

# 玉米馒头微波烹制工艺 对其品质特性的影响

王小鹤<sup>1</sup>, 于 淼<sup>1</sup>, 王 锋<sup>2</sup>

(1. 辽宁省农业科学院食品与加工研究所, 辽宁 沈阳 110161;

2. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

**摘要:**采用响应面分析法(RSM)研究加水量、醒发时间、微波功率以及烹制时间对玉米馒头感官品质的影响,确定微波烹制的最佳工艺条件,同时比较微波烹制与常规蒸汽蒸制2种方式对玉米馒头和小麦馒头品质特性的影响。结果表明,微波烹制工艺的最佳条件为:加水量60%、醒发时间45 min、微波功率490 W、微波烹制时间3.5 min。按该工艺条件制备的玉米馒头与蒸汽蒸制的玉米馒头和小麦馒头的感官评分没有显著性差异( $P < 0.05$ ),与蒸汽蒸制玉米馒头和小麦馒头相比,微波烹制的玉米馒头水分含量较低,硬度和黏着性较大,弹性差,但回复性和咀嚼性优于蒸汽蒸制玉米馒头和小麦馒头。微波烹制玉米馒头优化工艺可行,可推广应用。

**关键词:**微波;玉米馒头;感官品质;响应面分析法

**中图分类号:**TS 213.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2017)03-0023-05

## Effect of microwave cooking technology on quality characteristics of corn steamed bread

WANG Xiao-he<sup>1</sup>, YU Miao<sup>1</sup>, WANG Feng<sup>2</sup>

(1. Institute of Food and Process, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang Liaoning 110161;

(2. Institute of food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193)

**Abstract:** The effect of water addition, proofing time, microwave power and cooking time on the sensory quality of corn steamed bread have been determined by the method of response surface methodology (RSM) to obtain a suitable technical parameters. The qualities of both corn steamed bread and wheat steamed bread cooked by both microwave and traditional steam method were compared. The results showed that the optimal condition by microwave was: water addition, 60%, proofing time, 45 min, microwave power, 490 W and microwave time 3.5 min. On the experimental condition, the organoleptic quality of corn steamed bread cooked by microwave was fairly close to that cooked by steaming ( $P < 0.05$ ). Compared to steamed one and wheat steamed bread, corn steamed bread cooked by microwave had lower moisture component, higher hardness and adhesiveness, and less springiness, while resilience and chewiness were better than steamed corn steamed bread and wheat steamed bread. The optimized microwave method is feasible and suitable to promote.

**Key words:** microwave; corn steamed bread; sensory quality; response surface methodology

馒头是我国东北、华北地区以及黄河流域人民的传统主食,至今已有1700年的悠久历史,在我国膳食结构中占有十分重要的地位。馒头消费量在北方面制食品结构中约占2/3,在全国面制食品中约占46%<sup>[1]</sup>,每年消费量超过1200万t<sup>[2]</sup>。随着人们

生活水平的日益提高,生活节奏的不断加快,对食品质量和方便性提出了更高的要求,具有即时性、加热效率高、节约能源、穿透性好、容易控制、干净卫生等优点的微波炉已成为人们日常生活中复热和熟化食物的重要加热方式<sup>[3]</sup>。

微波食品是通过微波炉中的磁控管将50 Hz交流电源转换成2450 MHz的电磁波,经微波炉金属器壁反射再反射后,被炉中食品的水分和其他可吸收微波的极性分子所吸收,使得极性分子间相互碰

收稿日期:2017-3-27

基金项目:国家农业科技创新工程—玉米主食化协同创新项目

作者简介:王小鹤,1983年出生,男,硕士研究生。

通讯作者:王锋,1974年出生,男,副研究员,硕士生导师。

撞摩擦,达到加热目的<sup>[4-5]</sup>。在此过程中可保留食品原有品质<sup>[6]</sup>,提高淀粉的糊化速度和程度<sup>[7]</sup>,提高水溶性蛋白质和水溶性支链淀粉的含量<sup>[8]</sup>,从而改善食品的滋味。目前,欧美、日本、台湾等地大量的速食商品的迅速兴起也使微波得到广泛使用。微波技术的应用加速了传统面制食品自动化生产的脚步,缩短了生产周期,节省了制作空间。尽管我国在这方面的研究还处于初级阶段,但是随着人们生活节奏的加快,要求主食烹制更加便捷化,馒头又是具有我国民族特色的食品,加大对微波馒头的研发,其前景无可限量。

