DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2015.06.034

3 种食品添加剂对鲜湿面抗老化作用研究

Effects of 3 food additives on anti-aging in wet-fresh noodles

肖　东[1,2]　　周文化[1,2]　　邓　航[1,2]　　黄　阳[3]

XIAO Dong[1,2]　*ZHOU Wen-hua*[1,2]　*DENG Hang*[1,2]　*HUANG Yang*[3]

(1. 粮油深加工与品质控制湖南省协同创新中心,湖南 长沙　410004;2. 中南林业科技大学食品学院,湖南 长沙　410004;3. 克明面业股份有限公司,湖南 长沙　410004)

(1. *Grain and Oil Processing and Quality Control of Collaborative Innovation Center in Hunan Province*, *Changsha*, *Hunan* 410004, *China*; 2. *Food Science and Engineering*, *Central South Forestry University of Science and Technology University*, *Changsha*, *Hunan* 410004, *China*; 3. *Kemen Noodle Manufacturing Co., Ltd.*, *Changsha*, *Hunan* 410004, *China*)

摘要:鲜湿面含水量高,货架期内极易出现老化,为延缓其老化进程,添加瓜尔胶、硬脂酰乳酸钠、可溶性大豆多糖 3 种不同类型食品添加剂,并分析其质构特性及感官品质变化。结果表明:以鲜湿面硬度值变化作为老化指标,当添加量(食品添加剂∶面粉)分别为 0.2%的瓜尔胶,0.1%的可溶性大豆多糖,0.2%的硬脂酰乳酸钠时,鲜湿面硬度值最低;根据相关性分析得出质构仪参数:硬度值、黏度值及咀嚼度与感官评分相关性较好。从加入添加剂后的鲜湿面条的质构来看,硬度值:瓜尔胶<可溶性大豆多糖<硬脂酰乳酸钠($P<0.05$),黏度值:硬脂酰乳酸钠<可溶性大豆多糖<瓜尔胶($P<0.05$),咀嚼度:瓜尔胶<可溶性大豆多糖<硬脂酰乳酸钠($P<0.05$);感官评分:瓜尔胶>硬脂酰乳酸钠>可溶性大豆多糖($P<0.05$)。表明瓜尔胶总体感官评分较为优良,能够较好地延缓鲜湿面的老化,并保持鲜湿面的品质。

关键词:鲜湿面;老化;感官评定;质构特性;瓜尔胶;硬脂酰乳酸钠;可溶性大豆多糖

Abstract: The fresh-wet noodle was easily aging during the shelf period for the high moisture content. In order to decrease the process of aging, 3 kinds of additives, for guar gum, Sodium stearyl lactate (SSL) and Soluble soybean-polysaccharide (SSPS), were studied, and the texture and sensory evaluation were analyzed. Result: Taking the hardness of fresh-wet noodle as the aging index, with the addition quantities of additives, ratio of additive to flour, guar gum of 0.2%, SSPS of 0.1%, SSL of 0.2%, the hardness of fresh wet noodle is the lowest; The indexes, such as hardness, viscosity, and chewiness, which analyzed by the texture analyzer, had good correlation with the sensory scores by correlation analysis. The indexes were as followed: the hardness: guar gum < SSPS < SSL ($P<0.05$), the adhesiveness: SSL < SSPS < guar gum ($P<0.05$), the chewiness: guar gum < SSPS < SSL ($P<0.05$); sensory evaluation that guar gum > SSL > SSPS ($P<0.05$). That guar gum overall sensory score was better than the others, and it could decrease the aging process, and maintain the quality of fresh-wet noodle.

Keywords: wet noodle; anti-aging; sensory evaluation; correlation analysis texture; guar gum; sodium stearyl lactate; soluble soybean polysaccharides

鲜湿面相对干挂面而言,含水量高(57%～60%)[1],在贮存过程中极易发生老化现象,造成鲜湿面硬度增加,黏弹性、延展性下降,风味劣变,蒸煮时断条率提高,淀粉分子因水分子重新分布而导致鲜湿面老化,外观品质表现为硬化、易断条、黏性增加和咀嚼感差等[2-3];常规的抗老化方法有:快速干燥脱水法,低温冻结法以及添加淀粉改良剂[4],虽然这些方法操作较为简便,但是受到加工过程中食品种类的限制。有研究[5]表明:老化本质主要是淀粉分子与水分子重新分布。多糖类抑制淀粉的老化主要是提高了淀粉分子的亲水能力,造成空间位阻阻止直链淀粉分子之间的聚集,干扰直链淀粉分子自身的聚合[6-8]。而乳化剂抑制淀粉老化的机理主要是与直链淀粉相互作用,形成直链淀粉—乳化剂复合物,阻止直链淀粉的结晶,并且与面筋蛋白形成一种面筋复合物达到抑制淀粉老化的效果[9-11]。本研究根据多糖、乳

