

挤压温度和物料水分对糙米粉中 损伤淀粉及面条品质影响

杨庭^{1,2}, 吴娜娜¹, 谭斌^{1*}, 朱科学², 田晓红¹, 刘艳香¹, 汪丽萍¹, 刘明¹

(1. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037;

2. 江南大学食品学院, 江南无锡 214122)

摘要:在不同挤压温度和物料水分条件下将糙米粉挤压膨化,并将挤压膨化糙米粉与小麦粉的混合粉(1:1, w/w)制成糙米面条,系统研究了挤压温度和物料水分对挤压糙米粉中损伤淀粉含量和糙米面条品质的影响,同时分析了损伤淀粉含量与面条品质的相关性。结果显示:随着物料水分的增加,糙米粉中损伤淀粉的含量显著减少,物料水分25%时损伤淀粉含量UCDc值达到最低14.9;随着挤压温度升高,糙米粉损伤淀粉含量先减少后增加,温度120℃时损伤淀粉含量UCDc值达到最低14.9;相关性分析结果显示,随着损伤淀粉含量的增加,面条蒸煮损失明显增大,坚实度、硬度和耐咀嚼性降低,面条整体品质下降。挤压温度120℃、物料水分25%、损伤淀粉含量UCDc值为14.9,糙米面条品质相对较好。

关键词:糙米粉,挤压,损伤淀粉,糙米面条,品质

Effect of extrusion temperature and material moisture on the damaged starch content of brown rice flour and noodle quality

YANG Ting^{1,2}, WU Na-na¹, TAN Bin^{1*}, ZHU Ke-xue², TIAN Xiao-hong¹, LIU Yan-xiang¹,
WANG Li-ping¹, LIU Ming¹

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037, China;

2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The brown rice flour was extruded at different extrusion temperature and material moisture, and the extrusion modified brown rice flour was then mixed with wheat flour (1:1, w/w) to make noodles. The effects of extrusion temperature and material moisture on the damaged starch and noodle quality were systematically studied, and the correlation between damaged starch content of brown rice flour and noodle quality was analyzed. The results showed that the damaged starch content of brown rice flour was significantly reduced with the increase of the material moisture, and the UCDc was to the minimum value of 14.9 at the material moisture content of 25%. As the extrusion temperature increased, the damaged starch content decreased and then increased, and the UCDc data got to the lowest value of 14.9 at 120℃. Correlation analysis showed that, the cooking loss of brown rice noodles significantly increased with the increase of damaged starch content, however, firmness, hardness and chewiness decreased and the overall quality of noodles declined. When the extrusion temperature and material moisture were 120℃ and 25% respectively, the UCDc value of damaged starch content got to 14.9, and the brown rice noodle quality was relatively good at this condition.

Key words: brown rice flour; extrusion; damaged starch; brown rice noodle; quality

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)18-00123-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.18.016

糙米保留了稻米中大量的营养素,却因其口感和加工性能较差等原因难以登上人类的餐桌,本研究尝试将糙米粉经过挤压改性后,添加到面粉中制备糙米面条,同时也带来了挤压改性糙米粉添加量

越高,面条品质越差的问题,尤其是蒸煮品质^[1]。该问题主要源于两方面原因:第一,大量挤压改性粉的添加稀释了面筋含量,使产品面筋结构变弱,品质变差;第二,原料粉中蛋白质、淀粉和脂肪等在挤压过