在前期实验的基础上,选取影响微波烹制玉米馒头品质的4个主要因素,采用响应面分析法优化工艺参数,比较微波和蒸汽烹制对馒头水分含量、感官品质以及质地特性的影响,确定最佳的微波烹制工艺,以期为我国微波方便食品产业的发展奠定基础,填补我国微波玉米馒头产业的空白,提高玉米利用率的同时降低能耗,促进方便食品行业的发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

玉米粉:当地超市购买;小麦粉:超市购进的高筋小麦粉;酵母:安琪牌即发干酵母;水:桶装纯净水。

KMC510型凯伍德和面机:上海苏隆实业有限公司;NFF-32PS型醒发箱:广州市赛思达机械设备有限公司;TMS-Pro食品质构仪:北京盈盛恒泰科技有限责任公司;ZT106型电子水份快速测定仪:潍坊中特电子仪器有限公司;P70D20TL-D4型格兰仕微波炉:广东格兰仕集团有限公司;微波炉专用蒸屉、常规玻璃仪器等。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 馒头制作方法

馒头制作工艺:

小麦粉→添加酵母粉→活化→搅拌→面团发酵→分割面团→醒发→烹制。

具体操作步骤:

小麦馒头用高筋小麦粉;玉米馒头用25%膨化玉米粉、45%发酵玉米粉、30%的小麦粉配制而成的小麦玉米混合粉<sup>[9]</sup>。

酵母粉添加与活化:即发干酵母的添加量为面粉质量的1%,加水活化10 min。

面团制作:将过筛后的小麦粉倒入和面机中,加入活化后的酵母溶液,搅拌至形成均匀的面团。

面团发酵:将面团置于温度35℃左右箱中,发酵45 min,面团体积为原来的2倍左右,内部结构呈

现蜂窝状即可。

面团分割:将发酵好的面团分割成50 g/个左右的面团。

面团醒发:面团搓圆整形后放在室温(25℃)下醒发40~50 min。

馒头烹制:(1)微波烹制:将醒发好的馒头坯放入微波炉专用蒸笼中在一定的微波功率下(140~700 W)烹制一定时间(3~5 min)。(2)蒸汽烹制:将醒发好的馒头坯放入蒸笼中,用蒸汽蒸制15 min。

#### 1.2.2 单因素实验

根据前期实验结果<sup>[9]</sup>,将25%膨化玉米粉、45%发酵玉米粉混合,其余加小麦粉配制成小麦玉米混合粉200 g,加水量分别为45%、50%、55%、60%、65%,酵母添加量1 g/100 g小麦粉,按1.2.1步骤制作玉米馒头,醒发时间分别为30、45、60、75、90 min,将醒发好的馒头坯放入微波炉专用蒸笼中,在微波功率分别为370、430、490、550、610 W下,分别烹制3、3.5、4、4.5、5 min,对馒头进行感官评定。

#### 1.2.3 馒头品质分析

##### 1.2.3.1 感官品质分析

参照陈华<sup>[10]</sup>等的方法,并略作修改(见表1)。感官评价组由经筛选后的15位食品专业人员组成,每位成员单独进行各个指标的评定,每个样品评定前都用清水漱口,以排除上一个样品的影响。

表1 微波玉米馒头感官评分标准

项目	分数	得分标准
膨松度	20	比体积 $\geq 2.8$ 得满分20分
		比体积 $\leq 1.5$ 得最低分20分
		比体积在2.8~1.5之间,每下降0.1扣1分
表皮颜色	10	自然黄色的皮7~10分
		灰暗的皮1~6分
表面光泽	10	光亮的皮7~10分
		皮粗糙暗沉1~6分
表皮状况	10	光滑7~10分
		皱缩、塌陷、有气泡、有凹点或大块烫斑3~6分
滋味	5	有玉米香味,无异味4~5分
		有酸苦等异味1~3分
弹性	10	回弹快、能复原、可压缩1/2以上7~10分
		手指按压回弹弱或不回弹4~6分
		手指按压困难,感觉较硬1~3分
韧性	10	咬劲强7~10分
		咬劲弱且掉渣或咀嚼干硬,无弹性4~6分
粘性	10	爽口不粘牙8~10分
		稍粘或粘3~7分
气孔	15	气孔细小均匀13~15分
		气孔过于细密但均匀8~12分
		有大气孔、结构粗糙5~7分
总分	100	