基金项目:湖南省食品科学与工程类专业大学生创新训练中心建设项目(编号:湘教通[2014]272 号);湖南省普通高校学科带头人培养对象资助项目(编号:湘教办通[2014]209 号);首批湖南省高等学校"2011 协同创新中心"粮油深加工与品质控制湖南省协同创新中心建设项目(编号:湘教通〔2013〕448 号)

作者简介:肖东(1992—),男,中南林业科技大学在读硕士研究生。E-mail:xiaodong13579@sina.com

通讯作者:周文化

收稿日期:2015-09-25

化剂能干扰分子间氢键的形成和抑制水分子重新分布的原理[12-15]，拟分别添加 GB 2760—2014 中允许使用的瓜尔胶、可溶性大豆多糖、硬脂酰乳酸钠，通过质构仪分析其抑制鲜湿面老化的最佳添加量及鲜湿面储藏过程中感官评分的变化，旨在为延长鲜湿面货架期提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

鲜湿面：湿面筋为 29.9%，中南林业科技大学稻谷及副产物国家工程实验室自制；

瓜尔胶：纯度为 70%，无锡市百端多化工有限公司；

可溶性大豆多糖：纯度为 99%，无锡市百端多化工有限公司；

硬脂酰乳酸钠：分析纯，无锡市百端多化工有限公司；

自封袋：聚乙烯(PE)树脂，厚度为 0.12 mm，河源市华丰塑料有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

质构仪：TA-XTPlus 型，英国 Stable Micro System 公司；

多功能电磁炉：C21-SK210 型，广东美的生活电器制造有限公司；

小型电动压面机：DHH-180A 型，永康市海鸥电器有限公司；

电热恒温培养箱：DH-360AB(303-1AB)型，北京中兴伟业仪器有限公司；

电子天平：JE602 型，上海浦春计量仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 鲜湿面制作工艺 称取 100 g 面粉于和面缸中，用手边搅拌边加盐水，共加入 33 g 盐水(含 2 g 食盐)，经和面，熟化，压片，切面，蒸煮水洗后装入自封袋，密封保存。

1.2.2 3 种食品添加剂延缓鲜湿面老化试验 称取 100 g 面粉于和面缸中，用手边搅拌边加盐水，共加入 33 g 盐水(含 2 g 食盐)，将分别用 0.2%，0.3%，0.4%(瓜尔胶，相对面粉用量，参考 GB 2760—2014 规定使用量，下同)；0.1%，0.2%，0.3%(硬脂酰乳酸钠和可溶性大豆多糖)加入盐水中，经和面，熟化，压片，切面，蒸煮水洗后装入自封袋，4 ℃密封保存。

1.2.3 面条的质构测定 采用 TA-XTPlus 型质构仪对鲜湿面的全质构进行分析，每次将 3 根鲜湿面条平行放置于载物平台上的固定位置，面条之间要有一定的间隔。每种试样至少重复 6 次。探头：P/36R；参数设定：测前速度 2.0 mm/s，测试速度 0.8 mm/s，测后速度 0.8 mm/s，压缩率 65%，起点感应力 5 g，两次压缩之间的时间间隔为 5 s。

1.2.4 面条感官评价 选取 10 位专业人士组成感官评价小组对面条进行感官评价，具体参照面条的感官评价标准表(表 1)。

表 1 鲜湿面感官评分标准

Table 1 Scores of sensory evaluation system for fresh wet noodles

项目	满分	评分标准[4,16-17]
色泽	15	面条的颜色和亮度、面条白、乳白、奶黄色，光亮为 8～10 分；亮度一般为 6～8 分；色发暗、发灰，亮度差为 1～6 分
表观状态	10	指面条表面光滑和膨胀程度，表面结构细密、光滑为 8～10 分，中间为 6～8 分，表面粗糙、膨胀、变形严重为 1～6 分
软硬度	20	用牙咬断一根面条所需力的大小。力适中得分为 17～20 分，稍偏硬或软 12～17 分，太硬或太软 1～12 分
黏弹性	30	面条在咀嚼时，咬劲和弹性的大小，有咬劲、富有弹性为 25～30 分，一般为 10～24 分，咬劲差、弹性不足为 1～9 分
光滑性	15	指在品尝面条时口感的光滑程度。光滑为 8～10 分；中间为 6～8 分；光滑程度差为 1～6 分
食味	10	指品尝时的味道。具麦清香味 8～10 分；基本无异味 6～8 分；有异味为 1～5 分