收稿日期:2014-12-19

作者简介:杨庭(1988-),女,硕士研究生,研究方向:谷物精深加工,E-mail:15712814246@126.com。

* 通讯作者:谭斌(1972-),男,博士,研究员,研究方向:粮食加工,E-mail:tb@chinagrains.org。

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费(ZX1303)。

程中结构和性质发生了极大变化,这种变化虽然增加了产品的成型性却也带来诸如蒸煮损失较高、耐煮性差等问题。

淀粉是糙米粉中的主要成分,也是挤压过程中变化最大的一种组分,近年来国内外研究发现,面粉中损伤淀粉含量影响面条的整体品质,得出“损伤淀粉增加面条蒸煮损失率增加^[2]”,“损伤淀粉含量越高,面条的食用品质越差^[3]”等相关结论。挤压膨化一般在物料水分相对较低,低于淀粉糊化所需水分的情况下进行,在此过程中,原料中淀粉以一定量的糊化、熔融和淀粉颗粒碎片三种形式存在,根据肖邦SD matic损伤淀粉测定仪原理,这种由热膨胀和强烈剪切撕裂同时作用导致的淀粉颗粒降解碎片表现为损伤淀粉含量的增加,而分子量较小的小分子淀粉链或糊精片段因其难以与碘的结合形成稳定的复合物,不表现为损伤淀粉^[4-5]。关于挤压这种热和剪切同时作用方式导致的淀粉损伤,目前研究的相对较少,Ayoub^[6]研究了低剪切力对挤压营养强化米品质的影响,得出“控制挤压条件使淀粉充分糊化而淀粉损伤较少时,产品品质较好”的结论。

根据预实验结果显示,螺杆转速条件对糙米粉特性及糙米面条影响不大,故本研究选取不同挤压温度和物料水分条件,系统研究挤压过程中热和剪切同时作用对糙米粉损伤淀粉含量和面条品质的影响,并分析两者之间相关性。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

籼糙米 湖南长沙福香米业;小麦粉 市售大磨坊雪花高筋小麦粉。

SLG30-IV双螺杆挤压实验机 济南赛百诺科技开发有限公司;SDmatic损伤淀粉测定仪 法国特里百特-雷诺公司;JHMZ 200实验和面机 北京东方孚德技术发展中心;JMTD-168/140实验面条机 北京东孚久恒仪器技术有限公司;PRX-35013智能人工气候箱 宁波海曙赛德实验仪器厂;TA.XT2i Plus质构仪 英国 Stable Micro System公司。

1.2 实验方法

1.2.1 挤压糙米粉的制备 糙米粉碎后,分别在以下不同的挤压条件下挤压膨化:挤压温度80、100、120和140℃(水分25%,螺杆转速220 r/min);物料水分15%、20%、25%(温度120℃,螺杆转速220 r/min);然后粉碎待用。

1.2.2 面条的制备 将挤压糙米粉与小麦粉按1:1(w/w)配比,加入盐水使面团含水量为33%,含盐量为0.3 g/100 g,混合均匀后置于温度30℃、湿度85%条件下醒发45 min,然后用面条机制成宽2 mm、厚1.1 mm的面条,干燥后切成20 cm长样品,备用。由于未经挤压的糙米粉与小麦粉按照1:1(w/w)配比无法做成面条,故本文中无相应的结果对照。

1.2.3 损伤淀粉含量测定 采用肖邦SD matic损伤淀粉测定仪测定1.0 g挤压糙米粉中损伤淀粉含量,以UCDc值计。

1.2.4 面条蒸煮特性 参照田晓红^[7]方法,蒸煮特性

包括干物质吸水率和损失率。

1.2.5 面条质构特性 按最佳煮面时间将面条煮熟,用去离子水冲洗、沥干,并置于冰水中1 min左右,以保持面条品质的稳定,将5根面条以相同间距平行置于载物台,用A/LKB-F和HDP/PFS两个探头分别测试面条的坚实度和粘性,每个样品测三次,取平均值。

A/LKB-F探头参数:测前、测试和测后速度分别为5.0、1.0和1.0 mm/s,压缩率75%,起点感应力5 g,两次压缩之间的时间间隔5 s。坚实度为探头感受的最大峰值力F,单位为g。

