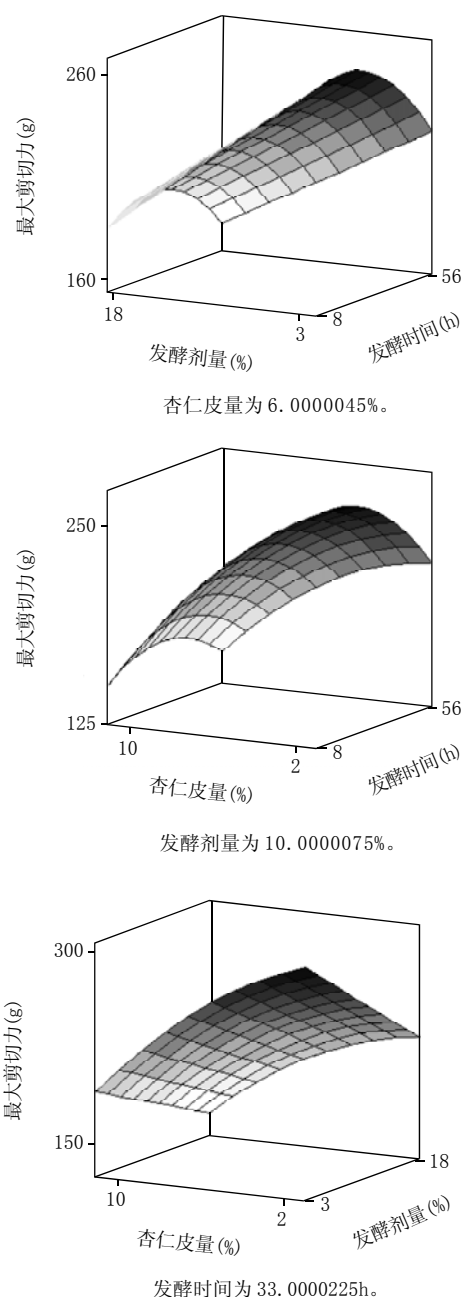


图2 各因素对酸面团发酵面条最大剪切力影响的二次响应面的直观三维图像

Fig.2 Stereogram of response surface analysis of factors influencing the shear force of sourdough noodle

可以接受的。综合考虑发酵剂和杏仁皮的营养价值及它们对面条品质的影响,通过岭脊分析,我们得出制备酸面团发酵面条的最佳工艺参数为发酵剂发酵时间33h、发酵剂添加量5%、杏仁皮添加量3%;此时酸面团发酵面条的pH值、烹煮损失和最大剪切力分别为5.5、5.3%和274.57g。

### 3 结论

通过对影响酸面团发酵面条的最大剪切力各影响因素的研究,可以得出如下结论:

3.1 酸面团发酵剂的发酵时间和添加量及杏仁皮量均可使面条的最大剪切力下降,这可能是面筋蛋白质网络结构遭到一定的破坏所致。

3.2 所建回归模型分析表明响应面法可以作为推测研究发酵剂发酵时间、发酵剂量及杏仁皮量各因素对酸面团发酵面条最大剪切力影响效果的适宜方法。

3.3 通过岭脊分析得出制备酸面团发酵面条的最佳工艺参数为:发酵剂发酵时间33h、发酵剂添加量5%、杏仁皮添加量3%。此时酸面团发酵面条的pH值、烹煮损失和最大剪切力分别为5.5、5.3%和274.57g。所研发的面条新产品不仅具有较高的营养价值和特殊的风味,而且质量达到中国挂面行业标准,本研究为美国加州杏仁在中式传统食品中的应用提供了初步的基础理论信息。