1.2.5 数据处理 利用 IMB 17.0 版 IMB SPSS Statistics 和 Excel 2010 进行数据处理，求平均值和标准差。

2 结果与讨论

2.1 鲜湿面 4 ℃储藏期间全质构的变化

研究[18]表明淀粉在 4 ℃最易发生老化，将鲜湿面贮存于 4 ℃，研究期间鲜湿面硬度、黏度、咀嚼度的变化。

由表 2 可知，随着储藏时间的延长，鲜湿面的硬度值、黏度值、咀嚼度均呈明显上升趋势($P<0.05$)，当储藏至 7 d 后，鲜湿面的硬度值、黏度值、咀嚼度变化差异不明显。本研究拟对贮存 7 d 内的鲜湿面老化进程进行研究。

表 2 4 ℃储藏下鲜湿面全质构变化历程

Table 2 TPA of fresh wet noodles during storage at 4 ℃

储藏时间/d	硬度/kg	黏度/kg	咀嚼度/kg
1	5.19±0.2	0.30±0.2	3.55±0.3
3	6.32±0.1	0.71±0.2	3.72±0.2
5	7.82±0.2	0.95±0.1	4.80±0.3
7	7.92±0.1	1.05±0.3	4.90±0.2
14	8.01±0.3	1.06±0.1	5.10±0.1

2.2 鲜湿面感官评定及仪器分析之间相关性分析

由表 3 可知，全质构(texture profile analysis，TPA)各参数中硬度、黏度和咀嚼性与感官评定总分在 0.01 水平上显著相关，相关系数分别为－0.947，－0.981，－0.953，这也说明了感官评定与全质构分析中的硬度、黏性和咀嚼性相关系数一般都是良好的。而 TPA 各参数中弹性、黏聚性、回复值与感官评定综合评分相关性较差，相关系数为 0.567，0.598，0.010。

表 3　感官评定与质构参数之间的相关性†

Table 3　The correlative relationship between sensory evaluation and TPA

TPA 参数	色泽	表面状况	软硬度	黏弹性	光滑性	食味	总分
硬度	−0.944**	−0.948**	−0.935**	−0.970**	−0.883*	−0.922**	−0.947**
黏度	−0.978**	−0.916**	−0.988**	−0.973**	0.968**	−0.981**	−0.981**
咀嚼度	−0.953**	−0.955**	−0.941**	−0.972**	−0.899*	−0.926**	−0.953**
弹性	0.575	0.391	0.598	0.534	0.632	0.598	0.567
黏聚性	0.528	0.550	0.627	0.634	0.531	0.637	0.598
回复性	−0.082	−0.006	0.047	0.027	−0.029	0.085	0.010

†　* 表示 0.05 水平上的相关显著性，** 表示 0.01 水平上的相关显著性。

试验中各项参数硬度、黏度、咀嚼度、回复值、弹性和黏聚性进行了线性相关分析，结果见表 4。

表 4　质构参数之间的简单相关性†

Table 4　The simple correlative relationship of TPA

TPA 参数	硬度	黏度	咀嚼度	弹性	黏聚性	回复性
硬度	1.000					
黏度	0.907**	1.000				
咀嚼性	0.998**	0.911**	1.000			
弹性	−0.407	−0.704	−0.411	1.000		
黏聚性	−0.527	−0.668	−0.506	0.642	1.000	
回复性	0.112	0.081	0.137	0.337	0.760*	1.000

