

# 醋酸酯变性淀粉 对低筋面团热机械学特性的影响

李 丽, 牛黎莉, 王晓璇, 张盛贵

(甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃兰州 730070)

**摘要:**将荞麦粉与小麦粉以 6:4 比例混合, 制成低筋粉, 再将马铃薯醋酸酯淀粉及木薯醋酸酯淀粉按不同比例分别添加到低筋粉中, 利用 Mixolab 混合仪研究两种醋酸酯变性淀粉对低筋粉形成的面团流变及糊化特性的影响。结果表明: 两种醋酸酯淀粉都可显著的增强面团的强度及蒸煮稳定性 ( $p < 0.05$ ), 木薯醋酸酯淀粉可延长面团的形成和稳定时间、减小机械弱化值, 而马铃薯醋酸酯淀粉会降低面团的吸水率及热弱化值。

**关键词:**低筋面团, 醋酸酯淀粉, 热机械学特性

## Effect of acetate starch on the thermo-mechanical properties of low-gluten flour dough

LI Li, NIU Li-li, WANG Xiao-xuan, ZHANG Sheng-gui

(Food Science and Engineering College of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** The low-gluten flour was consisted of buckwheat (60%) and wheat (40%). The effect of cassava acetate starch and potato acetate starch with different addition on the rheological and pasting properties of low-gluten dough were evaluated by Mixolab rheological instrument. The results showed that these two kinds of acetate starch significantly increased the dough strength and cook stability respectively, cassava acetate starch prolonged dough development and stability time and decreased dough weakening with mechanical, potato acetate starch decreased water absorption and dough weakening with heating during mixing.

**Key words:** low-gluten flour dough; acetate starch; thermo-mechanical properties

中图分类号: TS231

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)11-0095-04

荞麦中含有丰富的营养价值<sup>[1]</sup>, 但因为荞麦面中不含面筋, 且其淀粉糊化特性差等原因, 荞麦不具有很好的成型性, 需要添加增稠剂、稳定剂等添加剂来改善。醋酸酯淀粉是利用淀粉分子中部分 2, 3, 6-位的羟基与乙酰化剂进行取代反应而制备的, 通过乙酰化作用改善淀粉与溶剂的亲合力, 使其具有糊化温度较低、粘度高、凝沉性弱、储存稳定等特性, 可作为理想的面团改良剂<sup>[2]</sup>。混合实验仪是测定面粉加水混合形成面团过程和面团加热糊化及冷却过程面团流变特性变化的仪器<sup>[3]</sup>, 通过两个搅拌刀对面团的

搅拌获得的扭矩值 ( $N \cdot M$ ) 及其曲线来测定面团在机械及热作用下的特性, 如面团的蛋白质特性、淀粉糊化特性等。本实验以荞麦面混合小麦面为面团的基础配方, 利用混合实验仪, 在不同温度下测定面团的特性, 从而研究不同添加量的马铃薯、木薯醋酸酯淀粉对低筋面粉混合及糊化特性的改良作用。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与仪器

荞麦粉、小麦粉 市售; 木薯醋酸酯变性淀粉 (118C)、马铃薯醋酸酯变性淀粉 (017B) 实验室自制, 取代度为 0.016; 其他化学试剂均为分析纯。

mixolab 混合实验仪 法国肖邦公司; FA2004B 电子天平 上海越平科学仪器有限公司; DHG-9055A 型电热鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限

收稿日期: 2012-11-06

作者简介: 李丽 (1988-), 女, 硕士研究生, 主要从事变性淀粉方面的研究。

基金项目: 甘肃省教育厅项目 (0602B-05)。

188-191.

[6] Lu Y R YEAP Foo L. Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*) [J]. Food Chem, 2001 (2): 197-202.

[7] Xie Wenming, Xu Peixin, Liu Qing. Antioxidant activity of water-soluble chitosan derivatives [J]. Bioorganic Medicinal Chemistry Letters, 2001, 11 (13): 1699-1701.

[8] Yen G C, Chau C F, Li D J. Isolation and characterization of most antimutagenic Maillard reaction products derived from glucose and lysine [J]. Food Chemistry, 1993, 41: 771-776.

[9] Shibamoto T, Bernhard R A. Investigation of pyrazine formation pathway in glucose-ammonia [J]. Agriculture and Biological Chemistry, 1977, 41: 143-153.