注:膨松度即比容,具体测定方法参照GB/T 2118—2007。

1.2.3.2 质构分析

参照王小鹤<sup>[9]</sup>的方法,采用质构仪进行测定,并以蒸制玉米预混粉馒头作对照。

1.2.3.3 水分测定

参照 GB/T 5009.3—2010 方法,对样品中水分含量进行测定。

1.2.4 响应面实验

1.2.4.1 各因素水平及编码

根据单因素实验结果,设计4因素3水平响应面法实验,编码为-1、0和1;各因素分别为A:加水量(55%、60%、65%),B:醒发时间(45、60、75 min),C:微波功率%(430、490、550 W),D:烹制时间(3、3.5、4 min)。

1.2.4.2 数据处理

在单因素实验的基础上,应用SAS软件对实验数据进行线性回归与方差分析,用F值考察模型和各因素显著性水平,实验均重复3次,取平均值。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 加水量对玉米馒头感官品质的影响

小麦粉中含有一些易溶于水的可溶性物质,可改善面团稠度,也可促进淀粉和蛋白质分解<sup>[9]</sup>。根据图1,当加水量为60%时,玉米馒头的感官品质最好(83分),而当加水量<60%时,因微波的加热原理是微波穿透食物,使食物中的水分子吸收微波而剧烈运动产生热能,这易使得馒头水分汽化外逸<sup>[11]</sup>,造成馒头失水严重,且馒头的快速熟化成型导致成品膨胀度不够,硬度较大,松软度较差,风味损失较大<sup>[3]</sup>;当加水量>60%时,面团过软,导致口感与外观品质较差。因此,最适宜的加水量为60%。

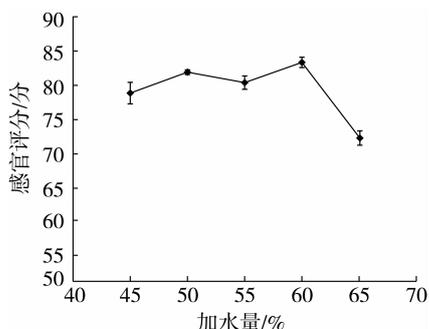


图1 加水量对感官评分的影响

2.1.2 醒发时间对玉米馒头感官品质的影响

胡丽花<sup>[12]</sup>研究发酵时间对馒头感官品质的影响时发现发酵时间不够时,易导致面筋网络没有完全形成,馒头发硬,比容偏小,表面不光滑等现象;而发酵时间过长时,易导致面筋网络持气性变差,馒

头塌陷,皮瓤分离严重,出现大的气泡,且出锅时发生萎缩的几率也较大,有酸味,影响口感。Manuel Gomez 等<sup>[13]</sup>研究表明醒发时间对面包体积、密度、质构和老化特性等均有显著影响。图2是实验的结果,可以看出,醒发时间在45 min之后对玉米馒头感官评分影响不显著( $P < 0.05$ )。说明当玉米面团醒发45 min时达到馒头所需品质的最佳状态。因此,适宜的醒发时间选45 min,感官评分为85分。

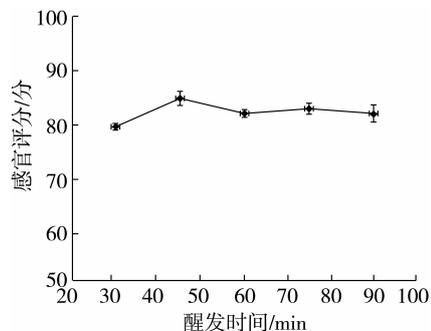


图2 醒发时间对感官评分的影响

2.1.3 微波功率对玉米馒头感官品质的影响

微波功率对玉米馒头感官品质的影响如图3所示。从图3可以看出,不同微波功率对玉米馒头感官品质影响显著,微波功率过低,烹制的玉米馒头未熟透;而功率过大时烹制的玉米馒头膨胀度不够,表皮发硬,弹性较差,口感粗糙。可能是因为高功率的微波加热速度过快,使得馒头水分汽化外逸,导致馒头失水严重所致,结果与汪磊等<sup>[14]</sup>的研究结果一致。因此,根据图3可知,最适的微波功率为490 W,其感官评分高达82分。