†　* 表示 0.05 水平上的相关显著性，** 表示 0.01 水平上的相关显著性。

由表 4 可知，硬度与黏度呈极显著正相关，相关系数为 0.907；硬度与咀嚼度呈极显著正相关，相关系数为 0.998。黏度与咀嚼度呈极显著正相关，相关系数为 0.911。黏聚性与回复性呈显著正相关，相关系数为 0.760，弹性与其他参数普遍不相关。相关系数的大小反应两变量关系的密切程度。根据各参数之间的相关性及与感官评定结果的相关性，硬度、黏性和咀嚼性与感官评定结果相关性较好，因此，硬度、黏性和咀嚼性均可以作为鲜湿面的抗老化效果的主要评价指标。本研究则使用 TPA 中的硬度值作为鲜湿面老化研究评价指标。

2.3　瓜尔胶对生鲜湿面老化的影响

瓜尔胶可与淀粉分子的直链组分发生作用，干扰直链淀粉分子自身的聚合，瓜尔胶和淀粉链的羟基及其周围的水分子可形成大量的氢键，可延缓淀粉无定形区转变重结晶区[19−21]。由图 1 可知，随着储藏时间的增加，鲜湿面条的硬度均呈上升趋势，其硬度值均低于对照组（$P<0.05$），添加量 0.2% 组硬度值变化平缓且低值升高，与其他组差异显著（$P<0.05$）。添加量 0.4% 组硬度值变化较为平缓且低值升高，但较之 0.2% 组硬度值大，对照组鲜湿面硬度值呈明显上升趋势，与其他组差异显著（$P<0.05$）。

2.4　可溶性大豆多糖对生鲜湿面老化的影响

可溶性大豆多糖（soluble soybean polysaccharide，SSPS）可在淀粉糊化的过程中可溶性大豆多糖分子与淀粉高分子相互接触，并对其产生一定的软化作用，阻碍了淀粉分子间以

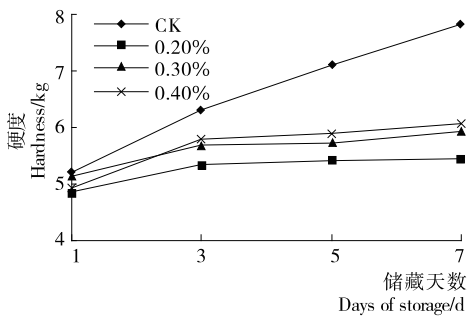

图 1　瓜尔胶添加量对鲜湿面硬度的影响

Figure 1　Effect of guar gum's content on the fresh wet noodle's hardness

氢键形式缩合、脱水收缩，延长淀粉老化时间[22−23]。鲜湿面添加 0.1%，0.2%，0.3% 可溶性大豆多糖后贮存在 4 ℃条件下，其硬度值变化见图 2。由图 2 可知，随着储藏时间的增加，鲜湿面条的硬度均呈上升的趋势，但是添加了 SSPS 的鲜湿面条的硬度（即抗老化效果）均低于空白组（$P<0.05$），在鲜湿面储藏的第 1 天，0.3% 的 SSPS 抗老化效果最好（硬度值最低），并与其余各组有显著差异（$P<0.05$）。第 7 天时，SSPS 添加量为 0.1% 时，硬度值最低，与其余试验组均有显著差异（$P<0.05$），说明添加一定量的 SSPS 能够很好地抑制鲜湿面的老化。

2.5　硬脂酰乳酸钠对生鲜湿面老化的影响

硬脂酰乳酸钠（sodium stearyl lactate，SSL）是一种阴离子型乳化剂[24]，其亲水基团能够与面筋蛋白形成一种面筋蛋白复合物[25]。还有研究[26]表明，硬脂酰乳酸钠也能够与水

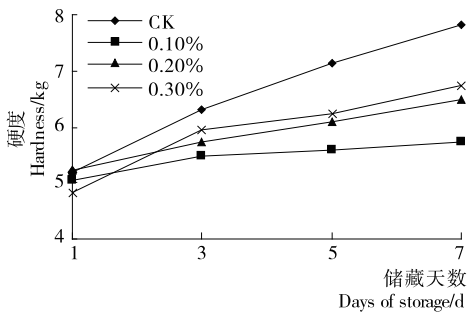

图 2　可溶性大豆多糖添加量对鲜湿面硬度的影响

Figure 2　Effect of SSPS' content on the fresh wet noodle's hardness

解后的面筋蛋白中的多肽链中各种氨基酸的侧链通过疏水键、静电作用以及范德华力发生作用，而亲水基则定向排列于蛋白质的粒子表面，从而以非化学键方式增强了蛋白质分子之间的范德华力和蛋白质分子的抗张强度，这也说明硬脂酰乳酸钠在面制品中具有很好的抗老化效果[27-28]。本研究在鲜湿面加工中添加 0%，0.1%，0.2%，0.3%硬脂酰乳酸钠而制成的鲜湿面放入 4 ℃冰箱内，冷藏 1，3，5，7 d 后测定其硬度变化，考察不同比例的硬脂酰乳酸钠对鲜湿面老化效果的影响，结果见图 3。