公司。

## 1.2 实验方法

**1.2.1 混合粉的制备及变性淀粉的添加量** 低筋粉:将荞麦面和小麦面分别以 60% 及 40% 的比例充分混合制成低筋粉(湿面筋含量 10.4),备用。混合粉:变性淀粉与低筋粉分别按 0/100、2/98、4/96、6/94、10/90(w/w) 的比例混合,配制成混合粉,备用。

**1.2.2 水分及湿面筋含量的测定**<sup>[4-5]</sup>

**1.2.3 面团流变学特性的测定** 依据实验需要,在混合仪的和面钵中加入适量的混合粉。混合仪的操作程序设定见表 1。

**1.2.4 数据分析** 本实验中数据分析采用 spss10.0 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 含水量与湿面筋含量

小麦面粉与荞麦面粉混合成的混合粉的含水量为 14%。小麦面粉湿面筋含量为 26%。

表 1 混合实验仪的工作程序设置  
Table 1 Instrumental settings defined in the Mixolab for running the samples

项目	数值
揉混速度	80r/min
目标扭矩(C1)	1.10N·M
面团重量	75g
储水罐温度	30℃
第一级温度、持续时间	30℃, 8min
第二级温度及持续时间	90℃, 7min
温度梯度	4℃/min 或 -4℃/min
第三级温度及持续时间	50℃, 10min
分析时间合计	50min

### 2.2 混合实验仪特性曲线分析

通过混合仪得到面团特性曲线(图 1),曲线中 A、B 分别为面团在混揉过程中的扭矩、温度曲线,C 为揉面钵温度;C1、C2、C3、C4、C5 为面团在混揉的不同过程中的扭矩值; $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  分别为扭矩曲线不同阶段的曲线斜率<sup>[6-7]</sup>。

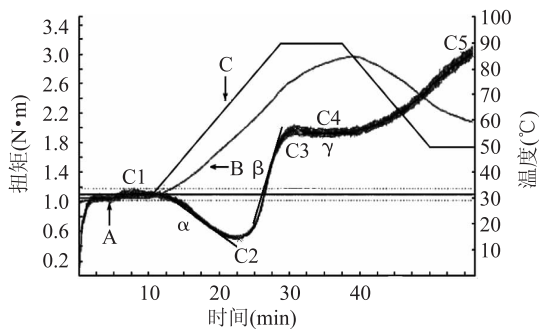


图 1 混合实验仪典型曲线  
Fig.1 Typical Mixolab curve

### 2.3 醋酸酯变性淀粉对面团粉质特性的影响

面团的吸水率指使面团的目标扭矩到达 C1 所需的水分,在此条件下可确保各成分的充分水解<sup>[8]</sup>;形成时间指在第一温度梯度下(30℃),达到最大扭矩所需要的时间,时间越长,面团越难捏合;幅度及

稳定时间分别表示面团形成后的弹性和稳定性。木薯、马铃薯醋酸酯变性淀粉对面团粉质特性的影响见表 2。

由表 2 可知,118C 增加了面团的吸水率而 017B 对其有降低作用。添加 118C 使得面团幅度呈现出先降低后升高的趋势,只有在添加量为 6% 时,幅度值比空白有所提高,之后呈下降趋势;而 017B 对其几乎无影响。可以看出,在增加弹性方面,两种醋酸酯淀粉的效果均不明显。这与栗瑞娟<sup>[9]</sup>等的研究结果一致。林莹<sup>[10]</sup>等人的研究表明马铃薯醋酸酯淀粉可以显著的提高冷冻面团的吸水率,但木薯醋酸酯淀粉对其几乎无影响,与本研究结果不一致,是由面团的处理方式不同引起的,林莹等实验对象为冷冻面团。