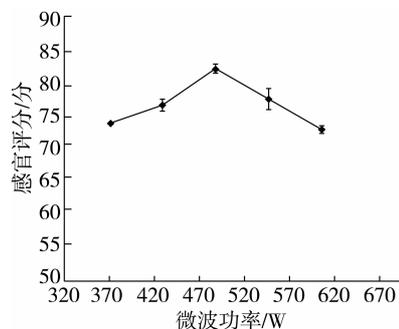


图3 微波功率对感官评分的影响

2.1.4 烹制时间对玉米馒头感官品质的影响

在微波加热过程中,微波加热的时间对馒头品质有显著影响。不同微波时间对玉米馒头的影响实验结果如图4所示。结果表明,当微波加热时间为3.5 min时,烹制的玉米馒头感官品质最好,当低于3.5 min时,感官品质较差,馒头尚未熟透;当高于3.5 min时,玉米馒头的表皮过硬,口感粗糙,感官

品质下降显著。可能是因为随着微波时间的延长,水分吸收的微波能越多,分子动能越来越大,温度越来越高,水分散失速率越来越快,促进淀粉和蛋白质的交联<sup>[12]</sup>。且馒头因为失水而收缩,刚性增强,面筋网络失去支撑力<sup>[15]</sup>。因此,从图4可知,最佳的微波时间为3.5 min,感官评分达到89分。

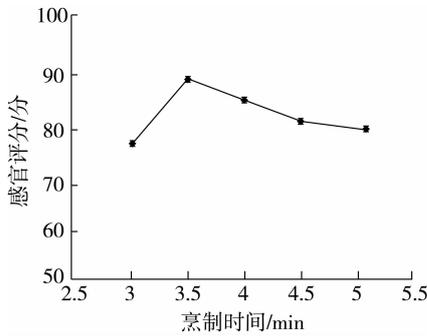


图4 烹制时间对感官评分的影响

2.2 响应面优化及分析

基于单因素实验,以实验加水量、醒发时间、微波功率、烹制时间为水平,设计4因素3水平正交实验,以感官综合评分为响应值,分析各因素对玉米馒头感官品质的影响,结果如表2所示。

表2 响应面实验设计和结果

实验号	A	B	C	D	综合评分/分
1	-1	-1	0	0	75.0
2	1	-1	0	0	92.0
3	-1	1	0	0	81.0
4	1	1	0	0	76.0
5	0	0	-1	-1	85.5
6	0	0	1	-1	76.0
7	0	0	-1	1	81.0
8	0	0	1	1	91.5
9	-1	0	0	-1	70.0
10	1	0	0	-1	83.0
11	-1	0	0	1	77.5
12	1	0	0	1	80.5
13	0	-1	-1	0	87.5
14	0	1	-1	0	78.5
15	0	-1	1	0	70.0
16	0	1	1	0	88.0
17	-1	0	-1	0	74.5
18	1	0	-1	0	88.5
19	-1	0	1	0	72.0
20	1	0	1	0	84.0
21	0	-1	0	-1	79.0
22	0	1	0	-1	75.0
23	0	-1	0	1	77.5
24	0	1	0	1	90.5
25	0	0	0	0	87.0
26	0	0	0	0	91.0
27	0	0	0	0	87.5
28	0	0	0	0	92.5
29	0	0	0	0	89.0