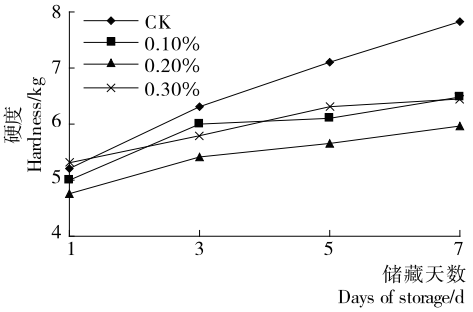

图 3 硬脂酰乳酸钠添加量对鲜湿面硬度的影响

Figure 3 Effect of SSL' content on the fresh wet noodle's hardness

由图 3 可知，随着储藏时间的增加，鲜湿面条的硬度呈上升趋势，但是添加了 SSL 的鲜湿面条的硬度值均低于空白对照组($P<0.05$)，且当 SSL 添加量为 0.2%时，抗老化效果最好，与其余各组均有显著差异($P<0.05$)。说明添加一定量的 SSL 能够较好地抑制鲜湿面条的老化，降低其硬度值。且当 SSL 添加量为 0.2%时，抗老化效果最好。

2.6 最佳添加量下 3 种食品添加剂的鲜湿面 TPA 参数与感官评定得分比较

由表 5 可知，最佳添加量下硬度排序为瓜尔胶<可溶性大豆多糖<硬脂酰乳酸钠($P<0.05$)，说明瓜尔胶在改善鲜湿面硬度方面具有较好的效果；黏度排序为硬脂酰乳酸钠<可溶性大豆多糖<瓜尔胶($P<0.05$)，说明硬脂酰乳酸钠在改善鲜湿面黏度方面具有较好的效果；咀嚼度排序为瓜尔胶<可溶性大豆多糖<硬脂酰乳酸钠($P<0.05$)，说明瓜尔胶在改善咀嚼度方面具有较好的效果；感官评分排序为瓜尔胶>硬脂酰乳酸钠>可溶性大豆多糖($P<0.05$)，说明瓜尔胶总体感官评分较为优良，能够较好地保持鲜湿面的品质。

表 5 最佳添加量下 3 种食品添加剂的 TPA 参数与感官评定得分比较

Table 5 The best addition amount of four kinds of food additives under TPA parameters and sensory evaluation were compared

鲜湿面	硬度/kg	黏度/kg	咀嚼度/kg	感官评定
空白对照	7.82	0.95	4.80	45
瓜尔胶	5.45	0.92	3.39	81
硬脂酰乳酸钠	5.95	0.84	3.84	79
可溶性大豆多糖	5.72	0.86	3.41	77

3 结论

通过全质构仪分析得出，瓜尔胶、可溶性大豆多糖、硬脂酰乳酸钠 3 种抗老化剂均有一定程度的抗老化效果，根据相关性分析得出质构仪参数：硬度值、黏度值及咀嚼度与感官评分相关性较好。其中添加 0.2%的瓜尔胶，0.1%的可溶性大豆多糖，0.2%的硬脂酰乳酸钠的鲜湿面硬度值最低，说明 3 种抗老化剂均能够较好地抑制鲜湿面条内部淀粉分子的老化。通过对比最佳添加量下 3 种食品添加剂的 TPA 参数与感官评定得分可知，最佳添加量下瓜尔胶在改善鲜湿面硬度和咀嚼度方面具有较好的效果，硬脂酰乳酸钠在改善鲜湿面黏度方面具有较好的效果。且感官评分瓜尔胶>硬脂酰乳酸钠>可溶性大豆多糖($P<0.05$)。说明瓜尔胶总体感官评分较为优良，能够较好保持鲜湿面的品质。白亚丁等[9]研究表明，在高水分米糕中添加 0.3%硬脂酰乳酸钠抗老化效果最佳，这与本试验的 0.2%的最佳添加量不同，可能是大米淀粉中的蛋白质与小麦淀粉中的蛋白质有所不同，进而形成的直链淀粉—乳化剂—蛋白质复合物也有所不同，因此添加量也有差异。总体来说，本研究仅采用单因素试验来研究鲜湿面的老化进程，并且采取的添加剂种类较少，因此得出的结果很有限，在今后的试验中应选择复配型食品添加剂，来研究其对鲜湿面老化进程的影响，以期鲜湿面品质更优，对工业化生产有所帮助。