HDP/PFS探头参数:测前、测试和测后速度分别为1.0、0.5和10.0 mm/s,压力1000 g,压缩时间2 s。

1.2.6 数据分析 实验均进行三次或以上重复,数据采用SPSS和Excel软件进行统计分析处理。

2 结果与分析

2.1 挤压温度对损伤淀粉含量与面条品质的影响

2.1.1 挤压温度对损伤淀粉含量的影响 如表1所示,当物料水分25%,螺杆转速220 r/min时,随着挤压温度的升高,损伤淀粉含量先下降后上升,在温度120℃时UCDc达到最低值14.9。可能的原因是温度较低时,淀粉颗粒吸收能量较小,氢键难以断裂,糊化程度较低,同时又受到强烈剪切力作用,使吸水膨胀的淀粉颗粒未经糊化而直接降解破损;温度高时,物料内能较高,淀粉易发生糊化,从而减少了淀粉颗粒直接降解程度,但温度过高时,物料容易焦化结块,增加损伤淀粉含量。当挤压温度120℃时损伤淀粉含量最低,可以认为物料水分25%,挤压温度120℃条件下淀粉趋向于糊化而非降解。Lorenz等^[8]研究了热损伤(水分18%,温度75~110℃,时间1 h)对小麦淀粉烘焙品质的影响,得出的结论是热损伤对淀粉的微观结构、X-射线衍射、膨润力及持水性影响相对较小。可以认为,挤压温度的变化是通过改变淀粉颗粒吸收热能时的膨胀状态,而间接影响淀粉颗粒所受的剪切作用力,而导致淀粉损伤。

2.1.2 挤压温度对面条蒸煮品质和质构特性的影响

由表1可知,挤压温度升高,面条吸水率增加,坚实度减小,粘性绝对值先减小后增加,挤压温度120℃时面条蒸煮损失率在达到最低值16.32%,同时硬度和耐咀嚼性也达到最高值,分别为6569.55 g和4204.83 g。可能的原因是,此时糙米粉充分糊化,损伤淀粉含量较少,容易与面筋网络结构结合,面条质构性质较好,这与郑学玲等^[9]研究结论一致,损伤淀粉含量较高的面粉经湿热处理(100℃,25%,1 h),使其在低于糊化所需水分条件下糊化,能够减小面粉中损伤淀粉对面条品质的劣化作用,使面条具有良好的质构性质。当挤压温度达到140℃时,挤压糙米粉中损伤淀粉含量增多,水溶性变大,添加到挂面中使其蒸煮损失率升高,进而导致熟面条坚实度和耐咀嚼性明显减小,整体品质下降^[9]。

2.2 物料水分对损伤淀粉含量与面条品质的影响

2.2.1 物料水分对损伤淀粉含量的影响 如表2所示,当挤压温度120℃、螺杆转速220 r/min时,随着物

表1 不同挤压温度条件下糙米粉损伤淀粉含量及面条品质特性

Table 1 The damaged starch content and noodle qualities of brown rice flour at different extrusion temperatures

挤压温度(°C)	损伤淀粉含量UCDc	吸水率(%)	损失率(%)	坚实度(g)	硬度(g)	粘性(g)	耐咀性(g)
80	19.15±0.05 ^d	60.81±0.00 ^a	17.96±0.00 ^b	229.20±8.22 ^c	6386.74±92.28 ^b	-74.25±4.97 ^b	4133.99±55.94 ^{bc}
100	17.75±0.15 ^b	62.10±0.02 ^a	18.57±0.00 ^b	214.65±4.56	6109.18±88.62 ^a	-70.07±6.85 ^b	3933.40±81.46 ^a
120	14.9±0.10 ^a	62.13±0.01 ^a	16.32±0.01 ^a	210.61±7.78 ^b	6569.55±111.37 ^c	-84.72±1.97 ^a	4204.83±70.82 ^c
140	18.70±0.19 ^d	62.13±0.01 ^a	19.01±0.00 ^b	198.22±7.30 ^a	6326.54±173.34 ^b	-84.62±8.68 ^a	3996.05±163.33 ^{ab}