### 参考文献:

- [1] 郑建仙. 功能性膳食纤维[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 65.
- [2] LEE L, BALK B K, CZUCHAJOWSKA Z. Garbanzo bean flour usage in cantonese noodles[J]. J of Food Sci, 1998, 63(3): 552-558.
- [3] ÖZBOY O, KÖKSEL H. Effects of sugar beet fiber on spaghetti quality[J]. Zuckerindustriel, 2000, 125(4): 248-250.
- [4] 郑琳, 李波. 番茄营养发酵面条的研制[J]. 粮食与饲料工业, 2003(4): 39-41.
- [5] BABA T. Fermented alkaline noodles and their manufacture methods. Japan: Kokai Tokyo Koho, 2873672[P].
- [6] SAWATARIA, SUGIYAMAB H, SUZUKIB Y, et al. Development of fermented instant Chinese noodle using *Lactobacillus plantarum*[J]. Food Microbiology, 2005, 22: 539-546.
- [7] TORRES A, FRIAS J, GRANITO M, et al. Fermented pigeon pea (*Ca. janus ca. jan*) ingredients in pasta products[J]. J Agric Food Chemistry, 2006, 54: 6685-6691.
- [8] DEGUTYTE-FOMIYS L, SONTAG-STROHM T, SALOVAARA H. Oat bran fermentation with rye sourdough[J]. Cereal Chem, 2002, 79(3): 345-348.
- [9] WEHRLE K, ARENDT E K. Rheological changes in wheat sourdough during controlled and spontaneous fermentation[J]. Cereal Chem, 1998, 75(6): 882-886.
- [10] BRUMMER J M, LORENZ K. European developments in wheat sourdoughs[J]. Cereal Foods World, 1991, 36(3): 311-314.
- [11] DECOCK P, CAPPELLE S. Bread technology and sourdough technology[J]. Trends in Food Science and Technology, 2005, 16: 113-120.
- [12] GOBBETTI M, ANGELIS M, CORSETTI A. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria[J]. Trends in Food Science and Technology, 2005, 16: 57-69.
- [13] LONNER C, ÅKESSON K P. Acidification properties of lactic acid bacteria in rye sour doughs[J]. Food Microbiology, 1988(5): 43-48.
- [14] TODOROV S, ONNO B, SOROKINE O. Detection and characterization of a novel antibacterial substance produced by *Lactobacillus plantarum* ST31 isolated from sourdough[J]. International Journal of Food Microbiology, 1999, 48(3): 167-177.
- [15] LAVERMICOCCA P, FRANCESCA V, ANTONID E, et al. Purifica-

- tion and characterization of novel antifungal compounds from the sour-dough *Lactobacillus plantarum* strain 21B[J]. App Environ Microbiology, 2000, 66: 4084-4090.
- [16] LARSSON M, SANDBERG A S. Phytate reduction in bread containing oat flour, oat bran or rye bran[J]. Cereal Sci, 1991, 14: 141-149.
- [17] WOOD B J B. 发酵食品微生物学[M]. 2版. 徐岩, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 149-155.
- [18] 唐书泽, 林健员, 袁文群, 等. 酸性面团对普通面包和豆渣面包品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(1): 9-12.
- [19] 刘恩岐, 张建平. 静置自发面团法生产面包的工艺探讨[J]. 食品工业, 糖果、烘焙食品特辑, 2000(6): 27-28.
- [20] LAPSLEY K G, HUANG G. Health benefits of almonds[J]. Cereal Foods World, 2004, 49(1): 6-10.
- [21] 王灵昭, 陆启玉, 袁传光. 用质构仪评价面条质地品质的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2003, 24(3): 29-33.
- [22] SB/T 10068-92 挂面[S].
- [23] 吴有炜. 试验设计与数据处理[M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2002.
- [24] OH N H, SEIB P A, WARD A B, et al. Noodles VI. Functional properties of wheat flour components in oriental dry noodles[J]. Cereal Chem, 1985, 30(2): 176-178.
- [25] LOPONEH J, MIKOLA M, KATINA K, et al. Degradation of HMW glutenins during wheat sourdough fermentations[J]. Cereal Chem, 2004, 81: 87-93.
- [26] 杨秀改, 陆启玉, 尹寿伟. 麦谷蛋白与面条品质关系的研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2005, 26(2): 65-67.
- [27] OH N H, SEIB P A, CHUNG D S, et al. Noodles III. Effects of processing variables on quality characteristics of dry noodles[J]. Cereal Chem, 1985, 62(6): 437-440.
- [28] SHIAU S Y, YEH A L. Effects of alkali and acid on dough rheological properties and characteristics of extruded noodles[J]. J of Cereal Science, 2001, 33: 27-37.