木薯醋酸酯淀粉对面团及挂面力学特性的影响

刘传富[1]，郭玉秋[2]，代养勇[1]，董海洲[1]
（1.山东农业大学食品科学与工程学院，山东泰安 271018）（2.山东省饲料质量检验所，山东济南 250022）

摘要：挂面是常见的一种传统食品，为了提高挂面的品质，本文考察了木薯醋酸酯淀粉添加量对面团粉质特性、面团拉伸特性、面粉糊化特性、生挂面弹性模量、抗弯能力、断裂能力以及熟挂面的坚实度、质构特性等技术指标的影响。试验结果表明，木薯醋酸酯淀粉可有效改善面团的粉质、拉伸特性和糊化特性，使面团的吸水率、粉质指数和拉伸阻力增大，形成时间延长，弱化度和延伸度降低，适量添加可延长面团的稳定时间，提高拉伸能量；添加木薯醋酸酯淀粉可提高生挂面的弹性模量和抗弯能力，降低熟挂面的坚实度，提高挂面的黏度、弹性和粘聚性，改善挂面品质。综合分析混合粉面团的粉质、拉伸和糊化特性，并通过测试分析生、熟挂面的力学特性，最终确定木薯醋酸酯淀粉的最佳添加量为 3~6%，为其在面制品中的应用提供理论参考。

关键词：木薯醋酸酯淀粉；面团特性；挂面；力学
文章篇号：1673-9078(2016)6-233-238 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.6.037

Effects of Cassava Starch Acetate on Dough Characteristics and Dried Noodle Mechanical Properties

LIU Chuan-fu[1], GUO Yu-qiu[2], DAI Yang-yong[1], DONG Hai-zhou[1]
(1.College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)
(2. Shandong Provincial Testing Institute of Feed Quality, Jinan 250022, China)

Abstract: Noodles are a common traditional food. To improve the quality of noodles, the effects of adding cassava starch acetate on the farinograph characteristics and tensile properties of dough, pasting properties of flour, elastic modulus, bending strength and fracture stress of raw noodles, and the firmness and texture properties of cooked noodles were investigated in this study. The results showed that cassava starch acetate could significantly improve farinograph characteristics and tensile properties of dough and pasting properties, increase water absorption, farinograph index, tensile strength, and dough development time, and reduce the degree of softening and the extensibility of dough. Adding an appropriate amount of cassava starch acetate extended the dough stability time and improved tensile energy. Additionally, adding cassava starch acetate improved the elastic modulus and bending capability of dried noodles, reduced the firmness of cooked noodles, and increased the adhesiveness, springiness, and cohesiveness, thus improving the quality of dried noodles. The farinograph quality, extensibility, and pasting properties of the mixed powder were comprehensively analyzed, and the mechanical properties of the crude and cooked noodles were measured. Finally, the optimum amount of added cassava starch acetate was determined to be 3-6%. These results provide a theoretical reference for the application of cassava starch acetate in the processing of flour products.

Key words: cassava starch acetate, dough characteristics, dried noodle, mechanical property

挂面是中国及亚洲一些国家和地区常见的一种传统面食，具有制作简单、烹调快捷、使用方便、易于贮存、经济实惠的特点，一直是人们十分喜爱的主要面食之一[1]。随着人们生活水平的不断提高和消费观念的不断变化，人们对挂面品质质量提出了更高要求，但目前该食品在加工特性方面仍存在诸多问题，在挂面生产中通常添加一定量的淀粉，用以改善挂面的品质[2~3]。淀粉的添加可以改善挂面的品质，如咀嚼性、光亮度、爽滑性、色泽等，缩短面条最佳蒸煮时间，也可改善面条的质地、加工特性和营养特性。刘延奇等[4]研究了氧化淀粉对面条品质的影响，在面条中分别添加 1%的马铃薯氧化淀粉和玉米氧化淀粉，面条弹性增强、断条率降低、感官质量提高、面汤浊度降低；潘润淑等[5]曾在面粉中添加 3.25%马铃薯氧化淀粉，面条的断条率是 0%，蒸煮损失率为 10.7%；卢帮贵等[6]研究了淀粉种类及添加量对鲜湿面条质量的影

收稿日期：2015-08-16
基金项目：国家自然科学基金（31471619）；山东省自然科学基金（ZR2014JL020）
作者简介：刘传富（1962-），男，高级实验师，研究方向：粮油食品加工
通讯作者：董海洲（1957-），男，教授，博士生导师，研究方向：粮油食品加工