注:物料水分25%,螺杆转速220 r/min;数据表示平均数±标准偏差,数字旁的字母表示竖向比较的差异显著性,相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著($p<0.05$, Duncan's multiple test);表2同。

表2 不同物料水分条件下糙米粉损伤淀粉含量及面条蒸煮品质和质构特性

Table 2 The damaged starch content and noodle qualities of brown rice flour at different material moisture

物料水分(%)	损伤淀粉含量UCDc	吸水率(%)	损失率(%)	坚实度(g)	硬度(g)	粘性(g)	耐咀性(g)
15	25.05±0.15 ^a	61.35±0.02 ^a	18.93±0.00 ^b	202.37±7.77 ^b	6214.64±105.98 ^a	-86.82±12.84 ^a	3746.36±129.28 ^a
20	18.45±0.05 ^b	60.71±0.00 ^a	18.01±0.01 ^b	209.00±4.20 ^a	6156.51±94.00 ^a	-72.44±3.02 ^b	3848.51±80.21 ^a
25	14.9±0.10 ^c	62.13±0.02 ^a	16.32±0.01 ^a	212.32±7.07 ^a	6569.55±111.36 ^b	-84.72±1.96 ^a	4204.83±70.8154 ^b

注:挤压温度120 °C,螺杆转速220 r/min。

料水分的增加,挤压糙米粉中损伤淀粉含量明显减小,在水分25%时,损伤淀粉含量UCDc达到最低值14.9,这是由于物料水分起到了润滑作用,缓解了挤压过程对原料粉的强烈剪切和摩擦作用,降低了糙米粉中淀粉的降解程度,从而减少了损伤淀粉含量。Lawton^[10]研究也发现,适当控制温度和增加物料水分,可以使淀粉趋向于糊化而不是降解,从而减少了损伤淀粉的含量。而当物料水分增加到30%时,挤出物水分含量较高且质地坚硬难以粉碎,为了达到相同的颗粒细度,需加大粉碎力度,如此便增加了实验的未知因素,故未将该条件列入。

2.2.2 物料水分对面条蒸煮品质和质构特性的影响

表2可知,当挤压温度120 °C、螺杆转速220 r/min时,随着物料水分的增加,损伤淀粉含量和面条蒸煮损失率逐渐减小,坚实度、硬度和耐咀性逐渐增大,物料水分25%时分别达到最大值212.32 g、6569.55 g和4204.83 g。值得一提的是,在挂面制备过程中发现,添加物料水分较低(15%)的挤压糙米粉时,面团压片过程中粘弹性强但延展性较差,面团表面不平整,而当物料水分较高(25%)时,在相同的面团含水量情况下,面片的表面平整度和延展性得到很大改善。可能的原因是,当物料水分较低时,挤压糙米粉中损伤淀粉含量较高,面团吸水率高,在相同的含水量下,面团较硬,在压片过程中抗变形能力较强,导致面片整体延展性差,表面不平整。这与Heo等^[11]研究结论一致,干法粉碎时,大米粉中损伤淀粉含量增高,面条抗拉伸力较强;而湿法粉碎时,损伤淀粉含量低,抗拉伸力相对较弱。

挤压改性使淀粉发生预糊化,增加了面条的成形性,改善了质构特性,这与Chung等^[12]的研究结论一致,低于糊化所需水分条件下使淀粉糊化,能够提高面条的硬度和耐咀性。

但挤压带来的淀粉损伤增加了面条损失率。本研究中面条损失率均较高(10%以上),可能的原因有两个:一方面糙米粉的添加量较高稀释了面筋蛋

白,使面条网络结构变差;另一方面,挤压可能导致蛋白质和淀粉的降解,链长变短,容易在蒸煮时渗漏,也增加了蒸煮损失率^[13]。

2.3 不同物料水分和挤压温度条件下损伤淀粉含量与面条品质相关性

表3 不同挤压温度和物料水分条件下糙米面条品质与糙米粉损伤淀粉含量相关性

Table 3 The correlation between noodle qualities and the damaged starch content of brown rice flour at different extrusion temperature and material moisture