2.2.1 回归方程的建立与检验

根据实验结果,利用SAS 9.0 统计分析软件,建立感官综合评分Y与各影响因素X间的二次回归方程,并对结果进行方差分析,见表3。

表3 回归模型的方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	1 169.05	14	83.50	6.84	0.000 5	**
A - 加水量/%	243.00	1	243.00	19.90	0.000 5	**
B - 醒发时间/min	5.33	1	5.33	0.44	0.519 4	
C - 微波功率/W	16.33	1	16.33	1.34	0.266 8	
D - 烹制时间/min	75.00	1	75.00	6.14	0.026 5	*
AB	121.00	1	121.00	9.91	0.007 1	**
AC	1.00	1	1.00	0.082	0.778 9	
AD	25.00	1	25.00	2.05	0.174 4	
BC	189.06	1	189.06	14.93	0.001 7	**
BD	72.25	1	72.25	5.92	0.029 0	*
CD	100.00	1	100.00	8.19	0.012 5	*
A <sup>2</sup>	220.72	1	220.72	18.08	0.000 8	**
B <sup>2</sup>	95.32	1	95.32	7.81	0.014 3	*
C <sup>2</sup>	56.77	1	56.77	4.65	0.048 9	*
D <sup>2</sup>	114.88	1	114.88	9.41	0.008 4	**
残差	170.92	14	12.21			
失拟	144.42	10	14.44	2.18	0.235 4	
纯误差	26.50	4	6.63			
总和	1 339.97	28				
R <sup>2</sup>	0.872 4					
R <sup>2</sup> <sub>Adj</sub>	0.744 9					

注:\*.差异显著(P>0.01);\*\*.差异极其显著(P<0.05)。

经过处理,采用多项式回归分析方法进行实验数据拟合,得到的二次多项式如公式(1):

$$Y = 89.00 + 4.50A - 0.67B - 1.17C + 2.50D - 5.50AB - 0.50AC - 2.50AD + 6.75BC + 4.25BD + 5.00CD - 5.83A^2 - 3.83B^2 - 2.96C^2 - 4.21D^2 \quad (1)$$

由表3可知,回归方程的显著性检验F值为6.84(P=0.000 5<0.01),表明回归方程在实验点上的拟合达到极显著水平;失拟性验证F值为2.18(P=0.235 4>0.05),表明差异不显著,回归方程无失拟因素存在;由R<sup>2</sup><sub>Adj</sub>=0.744 9说明该模型能够解释80.00%响应值的变化,能描述玉米馒头综合评分随工艺条件的变化规律;且回归模型相关系数R<sup>2</sup>=0.872 4,拟合程度高,说明模型可靠。

2.2.2 各因素影响程度分析

各因素的F值可反映出其对实验指标的重要性,比值F越大,表明对实验指标的影响越大。由表3可知,比值FA=19.90,FB=0.44,FC=1.34,FD=6.14,即各因素对玉米馒头感官评分的影响顺序为加水量>烹制时间>微波功率>醒发时间。

经响应面分析可知,加水量、醒发时间、微波功率、微波时间等4个因素的任意2个变量取零点水

平时,其它2个因素的交互作用对综合评分影响各有不同,其中AB、BC、CD等因素具有极显著性,说明加水量与醒发时间、醒发时间与微波功率以及微波功率与微波时间对玉米馒头影响显著,而其余因素无显著差异。

### 2.2.3 回归模型的验证

经过分析,微波烹制玉米馒头的最佳工艺参数为:加水量60%、醒发时间45 min、微波功率490 W、微波时间3.5 min。在此条件下进行验证实验,3次重复测定,结果平均值为 $85.17 \pm 0.53$ ,与预测值 $82.30 \pm 0.91$ 接近。证明此模型对优化玉米馒头配方工艺是可行,可为实际操作提供指导。

### 2.3 微波烹制玉米馒头与蒸制玉米馒头品质特性比较

采用优化工艺参数制备玉米馒头,并与蒸汽蒸制的玉米馒头及小麦馒头进行比较,结果如表4所示。结果表明,对不同烹制工艺制备的玉米馒头和小麦馒头进行相比,水分含量差异显著( $P < 0.05$ ),可能是因为微波加热易导致水分外逸,失水严重<sup>[3]</sup>。其硬度、胶着性和咀嚼性均高于小麦馒头,回复性和咀嚼性优于蒸汽蒸制玉米馒头和小麦馒头,可能是因为硬度和咀嚼性是衡量面制品品质的2个重要指标,在一定范围内,硬度和咀嚼性越小,面团越柔软。本实验采用预混粉制备玉米馒头,在改善了小麦粉中面筋蛋白含量的同时<sup>[16]</sup>,其品质也与小麦粉馒头相近,与冯世德等<sup>[17]</sup>研究结果一致。此外,三者感官品质无显著差异,说明采用本实验优化工艺制备的玉米馒头既不失小麦馒头的香气,又富含玉米中所有营养物质,提高了馒头的单位时间内生产量,保留了馒头原有品质,同时降低了能耗。