响，红薯淀粉、马铃薯淀粉、玉米淀粉、豌豆淀粉、小麦淀粉均能改善鲜湿面的色泽，玉米淀粉效果最佳，除红薯淀粉外，其他淀粉添加使面条的硬度下降，黏附性、回复性、粘聚性升高，坚实度和拉断力随添加量的增加呈先升后降的趋势；玉米淀粉、小麦淀粉、马铃薯淀粉显著增大了面条的色泽得分，豌豆淀粉和红薯淀粉显著影响了韧性和黏度得分；潘丽军等[7]研究了甘薯淀粉对蒸煮挂面品质的影响，添加甘薯淀粉少于 10%时挂面的蒸煮断条率、蒸煮损失变化不大，口感滑爽。淀粉由于品种之间性质的差异导致其在面制品中的作用也不尽相同。

木薯淀粉是重要的植物淀粉，年产近 100 万 t。和其他淀粉相比，具有较高黏度、较强的渗透力及成膜性，而糊液在耐高温、耐酸性和耐剪切性等方面存在不足，但在一定条件下与醋酸或醋酸衍生物得到的木薯醋酸酯淀粉，糊液具有凝沉性低、耐高温、冻融稳定性高以及分子间不易形成氢键等优良特性，另外醋酸酯淀粉可以提高原淀粉的稳定性和抗老化，可作为优良的增稠剂、稳定剂广泛应用于食品中。因此，本文主要研究探讨木薯醋酸酯淀粉对面团及挂面力学特性的影响，旨在为木薯醋酸酯淀粉在挂面中的应用提供一定的基础数据及理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

木薯醋酸酯淀粉：杭州普罗星淀粉有限公司；小麦粉（特一粉）：山东泰安面粉厂，其蛋白质质量分数 13.1%、含水率 13.5%、灰分质量分数 0.6%。

1.2 仪器与设备

AY220 电子分析天平：日本岛津公司；RVA-Ezitm 黏度分析仪：瑞典波通仪器公司；SF17 和面机：意大利 Alaska 公司；DMT-5 电动家用面条机：龙口市复兴机械有限公司；TA-XT2i 质构仪：英国 Stable Micro System 公司；JFZD 型粉质仪、JMLD 型拉伸仪：北京东孚恒久仪器有限公司；不锈钢直尺（最小刻度 1 mm）：市售。

1.3 试验方法

1.3.1 木薯醋酸酯淀粉的混合添加试验

用恒定面粉重量法，木薯醋酸酯淀粉分别以质量分数 0、3%、6%、9%、12%的比例取代小麦粉，混合均匀后待用。面团粉质特性的测定参照国标 GB/T14614-2006 方法进行、拉伸特性的测定参照国标 GB/T14615-2006 方法进行、糊化特性的测定参照国标 GB/T24853-2010 方法进行。

1.3.2 挂面的制作[8]

根据预备试验，选定制作挂面的面团含水量为 37%，根据含水量得到该样品的加水量，采用水温为 25 ℃水和面，压延 5 遍，切割取样，室温下自然晾干。挂面厚 1 mm，宽 4 mm。挂面加水量按下式计算：

加水量＝（面团含水量-小麦粉含水量-木薯醋酸酯淀粉含水量）÷（100-面团含水量）×100%

1.3.3 生挂面的弹 性模量测定[9]

选取含水率和贮藏时间相同、厚薄均匀、平直的挂面，截成长度为 150 mm，将样品垂直放置在探头和底座之间进行测试。基本参数设置：探头：P/100；测试模式：压缩力测试；运行方式：返回起始点；触发方式：自动触发、触发力 0.005 N；测前、测时以及测后速度均为：0.1 mm/s ；记录方式：Final；数据采集速率：10 pps；传感器：5 kg。重复 10 次，计算端部转角为 20 ℸ时挂面的弹性模量值。

1.3.4 生挂面的抗弯能力测定[9]

选取含水率和贮藏时间相同、厚薄均匀、平直的挂面，截成长度为 150 mm，将样品垂直放置在探头和底座之间进行测试。基本参数设置：探头：P/100；测试模式：压缩力测试；运行方式：返回起始点；触发方式：自动触发、触发力 0.005 N；测前、测时以及测后速度均为：0.1 mm/s ；记录方式：Final；数据采集速率：10 pps；传感器：5 kg。重复 10 次，记录其端部轴向位移量，端部转角与端部轴向位移量之间是一一对应关系，同时计算断裂时中点应力（简称断裂应力）。