参考文献

1 宋显良，邓学良，周文化，等. 生鲜湿面防霉保鲜技术[J]. 食品与机械，2013，29(2)：159～162.
2 吕振磊，李国强，陈海华，等. 马铃薯淀粉糊化及凝胶特性研究[J]. 食品与机械，2010，26(3)：22～27.
3 孟祥艳. 淀粉老化机理及影响因素的研究[J]. 食品工程，2007(2)：60～63.
4 赵登登，周文化. 面粉的糊化特性与鲜湿面条品质的关系[J]. 食品与机械，2013，29(6)：26～29.
5 杜先锋，许时婴，王璋，等. 淀粉凝胶力学性能的研究[J]. 农业工程学报，2001，17(2)：16～19.
6 赵延伟，耿欣，陈海华，等. 面包及蛋糕的质构与感官评价的相关性研究[J]. 中国农学通报，2012，28(21)：253～259.
7 王春霞，范素琴，王晓梅，等. 复配型面条改良剂的应用研究[J]. 现代食品科技，2013，29(1)：177～180.
8 陈德文，张粹兰，沈伊亮. 大米发糕的抗老化技术研究[J]. 中国食品学报，2009，9(5)：147～150.
9 白亚丁. 高水分米糕的抗老化研究[D]. 无锡：江南大学，2009：29.
10 李慧娟，柴松敏. 淀粉的老化机理及抗老化研究[J]. 粮食加工，2006(3)：42～45.
11 何璐，杨英，林亲录. 大米淀粉回生机理、检测及控制方法的研究现状[J]. 食品工业科技，2015，36(8)：365～369，373.
12 高红岩，张守文. 硬脂酰乳酸钠对面粉品质特性及馒头品质的影响[J]. 食品科学，2005，26(1)：84～87.
13 唐敏敏，洪雁，顾正彪，等. 黄原胶对大米淀粉长期回生的影响[J]. 食品与生物技术报，2013，32(7)：692～697.
14 顾艳丽. 淀粉的老化及抗老化方法[J]. 广西工学院学报，2006，17(S1)：40～42，53.

(下转第 189 页)

表 3 溶解度方差分析表†

Table 3 Solubility analysis of variance

方差来源	方差平方和	自由度	均方	F	显著性
A	0.387	1	0.387	1.241	0.466**
B	0.072	1	0.072	0.231	0.715*
C	0.966	1	0.996	3.096	0.329***
D	0.162	1	0.162	0.521	0.602*
A×B	0.744	1	0.744	2.385	0.366***
A×C	0.756	1	0.756	2.424	0.363***
误差	0.312	1	0.312		
总计	2 316.761	8			
校正的总计	3.401	7			

† *表示因素影响比较显著；**表示因素影响显著；***表示因素影响非常显著。

表 4 A×C 二元交互表

Table 4 A × C binary interaction table

%

因素	A_1	A_2
C_1	16.57	16.75
C_2	17.88	16.83

表 5 A×B 二元交互表

Table 5 A × B binary interaction table

%

因素	A_1	A_2
B_1	17.02	17.19
B_2	17.44	16.39

3 结论

采用湿法超微粉碎对马铃薯渣不溶性膳食纤维进行改性(胶体磨齿间距 8.00 μm、胶体磨转速 3 000 r/min、时间 5 min、料液比 1∶60(m∶V)),改性后的膳食纤维溶解度增加到 18.33%,比改性前的溶解度明显提高。综上表明,与传统改性方法如超高压法、双螺杆挤压法、酶法等相比,湿法超微粉碎改性法确实具有良好的溶解性、分散性、吸附性,易消化吸收且该方法高效节能、原料利用率高,能够更好地被人体吸收利用。

参考文献

1 闵锐,丁全锋.一种新的膳食纤维——茭白壳的开发研究[J].中国粮油学报,2000,15(2):16～17.