挤压条件	吸水率	损失率	坚实度	硬度	粘性	耐咀性
物料水分	-1.00**	0.94**	-0.40	-0.68	-0.30	-0.90*
挤压温度	0.21	0.01	0.84**	-0.55	0.42	-0.52

注:*表示显著($p<0.05$);**表示极显著($p<0.01$)。

相关性分析结果表明:不同物料水分条件下,挤压糙米粉中损伤淀粉含量与面条吸水率极显著负相关($r=-1.00, p<0.01$),与耐咀性显著负相关($r=-0.90, p<0.05$),与蒸煮损失率极显著正相关($r=0.94, p<0.01$),这与Hatcher^[2]的研究结果一致,损伤淀粉含量增加导致蒸煮损失率升高,同时也使面条内部网络结构变弱,质构性质下降。不同挤压温度条件下,糙米粉中损伤淀粉含量越高,面条坚实度越大,糙米粉中损伤淀粉含量与面条坚实度呈显著正相关($r=0.84, p<0.01$)。可能的原因有两个:一方面,挤压温度条件对原料粉的影响较为复杂,蛋白质等其他组分的变化对面条品质也发挥了一定的作用,还需进一步的研究;另一方面,Barak等^[14]在研究损伤淀粉对饼干品质的影响时发现,损伤淀粉含量升高时,粉整体吸水率增强面团变硬延展性降低,使饼干硬度增大。

3 结论

相对于挤压温度,物料水分条件对损伤淀粉含量影响较大,增加物料水分能够显著减小淀粉的损

开发,2010(2):91-94.

- [4] 张宪政,陈凤玉,王荣富. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社,1994:94-97.
- [5] Park W J, Shelton D R, Peterson C J, et al. Variation in polyphenol oxidase and quality characteristics among hard white wheat and hard red winter wheat sample[J]. Cereal chem,1997, 74(1):7-11.
- [6] 帅玉忠,蒋世云,刘光东. 荔枝多酚氧化酶动力学研究[J]. 山西食品工业,1999(2):2-4.
- [7] Demeke T, Morris C F, Campbell K G, et al. Wheat analytical polyphenol oxidase distribution and genetic mapping in three inbred line populations[J]. Crop Science,2001,41:1750-1757.
- [8] YI Jianyong, JIANG Bin, ZHANG Zhong, et al. Effect of ultrahigh hydrostatic pressure on the activity and structure of mushroom (*Agaricus bisporus*) polyphenoloxidase[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2012,60(2):593-599.
- [9] LIU Wei, LIU Jianhua, XIE Mingyong, et al. Characterization and high-pressure microfluidization-induced activation of polyphenol oxidase from Chinese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2009,57(12):5376-5380.
- [10] LIU Wei, LIU Jianhua, LIU Chengmei, et al. Activation and conformational changes of mushroom polyphenol oxidase by high pressure microfluidization treatment[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies,2009,10(2):142-147.
- [11] YANG Zhenfeng, CAO Shifeng, CAI Yuting, et al. Combination of salicylic acid and ultrasound to control postharvest