1.3.5 熟挂面质构测定

称取 10 g 挂面，放入盛有 400 mL 沸水的烧杯中，在磁炉上煮 4 min，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。

熟挂面坚实度测定：采用 TA-XT2i 质构仪对样品进行质构测定，最大剪切力反映烹煮后挂面的坚实度。探头 A/LKB-F，切割速度 0.1 mm/s，形变 90%。

熟挂面 TPA 性质测定：用 P/100 探头测定挂面质地，测试前速度 2.0 mm/s，测试速度 0.5 mm/s，测试后速度 2.0 mm/s，测试距离，75%样品厚度，时间间隔 1 s，感应力 Auto-5 g，记录硬度、弹性等参数。

1.4 数据处理分析

试验结果采用 Excel 和 SPSS18.0 进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 木薯醋酸酯淀粉对面团粉质特性的影响

表 1 木薯醋酸酯淀粉对面团粉质特性的影响

Table 1 Effects of cassava starch acetate on the farinograph properties of dough

添加量 /%	吸水率 /(mL/100 g)	形成时间 /min	稳定时间 /min	弱化度 /FU	粉质指数
0	58.3±0.20^{a}	3.2±0.20^{a}	3.2±0.15^{ab}	133±2.60^{c}	50±2.00^{a}
3	58.5±0.00^{ab}	3.7±0.10^{b}	3.3±0.10^{b}	123±1.50^{b}	55±2.50^{bc}
6	58.6±0.10^{b}	3.4±0.22^{a}	3.6±0.05^{c}	122±1.00^{b}	56±1.10^{c}
9	58.7±0.10^{bc}	3.3±0.10^{a}	3.1±0.20^{ab}	114±1.20^{a}	52±0.70^{ab}
12	58.9±0.20^{c}	3.3±0.06^{a}	3.0±0.15^{a}	115±1.60^{a}	51±2.20^{a}

注：同列不同字母表示差异显著（$p<0.05$），下同。

从表 1 可以看出，木薯醋酸酯淀粉对面团粉质特性有一定的影响。随着添加量的逐渐增加，面团的吸水率逐渐增大（$p<0.05$），这主要是由于木薯醋酸酯淀粉含有亲水性基团对水分具有较强的吸附作用，导致吸水率提高，吸水率提高有利于产品的成型和保持；面团的形成时间在添加量 3%时达到最大值（3.7 min），超过 3%，面团的形成时间有所下降（$p>0.05$），但仍高于对照；面团的稳定时间在添加量为 6%时达到最大值（3.6 min），添加量超过 6%，面团的稳定时间降低（$p<0.05$）。弱化度随着添加量的逐渐增加，总体呈下降趋势；添加量在 0~6%范围内，粉质指数随添加量的增加而增加（$p<0.05$），超过 6%时，粉质指数开始降低，在添加量 12%时粉质指数降到 51，但仍高于对照。这主要是由于面粉筋力越强，面粉形成时间越长，面团耐揉性增加，面团稳定时间越长。适量添加木薯醋酸酯淀粉，其具有的粘附性能使面筋与淀粉颗粒、淀粉颗粒与淀粉颗粒、碎散的面筋很好的粘合起来，形成致密的网络结构[10]，从而提高面团的形成时间、稳定时间和粉质指数，如木薯醋酸酯淀粉添加量过高（超过 6%），面粉中面筋蛋白被过度稀释，破坏了面团的连续性，面团无法形成较好粘弹性的三维网络整体，只能形成多个稀松且分散的网络区域，面团的耐受机械搅拌能力下降，从而降低面团的形成时间、稳定时间以及粉质指数。