2 周小理,钱韶芳,周一鸣.植物性膳食纤维抗氧化活性的研究与应用[J].食品与机械,2010,26(3):158～160.

3 赵二劳,王璐.膳食纤维的保健功能及其制备研究进展[J].食品与机械,2011,27(3):165～168.

4 P Chiarelli, W Brown, P McElduff. Constipation in australian women: prevalence and associated factors[J]. International Urogynecology Journal, 2000, 11(2): 71～78.

5 The definition of dletary fiber[J]. Cereal Foods World, 2001, 11(4): 21～22.

6 侯汉学,张锦丽.麦麸膳食纤维的挤压改性及其在面包中的应用研究[J].粮食与饲料工业,2003(5):36～38.

7 王文侠,张慧君,宋春丽,等.纤维素酶法制备高活性大豆膳食纤维工艺的研究[J].食品与机械,2010,26(2):118～122.

8 张炳文,宋永生,郝征红.植物性食品资源开发中的高新技术—超细粉碎技术[J].现代商贸工,2003(7):38～42.

9 魏春光.马铃薯高品质膳食纤维生产工艺的研究[D].长春:吉林农业大学,2013:42～43.

10 廖红梅,钟葵,赵俊杰,等.马铃薯膳食纤维碱法处理工艺优化[J].食品工业科技,2013,34(11):177～181.

11 Agnieszka Nawirska. Binding of heavy metals to pomace fibers[J]. Food Chemistry, 2005, 90(3) : 395～400.

12 Esposito F, Arlotti G, Bonifati A M, et al. Antioxidant activity and dietary fiber in durum wheat bran by-products[J]. Food Research International, 2005, 38(10): 1 167～1 173.

13 Sangnark A, Noomhorm A. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fiber prepared from sugarcane bagasse[J]. Food Chemistry, 2003, 80(2): 221～229.

14 周坚,肖安红.功能性膳食纤维食品[M].北京:化学工业出版社,2005:1～50.

15 杨远通,钟海雁,潘曼,等.超微粉碎对猕猴桃渣膳食纤维功能性质的影响[J].食品与机械,2011,27(1):11～14,18.

16 钟振声,王伊沂.酶解法改善不溶性大豆膳食纤维持水力的研究[J].中国油脂,2008,33(6):57～60.

(上接第 145 页)

15 孟岳成,孙明辉,房升,等.不同乳化剂对米粉糊化和流变性质的影响[J].中国粮油学报,2013,28(11):1～5,12.

16 张艳,阎俊,Yoshida H.中国面条的标准化实验室制作与评价方法研究[J].麦类作物学报,2007,27(1):158～165.

17 赵延伟,吕振磊,王坤,等.面条的质构与感官评价的相关性研究[J].食品与机械,2011,27(4):25～28,39.

18 牛猛,王莉,杨冰,等.大米淀粉老化特性的研究进展[J].中国粮油学报,2011,26(11):124～128.

19 曹立松,刘亚伟,刘洁,等.淀粉老化测定技术研究进展[J].粮食与饲料工业,2014 (3):30～34.

20 王克钧.湿面的抗老化研究[D].无锡:江南大学,2009:29.

21 赵彦星.冷冻比萨面饼工艺优化与水分迁移控制的研究[D].天津:天津科技大学,2014:35.

22 谭永辉.水溶性大豆多糖的高效提取及改性研究[D].北京:中国农业科学院,2008:49.

23 郭洪娜.水溶性多糖对葛根淀粉特性的影响研究[D].合肥:合肥工业大学,2007:17.

24 滕晓焕,章银良,虎晓明,等.海藻糖及硬脂酰乳酸钠对面包品质的影响[J].食品科技,2015,40(1):172～177.

25 田耀旗.淀粉回生及其控制研究[D].无锡:江南大学,2011:68.

26 Gujral H S, Rosell C M. Modification of pasting properties of wheat starch by cyclodextrin glycosyltransferase[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004, 84(13):1 685～1 690.

27 Gunaratne A, Corke H. Influence of unmodified and modified cycloheptaamylose (β-cyclodextrin) on transition parameters of amylose-lipid complex and functional properties of starch[J]. Carbohydrate Polymers, 2007(68): 226～234.

28 王霞,周惠明.溴酸钾的替代以及面粉改良剂[J].面粉通讯,2007(5):38～43.