表 2 两种变性淀粉对面团粉质特性的影响

Table 2 Effect of acetate starch on farinograph properties

醋酸酯变性淀粉	添加量 (%)	吸水率 (%)	幅度 (NM)	形成时间 (min)	稳定时间 (min)
木薯 118C	0	61	0.077 <sup>b</sup>	0.847 <sup>b</sup>	9.62 <sup>c</sup>
	2	61	0.053 <sup>c</sup>	0.827 <sup>b</sup>	10.48 <sup>a</sup>
	4	61.5	0.057 <sup>c</sup>	0.873 <sup>ab</sup>	10.31 <sup>a</sup>
	6	61	0.107 <sup>a</sup>	0.880 <sup>ab</sup>	10.48 <sup>a</sup>
	8	61	0.077 <sup>b</sup>	0.927 <sup>a</sup>	9.90 <sup>b</sup>
	10	62	0.080 <sup>b</sup>	0.823 <sup>b</sup>	9.87 <sup>b</sup>
马铃薯 017B	0	61	0.077 <sup>ab</sup>	0.847 <sup>c</sup>	9.62 <sup>a</sup>
	2	60.6	0.067 <sup>ab</sup>	0.903 <sup>b</sup>	9.26 <sup>b</sup>
	4	60.5	0.063 <sup>b</sup>	1.063 <sup>a</sup>	9.73 <sup>a</sup>
	6	60.5	0.083 <sup>ab</sup>	0.913 <sup>b</sup>	9.82 <sup>a</sup>
	8	60.5	0.083 <sup>ab</sup>	0.917 <sup>b</sup>	9.69 <sup>a</sup>
	10	60.3	0.087 <sup>a</sup>	0.893 <sup>b</sup>	9.88 <sup>a</sup>

注:同一列中,相同字母者表示差异未达 0.05 显著水平,不同字母表示差异到达 0.05 显著水平;表 3、表 4 同。

当 118C、017B 添加量分别为 8%、2% 和 4% 时,显著的延长了面团的形成时间( $p < 0.05$ ),之后随着变性淀粉的增加形成时间呈减少趋势;2% 的 118C 可显著地将稳定时间延长 0.86min( $p < 0.05$ ),8% 时有所下降;而 017B 仅在添加量为 2% 时延长了稳定时间。形成时间越长,稳定性越好,粉质质量指数越高<sup>[11]</sup>,所以醋酸酯变性淀粉可以有效的提高低筋粉的粉质特性,且 118C 的效果优于 017B。稳定时间的增加可能是由于变性淀粉吸水后会膨胀,粘度增加,与面粉中的各个成分更好的结合,形成了更稳定的网络结构,从而增强了面团的稳定性,但过多的变性淀粉吸水后争夺了面团中淀粉及少量面筋膨胀所需的水分,使其不能形成很好的网络结构,所以随着 118C 含量的进一步增加,稳定时间反而有所下降<sup>[12]</sup>。而 017B 对稳定时间几乎没有影响,则可能是 017B 没有发生上述作用,这种差异是否由原淀粉性质差异所决定,需要更近一步的研究。丁士勇<sup>[13]</sup>等人的研究结果与本实验相反,其研究认为木薯醋酸酯淀粉将面团的稳定时间由 6.9min 降低到 4.3min,形成时间也降低了 42%。丁士勇等在实验中使用的是面筋含量较高的面团,其形成时间及稳定时间主

要由面团中麦谷蛋白的二硫键决定的<sup>[14]</sup>,所以变性淀粉对形成时间的影响不明显,而在和面阶段形成网络结构时,高面筋含量意味着更高的吸水率,导致添加更多的变性淀粉加剧了水分的争夺,从而降低了稳定时间。而本实验中所使用的混合粉蛋白质含量很低,整体的形成时间较短,在这种情况下,变性淀粉的作用可以突出,从而表现出增强面团粉质特性的效果。

## 2.4 醋酸酯变性淀粉对面团强度的影响

C2 指面团在受到机械及热作用后扭矩降低的最小值;机械弱化表示在 30℃ 温度不变的情况下,面团对机械力的抵抗能力,值越小,面团的机械力稳定性越强;热弱化值指面团在加热过程中扭矩值的减少,表现出面团抵抗热的能力,值越小,则抵抗热的能力越强。两种醋酸酯淀粉对面团 C2、机械弱化、热弱化值的影响见表 3。