2.2 木薯醋酸酯淀粉对面团拉伸特性的影响

从表 2 可以看出，面团拉伸能量随木薯醋酸酯淀粉添加量的增加先增大后减小，在添加量 3%时达到最大值（75 cm^2），当其添加量超过 3%时，拉伸能量显著下降（$p<0.05$）。拉伸能量反映面团从开始拉伸到断裂所需能量，拉伸能量的增加可能是由于少量木薯醋酸酯淀粉对面筋网络的填充效应，增强了面团的抗拉强度，但添加量过多（大于 6%），木薯醋酸酯淀粉会稀释面筋蛋白，影响面筋网络的形成，导致面团拉伸强度的降低；随着木薯醋酸酯淀粉添加量的增加，延伸度有所降低，延伸度下降说明延展性变差，这可能是添加过多木薯醋酸酯淀粉无法形成完整的面筋网络所致；面团的拉伸阻力随添加量的增加先增大后减小，在添加量达到 6%时达到最大（310EU），超过 6%时拉伸阻力有所下降，但添加量 12%时仍明显高于对照。这说明添加少量木薯醋酸酯淀粉能够增强面团的弹性，但过多的木薯醋酸酯淀粉（超过 6%）会影响面筋网络的形成，导致面团的弹性降低。拉伸比值随添加量的增加先增加后减小，在添加量 6%达到最大值（2.2），超过 6%时显著下降（$p<0.05$）。最大拉伸比反映面团的抗拉伸强度，比值小则面团延展性大，弹性小，流动性大，拉伸比增加说明添加木薯醋酸酯淀粉会有效提高面团的弹性，减小面团的延展性。

表2 木薯醋酸酯淀粉对面团拉伸特性的影响(90 min)

Table 2 Effects of cassava starch acetate on the tensile properties of dough（90 min）

添加量 /%	拉伸能量 /cm^2	延伸度 /mm	拉伸阻力 /EU	拉伸比值
0	64±2.00^{a}	149±3.20^{c}	247±4.00^{a}	1.7±0.10^{a}
3	75±1.00^{c}	144±2.00^{bc}	306±3.00^{d}	2.1±0.02^{c}
6	68±1.00^{b}	138±2.20^{ab}	310±1.00^{d}	2.2±0.04^{d}
9	66±3.00^{ab}	137±4.30^{ab}	292±5.20^{c}	2.1±0.01^{c}
12	63±2.50^{a}	134±5.50^{a}	279±2.40^{b}	2.0±0.00^{b}

2.3 木薯醋酸酯淀粉对面粉糊化性质的影响

从表 3 可以看出，随着木薯醋酸酯淀粉添加量的增加，面粉的峰值黏度、最低黏度、最终黏度均逐渐增加（$p<0.05$），衰减值、回生值和糊化温度均逐渐降低（$p<0.05$）；添加量在 0~6%范围内，峰值时间随添加量的增加显著增加（$p<0.05$），添加量超过 6%时峰值时间差异不显著（$p>0.05$）。

淀粉糊化特性是反映淀粉品质的主要指标，与挂面品质之间存在相关性[11]。糊化温度反映熟化小麦粉所需要的最低温度，混合粉糊化温度降低，说明木薯醋酸酯淀粉能够降低小麦粉所需的能量，这主要是由于木薯淀粉经醋酸酯化分子中引入了乙酰基团，淀粉粒吸水后膨胀能力得到增强，从而使淀粉粒容易膨胀糊化；回生值反映面粉糊化后淀粉分子重新结晶的程度，是由小麦粉中淀粉特性以及糊化淀粉的水解特性决定的，回生值减小说明木薯醋酸酯淀粉能够减缓淀粉回生进程，有利于延缓挂面的老化速度。这主要是由于木薯醋酸酯淀粉中的乙酰基与葡萄糖单元上的羟基形成分子内的氢键，能有效阻碍淀粉分子间氢键的形成[12]，从而导致淀粉的凝沉老化，回生值降低；衰减值反映面粉抗剪切能力，衰减值减小说明木薯醋酸酯淀粉能够维持小麦粉中淀粉结构稳定，减小加热和剪切力对淀粉颗粒的破坏，这主要是由于木薯醋酸酯淀粉的稳定性优于小麦粉淀粉。