- blue mold caused by *Penicillium expansum* in peach fruit[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies,2011,12(3):310-314.
- [12] 曾婷婷,张立彦,芮汉明. 板栗的酶促褐变特性及灭酶预处理研究[J]. 食品工业科技,2011(10):110-113.
- [13] 周丹,李颖佳,王建中. 板栗酶促褐变过程中多酚氧化酶和过氧化物酶活性的变化[J]. 食品科技,2014,39(6):47-50.
- [14] 李山云,隋启君,白建明,等. 抗机械损伤褐变马铃薯品种(系)的筛选[J]. 中国马铃薯,2010,24(4):193-196.
- [15] 杨朝柱,马传喜,司红起,等. 普通小麦多酚氧化酶活性的变异[J]. 中国农业科学,2004,37(11):1713-1717.
- [16] 张立平,葛秀秀,何中虎,等. 普通小麦多酚氧化酶活性的QTL分析[J]. 作物学报,2002,31(1):7-10.
- [17] 孙家柱,赵军涛,刘冬成,等. 小麦籽粒多酚氧化酶(PPO)检测的方法的优化及其在育种中的应用[J]. 麦类作物学报,2012,32(3):448-453.
- [18] 孙道杰,何中虎,王辉,等. 小麦籽粒PPO活性分子标记研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(9):149-156.
- [19] He X Y, He Z H, Morris C F, et al. Cloning and phylogenetic analysis of polyphenol oxidase genes in common wheat and related species[J]. Genetic Resources and Crop Evolution,2009, 56:311-321.
- [20] He X Y, He Z H, Morris C F, et al. Allelic variation of polyphenol oxidase(PPO) genes located on chromosome 2A and 2D and development of functional markers for the PPO genes in common wheat[J]. Theoretical and Applied Genetics,2007,115: 47-58.

(上接第125页)

伤程度;而不同物料水分条件下,损伤淀粉含量与面条蒸煮品质表现出极大的相关性,损伤淀粉含量越少,面条损失率越小,吸水率越大,同时耐咀嚼性较强。

参考文献

- [1] 田晓红,汪丽萍,谭斌,等. 小米粉含量对小米小麦混合粉及其挂面品质特性的影响研究[J]. 中国粮油学报,2014,29(8):17-22.
- [2] Hatcher D W, Anderson M J. Effects of flour Particle size and starch damage on processing and quality of white salted noodles[J]. Cereal Chemistry,2002,79(1):64-71.
- [3] 王晓曦,杨玉民. 小麦粉中破损淀粉含量对面条食用品质影响的研究[J]. 河南工业大学学报:自然科学版,2005,26(4):39-41.
- [4] 周有祥. 淀粉与碘液的呈色作用[J]. 中学生物教学,2009(5):37.
- [5] YU H, Bru O L, Dubat A. SD matic and Rice Flour[C]. Book of Abstracts of 14th ICC Cereal and Bread Congress and Forum on Fats and Oils, Beijing:2012:365-367.
- [6] Ayoub A, Liu Y K, et al. The effect of low shear on the development of fortified extruded rice products[J]. Starch/Starke, 2013:1-10.
- [7] Lorenz K, Kulp K, Every D, et al. Effect of Heat Damage on the Baking Quality of Starch Extracted from Wheat[J]. Starch/starke,1993,1(45):25-30.
- [8] 刘琳,洪静,郑学玲,等. 湿热处理改性损伤淀粉对面条品质影响[J]. 粮食与油脂,2014,27(7):14-16.
- [9] Heo S, Jeon S, Lee S. Utilization of Lentinus edodes mushroom-β-glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014(55):627-631.
- [10] Lawton B T, Henderson G A, Derlakta E J, et al. The effect of extruder variables on gelatinization of cornstarch[J]. Journal of Food Engineering,1972,50(4):168-173.
- [11] Heo S, Lee S M, Shim J H, et al. Effect of dry- and wet-milled rice flours on the quality attributes of gluten-free dough and noodles[J]. Journal of Food Engineering,2013,116:213-217.
- [12] Chung H J, Cho A, Lim S T, et al. Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle[J]. LWT-Food Science and Technology,2012,47:342-347.
- [13] Mestres C, Collonna P, Buleon A. Characteristics of starch networks within rice flour noodles and mung bean starch vermicelli[J]. Journal of Food Science,1988,53:1809-1812.
- [14] Barak S, Mudgil D, Khatkar B S. Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies[J]. Food Science and Technology,2014,51(7):1342-1348.