表 3 两种醋酸酯淀粉对面团强度的影响

Table 3 Effect of acetate starch on dough strength

醋酸酯 变性淀粉	添加量 (%)	C2 (N·M)	机械弱化 (N·M)	热弱化 (N·M)
木薯 118C	0	0.43 <sup>d</sup>	0.107 <sup>a</sup>	0.567 <sup>b</sup>
	2	0.43 <sup>d</sup>	0.047 <sup>b</sup>	0.587 <sup>a</sup>
	4	0.47 <sup>b</sup>	0.043 <sup>b</sup>	0.587 <sup>a</sup>
	6	0.48 <sup>b</sup>	0.017 <sup>c</sup>	0.577 <sup>ab</sup>
	8	0.49 <sup>a</sup>	0.057 <sup>b</sup>	0.563 <sup>b</sup>
马铃薯 017B	10	0.45 <sup>c</sup>	0.090 <sup>a</sup>	0.530 <sup>c</sup>
	0	0.43 <sup>a</sup>	0.107 <sup>a</sup>	0.567 <sup>a</sup>
	2	0.47 <sup>b</sup>	0.110 <sup>a</sup>	0.530 <sup>b</sup>
	4	0.49 <sup>a</sup>	0.093 <sup>a</sup>	0.527 <sup>b</sup>
	6	0.49 <sup>a</sup>	0.107 <sup>a</sup>	0.490 <sup>c</sup>
8	0.50 <sup>a</sup>	0.097 <sup>a</sup>	0.483 <sup>c</sup>	
10	0.51 <sup>a</sup>	0.093 <sup>a</sup>	0.463 <sup>d</sup>	

由表 3 可知:118C 添加 8% 时 C2 值增大了 14%;且在添加量为 6% 时,有效的减缓了机械弱化作用,其值降低了 84%;但对热弱化有促进作用,值由 0.567 增加到 0.577,添加量增加到 8% 时才有所下降( $p < 0.05$ )。而 017B 对 C2 值、机械力稳定性,几乎没有作用;但添加 2% 就可以显著的降低热弱化作用( $p < 0.05$ ),而且随着添加量的增加,弱化值继续降低,最大可降低 18%。也有实验表明醋酸酯淀粉添加范围在 2% 之内,可以降低面团的跌落值(表示抵抗机械力的能力,值越小,抵抗能力越强),且木薯淀粉的作用强于马铃薯淀粉,由 18 分别降低到 11、13<sup>[15]</sup>。

两种变性淀粉对面团强度的影响不同可能是因为两者的作用方式不同。118C 减弱了机械弱化而增加了热弱化值,可能是因为 118C 在和面阶段与少量的面筋及原淀粉形成了比较稳定的共同的网络结构,使面团强度增加,减弱了机械弱化值,但当面团加热时,118C 及原淀粉开始糊化膨胀,破坏了之前形成的稳定的网络结构,进而促进了面团在加热过程中的弱化。而 017B 对面团的机械弱化几乎没有影响,但是却降低了热弱化值,可能是由于其在面团形成时,并没有与面团中的成分形成可抵抗机械作用的共同结构

(对稳定时间几乎无影响也可说明这一点),并且 017B 的糊化温度低于 118C<sup>[16]</sup>,在加热过程中,首先糊化,糊化后的淀粉颗粒粘度增加,更好的粘附了面团中的面筋及淀粉,从而使得其热弱化值降低。

## 2.5 醋酸酯变性淀粉对面团糊化性质的影响

C3 是面团在糊化过程中的最大扭矩;糊化作用是糊化过程中,最大扭矩与最小扭矩的差值,差值越大,糊化作用越强;蒸煮稳定性指在 90℃ 保温过程中,C4 与 C3 的比值,值越大,则说明面团的蒸煮稳定性越强。两种醋酸酯淀粉对面团 C3 值、糊化作用、蒸煮稳定性的影响见表 4。

由表 4 可知,两种醋酸酯淀粉都可以显著的降低 C3 值,减弱糊化作用( $p < 0.05$ ),随着添加量增加,其值越小。这可能是由于醋酸酯淀粉比原淀粉更易糊化,从而降低了面团的最大扭矩,进一步减弱了面团中淀粉的糊化作用,也可能是因为淀粉引入乙酰基,即酯化后,淀粉剪切变稀现象更明显<sup>[2]</sup>,所以表现为扭矩值减少。在蒸煮稳定性方面,两者都可显著提升蒸煮稳定性( $p < 0.05$ ),这在面条蒸煮过程中具有重要的意义。通过对两组值的比较,017B 对面团蒸煮稳定性的提升效果优于 118C。