表3 木薯醋酸酯淀粉对面粉糊化特性的影响

Table 3 Effects of cassava starch acetate on the pasting properties of flour

添加量 /%	峰值黏度 /cP	最低黏度 /cP	衰减值 /cP	最终黏度 /cP	回生值 /cP	峰值时间 /min	糊化温度 /℃
0	2 132±11.00^{a}	1 504±8.00^{a}	588±4.00^{d}	2 711±31.00^{a}	1 311±9.00^{c}	6.05±0.05^{a}	86.57±0.27^{d}
3	2 333±16.17^{b}	1 716±16.46^{b}	587±6.43^{d}	3 028±29.37^{b}	1 276±11.00^{b}	6.40±0.07^{b}	68.95±0.19^{c}
6	2 389±9.07^{c}	1 801±10.00^{c}	561±3.00^{c}	3 077±26.00^{b}	1 283±8.00^{b}	6.51±0.02^{c}	68.83±0.21^{c}
9	2 449±25.16^{d}	1 862±23.25^{d}	550±5.00^{b}	3 145±23.07^{c}	1 239±4.93^{a}	6.50±0.03^{c}	68.32±0.15^{b}
12	2 476±26.00^{d}	1 926±20.00^{e}	534±3.00^{a}	3 165±29.00^{c}	1 241±7.00^{a}	6.50±0.03^{c}	67.30±0.23^{a}

2.4 生挂面的弹性模量测定分析

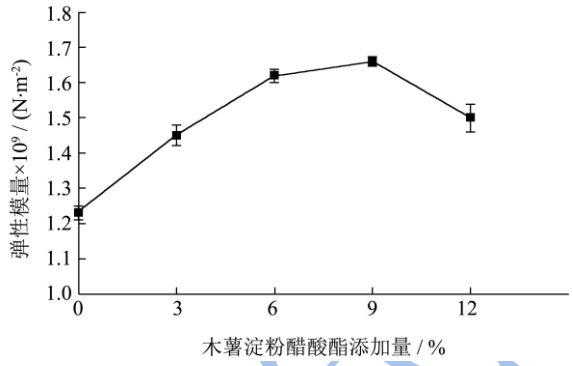


图 1 木薯醋酸酯淀粉对生挂面的弹性模量的影响

Fig.1 Effects of cassava starch acetate on the elastic modulus of raw noodle

通过弹性模量可分析研究挂面的品质，弹性模量反映挂面的弹性，值越大说明挂面的品质越好[13]。从图 1 可以看出添加木薯醋酸酯淀粉对挂面的弹性模量有一定的影响。在添加量 0~6%的范围内，挂面的弹性模量有明显上升趋势，在 6~9%范围内，弹性模量上升趋势缓慢，超过 9%后弹性模量下降但仍然明显高于对照。这是由于木薯醋酸酯淀粉通过自身较强的亲水作用以及面粉中淀粉和蛋白质相互作用形成复合物，改善了面筋网络结构。

2.5 生挂面的抗弯能力试验分析

2.5.1 端部轴向位移量分析

从图 2 可以看出木薯醋酸酯淀粉添加量在 0~6%范围内，挂面的端部轴向位移量呈上升趋势，添加量超过 6%时，端部轴向位移量有所下降，在添加量为 9%时，端部轴向位移量有所增大。

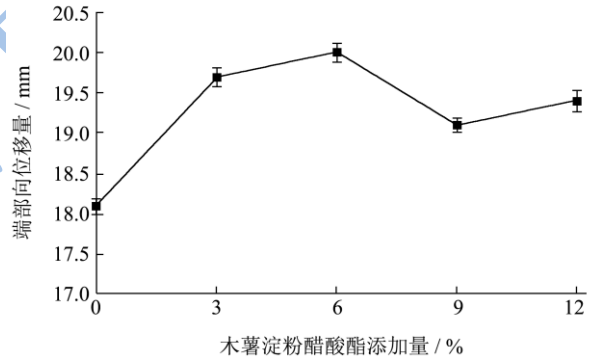


图 2 木薯醋酸酯淀粉对生挂面的端部轴向位移量的影响

Fig.2 Effects of cassava starch acetate on the end axial displacement of raw noodles

2.5.2 断裂应力分析

添加木薯醋酸酯淀粉的挂面断裂应力在添加量 0~3%之间上升幅度较大，超过 3%后，开始下降。添加量在 6~9%时，断裂应力下降趋势不明显，超过 9%之后有较明显下降。

以上两种方法都能体现木薯醋酸酯淀粉对挂面抗弯能力影响的总体趋势，但从图 2，3 可以看出，由于受到挂面厚薄不均匀的影响，挂面端部轴向位移量随添加量的变化趋势不够明显，而断裂应力随木薯醋酸酯淀粉添加量的增加而表现出明显的变化，可靠度更高。由以上两种方法可以看出，添加适量木薯醋酸酯淀粉，可以明显改善生挂面的机械强度，提高挂面的