表4 微波烹制馒头与蒸制馒头的品质特性比较

指标	微波玉米馒头	蒸制玉米馒头	蒸制小麦馒头
水分	$39.62 \pm 0.003^b$	$42.43 \pm 0.006^a$	$42.57 \pm 0.05^a$
感官品质	$82.75 \pm 3.65^a$	$82.39 \pm 0.58^a$	$83.09 \pm 0.34^a$
硬度/g	$1623 \pm 13.03^a$	$945 \pm 5.17^b$	$826 \pm 4.39^a$
粘性/mJ	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	$0.1 \pm 0.003^a$
弹性/mm	$5.27 \pm 0.003^a$	$5.17 \pm 0.003^a$	$5.47 \pm 0.003^a$
粘聚性	$0.87 \pm 0.003^b$	$0.86 \pm 0.003^b$	$0.91 \pm 0.003^a$
胶着性/g	$1455 \pm 10.82^a$	$810 \pm 5.61^b$	$752 \pm 4.03^b$
咀嚼性/mJ	$75.2 \pm 2.73^a$	$41.1 \pm 0.98^b$	$40.3 \pm 0.74^b$
回复性/mJ	$20.2 \pm 0.54^a$	$10.9 \pm 0.05^b$	$12.8 \pm 0.03^b$

注:字母a、b代表品种间的差异显著性( $P \leq 0.05$ )。

### 3 结语

通过条件优化,利用微波成功烹制了品质良好

的玉米馒头。制得的玉米馒头具有良好感官品质,回复性和咀嚼性较好,但是水分含量和硬度略低于蒸汽烹制的玉米馒头和小麦馒头。采用微波制备玉米馒头,具有操作简单、便捷等优点,为我国微波方面食品产业的发展奠定基础,填补我国微波加热制作玉米馒头的空白。

### 参考文献:

- [1]姜忠丽,李晓坤.影响馒头品质的因素[J].粮食与食品工业,2004,11(1):23-24.
- [2]李里特.中国传统发酵食品现状与进展[J].生物产业技术,2009(6):56-62.
- [3]韩文芳,王欢欢,孔进喜,等.馒头的微波烹制工艺与特性研究[J].中国粮油学报,2012,27(6):79-82.
- [4]Madhuchhanda Bhattacharya, Tanmay Basak. A comprehensive analysis on the effect of shape on the microwave heating dynamics of food materials[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2017(19):247-266.
- [5]李平.微波烹制对白萝卜品质影响的研究[D].湘潭大学,2015.
- [6]朱姐.微波技术在食品工业中的应用及研究进展[J].中国调味品,2011,36(10):18-21.
- [7]宁芯,程学勋,赵思明,等.微波对大米淀粉物化特性的影响[J].华中农业大学学报,2009,28(3):369-372.
- [8]Zhao S, Xiong S, Qiu C, et al. Effect of microwaves on rice quality[J]. Journal of Stored Products Research, 2007, 43(4):496-502.
- [9]王小鹤,于森,王锋.玉米馒头制备工艺条件对其感官品质的影响[J].食品工业科技,2016(18):271-276.
- [10]陈华,熊善柏,孙辉.仪器分析方法在小麦粉馒头感官评价中的应用[J].粮油食品科技,2012,20(4):31-34.
- [11]Lombard G E, Weinert I A G, Minnaar A, et al. Preservation of South African Steamed Bread Using Hurdle Technology[J]. LWT - Food Science and Technology, 2000, 33(2):138-143.
- [12]胡丽花.传统主食馒头发酵剂微生物的筛选及对馒头品质的影响[D].河南工业大学,2010.
- [13]Gómez M, Oliete B, Pando V, et al. Effect of fermentation conditions on bread staling kinetics[J]. European Food Research and Technology, 2008, 226(6):1379-1387.
- [14]汪磊,云月英,王国泽,等.莜麦馒头微波蒸制工艺的研究[J].中国粮油学报,2014,29(9):82-86.
- [15]Uzzan M, Ramon O, Kopelman I J, et al. Mechanism of crumb toughening in bread-like products by microwave reheating. [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2007, 55(16):6553-60.
- [16]Park S H, Wilson J D, Seabourn B W. Starch granule size distribution of hard red winter and hard red spring wheat: Its effects on mixing and breadmaking quality[J]. Journal of Cereal Science, 2009, 49(1):98-105.
- [17]冯世德,孙太凡.玉米粉对小麦面团和馒头质构特性的影响[J].食品科学,2013,34(1):101-104.