表 4 两种醋酸酯淀粉对面团淀粉糊化特性的影响

Table 4 Effect of acetate starch on pasting properties

醋酸酯 变性淀粉	添加量 (%)	C3 (N·M)	糊化作用 C3-C2(N·M)	蒸煮稳定性 C4/C3
木薯 118C	0	1.96 <sup>a</sup>	1.52 <sup>a</sup>	0.883 <sup>d</sup>
	2	1.77 <sup>b</sup>	1.34 <sup>b</sup>	0.913 <sup>b</sup>
	4	1.65 <sup>c</sup>	1.18 <sup>c</sup>	0.893 <sup>c</sup>
	6	1.55 <sup>d</sup>	1.07 <sup>d</sup>	0.877 <sup>d</sup>
	8	1.42 <sup>e</sup>	0.93 <sup>e</sup>	0.907 <sup>b</sup>
马铃薯 017B	10	1.37 <sup>f</sup>	0.94 <sup>e</sup>	0.930 <sup>a</sup>
	0	1.96 <sup>a</sup>	1.52 <sup>a</sup>	0.883 <sup>c</sup>
	2	1.81 <sup>b</sup>	1.33 <sup>b</sup>	0.897 <sup>c</sup>
	4	1.68 <sup>c</sup>	1.18 <sup>c</sup>	0.917 <sup>b</sup>
	6	1.53 <sup>d</sup>	1.04 <sup>d</sup>	0.940 <sup>a</sup>
8	1.43 <sup>e</sup>	0.94 <sup>e</sup>	0.933 <sup>a</sup>	
10	1.42 <sup>e</sup>	0.89 <sup>f</sup>	0.943 <sup>a</sup>	

面团的最大扭矩值与淀粉的糊化也有关系,王善荣<sup>[17]</sup>等的实验表明,原淀粉经过乙酰化修饰后其相应的淀粉醋酸酯的糊化温度及峰值粘度均有所降低,更有利于淀粉的糊化。面团的蒸煮稳定性与淀粉糊化的衰落值有关,王坤<sup>[13]</sup>等在面粉中加入醋酸酯变性淀粉,然后测其糊化曲线,发现添加了醋酸酯变性淀粉的样品的衰落值有显著的降低。所以,醋酸酯淀粉可以改善蒸煮稳定性可能是由于其稳定性比谷物原淀粉的稳定性好而导致的,还有可能是因为酯化淀粉糊化膨胀后,变性淀粉会有交联的网络溶胀在水中,这样就有可能与混合粉中的其他物质互相贯穿,形成高聚物网络,从而维持面团糊化过程的强度<sup>[18]</sup>。

## 2.6 醋酸酯变性淀粉对面团面筋弱化及淀粉糊化速率性质的改变

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  的值是由扭矩曲线不同阶段的角度决定



的<sup>[19]</sup>。 $\alpha$ 是指面团在机械和热作用下面筋弱化曲线的斜率,斜率值越大,则弱化速率越小。 $\beta$ 是指面团在加热过程中,淀粉发生糊化后,面团扭矩上升曲线的斜率, $\beta$ 值越大,则表明糊化速率越大。 $\gamma$ 是指在90℃保温时,扭矩的下降速率,即酶促降解速率, $\gamma$ 值越大,则降解速率越小。两种醋酸酯淀粉对面团 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 值的影响见表5。

118C添加量大于8%,017B添加量大于4%之后,可以明显的降低面团的弱化速度。两种变性淀粉都会降低面团淀粉的 $\beta$ 值,而随着添加量的增加,糊化速率递减。而两种变性淀粉的添加均明显的增大了 $\gamma$ 值,但其添加量与斜率之间,没有明显的趋势<sup>[20]</sup>。这与R.Moreira<sup>[21]</sup>等人的研究结果相似,他们在栗子面中加入栗子淀粉,可以显著的降低面筋弱化、淀粉糊化及淀粉酶酶促降解的速率,而在添加的不同梯度之间,并没有显著的变化。

表5 两种醋酸酯变性淀粉  
对面团弱化及淀粉糊化速率的影响  
Table 5 Effect of acetate starch on the rate  
of dough weakening and pasting

变性淀粉	添加量(%)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
	0	-0.042	0.6	-0.076
	2	-0.052	0.246	-0.032
木薯	4	0.002	0.394	-0.052
118C	6	-0.04	0.352	-0.026
	8	-0.034	0.253	-0.037
	10	-0.03	0.131	-0.02
	0	-0.042	0.6	-0.076
	2	-0.04	0.398	-0.022
马铃薯	4	0.004	0.488	-0.012
017B	6	-0.012	0.344	-0.034
	8	0.004	0.29	-0.01
	10	-0.002	0.214	-0.048