耐包装和运输品质。

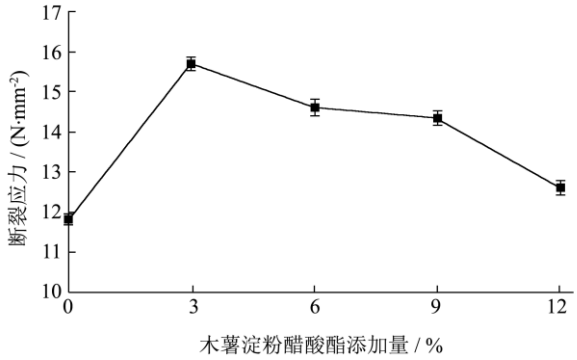


图 3 木薯醋酸酯淀粉对生挂面的断裂应力的影响

Fig.3 Effects of cassava starch acetate on the fracture stress of raw noodles

2.6 木薯醋酸酯淀粉对熟挂面质地的影响

2.6.1 木薯醋酸酯淀粉对熟挂面坚实度的影响

坚实度表征了挂面的耐煮性，坚实度和挂面感官评价筋道感、硬度呈高度相关[14]，坚实度下降说明挂面质地变得柔软，耐煮性变差。从图 4 可以看出，添加木薯醋酸酯淀粉对熟挂面的坚实度有一定的影响。随着添加量的增加，熟挂面的坚实度呈不断下降趋势。这可能是由于木薯醋酸酯淀粉的面粉在一定程度上稀释了面团中的蛋白质，减少了面团中能形成网络结构的成分含量，使面团的坚实度降低，从而降低挂面的坚实度。

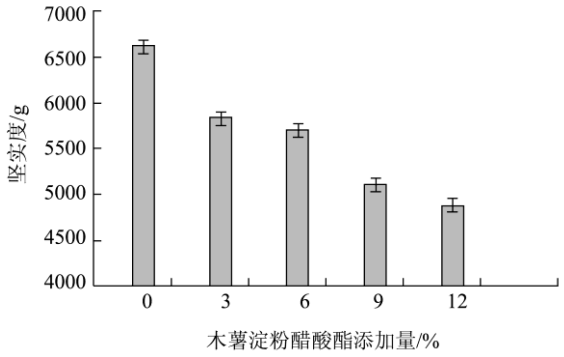


图 4 木薯醋酸酯淀粉对熟挂面坚实度的影响

Fig.4 Effects of cassava starch acetate on the firmness of cooked noodles

2.6.2 木薯醋酸酯淀粉对熟挂面 TPA 性质的影响

表 4 木薯醋酸酯淀粉对挂面质构特性（TPA）的影响

Table 4 Effects of cassava starch acetate on the TPA of dried noodles

添加量/%	硬度/g	黏度/(g s)	弹性	粘聚性	胶着性/g	咀嚼性/g	回复性
0	6 654.75±32.14^{e}	-242.38±2.38^{c}	0.77±0.02^{a}	0.50±0.00^{a}	3 327.38±16.07^{e}	2 561.86±54.18^{e}	0.37±0.00^{b}
3	5 524.88±26.76^{d}	-243.25±3.86^{c}	0.80±0.02^{b}	0.55±0.00^{c}	3 038.68±14.72^{d}	2 430.75±49.00^{d}	0.34±0.01^{a}
6	4 891.05±17.54^{c}	-296.03±1.93^{a}	0.84±0.01^{c}	0.54±0.01^{bc}	2 641.05±39.44^{c}	2 218.75±59.54^{c}	0.37±0.00^{b}
9	4 798.88±22.48^{b}	-258.20±5.41^{b}	0.83±0.00^{c}	0.53±0.01^{b}	2 543.56±59.90^{b}	2 111.15±49.72^{b}	0.33±0.01^{a}
12	4 310.40±30.87^{a}	-245.50±4.33^{c}	0.85±0.01^{c}	0.55±0.01^{c}	2 370.52±26.13^{a}	2 015.11±45.91^{a}	0.36±0.02^{b}