### 3 结论

通过混合实验仪,测定了分别添加不同含量的木薯醋酸酯淀粉(118C)及马铃薯醋酸酯淀粉(017B)对荞麦与小麦混合粉面团的流变学特性的影响。两种醋酸酯淀粉均可以改善低筋面团的粉质特性,而118C的效果更好,017B对吸水率甚至有降低的作用。在面团强度稳定性方面,118C可以增强面团的机械稳定性,而017B可以增强其热稳定性,所以都可以降低面团弱化的速率,但作用效果不同。在面团糊化性质方面,二者都显著的降低了面团的最大扭矩,减弱了糊化作用和速率,且增强了面团的烹煮稳定性,减弱了淀粉酶的降解作用,017B增强稳定性的作用要优于118C。两种醋酸酯淀粉在各个性质中表现出了不同的特点,这需要进一步的研究两种变性淀粉各自在面粉中起到的不同作用,从而将其更有利的应用于各种产品的加工。

### 参考文献

[1]刘玉江,王菁莎,刘景彬.荞麦的加工利用[J].粮食加工,

2006(2):20-23.

[2]于泓鹏,朱婉怡,高群玉.食用醋酸酯淀粉制备和性质的研究[J].食品科学,2003,24(7):70-74.

[3]王凤,黄卫宁,刘若诗,等.采用 Mixolab 和 Rheometer 研究含外源蛋白燕麦面团的热机械学和动态流变学特性[J].食品科学,2009,30(13):147-152.

[4]国家粮食局科学研究院,北京市粮油食品检验所.GB/T 5506.4-2008 面筋含量的测定[S].北京:中国标准出版社2008.

[5]中华人民共和国卫生部.GB 5009.3-2010-直接干燥法[S].北京:中国标准出版社,2010.

[6]张艳,王彦飞,陈新民,等.Mixolab 参数与粉质、拉伸参数及面包烘烤品质的关系[J].作物学报,2009,35(9):1738-1743.

[7]Hamit Koksels, Kevser Kahraman, Turgay Sanal, et al. The potential utilization of Mixolab for the quality evaluation 1 of bread wheat genotypes [J]. Cereal Chemistry, 2009, 86(5): 522-526.

[8]Cristina M. Rosell, Concepción Collar, Mónica Haros. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab [J]. Food Hydrocolloids, 2007(21):452-462.

[9]栗瑞娟,熊善柏,赵思明,等.面团组成对鱼面面团及面片流变学特性的影响[J].食品科学,2008,29(9):83-86.

[10]林莹,辛志平,古碧,等.不同变性淀粉对冷冻面团热力学特性的影响[J].食品工业科技,2012,33(5):59-62.

[11]李歆,凌家煜,郝希成.粉质质量指数与其他粉质指标间相互关系的研究[J].粮油食品科技,2003,11(1):8-10.

[12]吴建平,丁霄霖.变性淀粉对新鲜面品质改良的研究[J].粮食与饲料工业,1997,4:41-43.

[13]丁士勇,刘文豪,熊善柏.变性淀粉及谷朊粉对面团特性的影响研究[J].食品研究与开发,2007,28(7):43-48.

[14]赵晓光,王森,徐榕榕,等.酶改性蛋黄粉对面团流变学特性的影响[J].中国粮油学报,2009,24(6):7-11.

[15]王坤,吕振磊,王雨生,等.变性淀粉对面团流变学特性和面包品质的影响[J].食品与机械,2011,27(4):20-24.

[16]王晓燕,童群义.原料和制备方法对醋酸酯淀粉糊化特性的影响[J].食品工业科技,2005,26(11):62-65.

[17]王善荣,陈正宏,郑广新.淀粉对油炸方便面品质影响的研究[J].食品科学,2004,25(11):109-111.

[18]王放.变性淀粉在面条生产中的应用研究[J].食品工业,1996,5:6-7.

[19]Weining Huang a, Lingling Li a, Feng Wanga, et al. Effects of transglutaminase on the rheological and Mixolab thermomechanical characteristics of oat dough [J]. Food Chemistry, 2010, 121: 934-939.

[20]RMoreira, FChenlo, MD Torres, et al. Influence of the particle size on the rheological behaviour of chestnut flour doughs [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 100: 270-277.

[21]R Moreira, FChenlo, MD Torres. Effect of sodium chloride, sucrose and chestnut starch on rheological properties of chestnut flour doughs [J]. Food Hydrocolloids, 2010, 25(5): 1014-1050.