挂面的煮制过程实质是淀粉的糊化和蛋白变性凝聚，木薯醋酸酯淀粉的加入导致面粉糊化特性的变化，最终导致挂面质构特性的变化。从表 4 可以看出，添加木薯醋酸酯淀粉，可以一定程度提高挂面的黏度、弹性和粘聚性，降低挂面的硬度、胶着性和咀嚼性，差异显著（$P<0.05$）；回复性变化不大。这可能是由于添加适量的木薯醋酸酯淀粉能很好的连接混合粉中的谷物淀粉和少量面筋，从而形成组织致密、弹性良好的面团，从而提高挂面的质构特性。

3 结论

木薯醋酸酯淀粉可有效改善面团的粉质、拉伸特性和糊化特性，降低熟挂面的坚实度，提高挂面的黏度、弹性和粘聚性；适量添加可提高生挂面的弹性模量和抗弯能力；采用断裂应力评价生挂面的抗弯能力较端部轴向位移量更合理。综合分析木薯醋酸酯淀粉在挂面生产中的最佳添加量为 3~6%，可最大限度改善挂面的品质。

参考文献

[1] Jin H, Zhang Y, Li G, et al. Effects of allelic variation of HMW-GS and LMW-GS on mixograph properties and Chinese noodle and steamed bread qualities in a set of Aroona near-isogenic wheat lines [J]. Journal of Cereal Science, 2013, 57(1): 146-152

[2] Tan H Z, Li Z G, Tan B. Starch noodles: History, classification, materials, processing, structure, nutrition, quality evaluating and improving [J]. Food Research International, 2009, 42(5): 551-576

[3] Hormdok R, Noomhorm A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(10): 1723-1731

[4] 刘延奇,杨留枝,陶颜娟,等.氧化淀粉对面条品质的影响

研究[J].食品工业科技,2007,27(11):65-68
LIU Yan-qi, YANG Liu-zhi, TAO Yan-juan, et al. Effects of starch on noodle qualities [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 27(11): 65-68

[5] 潘润淑,周光宏,余小领,等.紫甘薯面条的加工工艺研究[J].食品科学,2008,29(11):169-172
PAN Run-shu, ZHOU Guang-hong, YU Xiao-ling, et al. Study on processing technology of purple sweet potato noodles [J]. Food Science, 2008, 29(11): 169-172

[6] 卢帮贵,艾志录,潘治利.淀粉种类及添加量对鲜湿面质量的影响[J].中国粮油学报,2013,28(4):37-41
LU Bang-gui, AI Zhi-li, PAN Zhi-li. Influence of starches varieties and additive amounts on qualities of wet-fresh noodle [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(4): 37-41

[7] 潘丽军,尤青.添加甘薯淀粉改革改善面条食用品质的研究[J].粮油食品科技,2000,8(1):36-37
PAN Li-jun, YOU Qing. Study on the production of composite sweetpotato starch noodles [J]. Science and Technology

[8] 李向阳,刘传富,刁恩杰,等.大豆分离蛋白对面团特性及挂面品质的影响研究[J].中国粮油学报，2009，24(9):19-22
LI Xiang-yang, LIU Chuan-fu, DIAO En-jie et al. Effects of soybean protein isolate on dough characteristics and dried noodle quality [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(9): 19-22

[9] 朱美如.加工工艺对挂面力学特性影响的研究[D].镇江:江苏大学,2012
ZHU Mei-ru. Studies on the influence of processing technology for mechanical property on dry noodles [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2012

[10] Sharif N F A, Razak S I A, Rahman W A W A, et al. Preparation and characterization of cassava leaves/cassava starch acetate biocomposite sheets [J]. Bio. Resources, 2015, 10(3): 4339-4349

[11] 师俊玲.蛋白质和淀粉对挂面及方便面品质影响机理研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2001
SHI Jun-lin. Influence of protein and starch on qualities of chinese dried noodle and fried instant noodle [D]. Yangling: Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2001

[12] Zhang F, Liang Y, Tan C, et al. Research on the water-holding capacity of pork sausage with acetate cassava starch [J]. Starch - Stärke, 2014, 66(11-12): 1033-1040

[13] Inglett G E, Peterson S C, Carriere C J, et al. Rheological, textural, and sensory properties of Asian noodles containing an oat cereal hydrocolloid [J]. Food Chemistry, 2005, 90(1): 1-8

[14] Tan H Z, Li Z G, Tan B. Starch noodles: History, classification, materials, processing, structure, nutrition, quality evaluating and improving [J]. Food Research International, 2009, 42(5): 551-576

现代食品科技