

大米淀粉组成与挤压特性之间的相关性研究

岳崇慧^{1,2}, 刘明^{1,2}, 谭斌², 刘艳香², 田晓红²,

汪丽萍², 翟小童², 吴娜娜², 于国萍¹

(1. 东北农业大学食品学院, 黑龙江哈尔滨 150030; 2. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037)

摘要:分析11种大米的淀粉组成和挤压特性, 探讨总淀粉、直链淀粉含量以及淀粉直/支比与膨化度、吸水性、水溶性、容重、硬度等挤压特性之间的相关性。结果表明: 直链淀粉含量与吸水性呈显著正相关($r=0.879$)、与水溶性呈显著负相关($r=-0.876$), 与膨化度之间也具有一定的相关性($r=0.530$), 与容重及硬度无显著相关性; 淀粉直/支比与吸水性($r=0.848$)呈显著正相关, 与水溶性呈显著负显著($r=-0.827$), 与膨化度具有一定的相关性($r=0.512$), 但与容重及硬度无显著相关性。大米的直链淀粉含量以及淀粉直/支比与膨化度、吸水性等挤压特性具有相关性, 直链淀粉含量和淀粉直/支比可作为大米挤压加工中原料选择和复配的依据。

关键词:大米; 淀粉组成; 挤压; 挤压特性

中图分类号: TS 210.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2016)03-0001-05

Correlation between rice starch composition and extrusion properties

YUE Chong-hui^{1,2}, LIU Ming^{1,2}, TAN Bin², LIU Yan-xiang², TIAN Xiao-hong²,
WANG Li-ping², ZHAI Xiao-tong², WU Na-na², YU Guo-ping²

(1. College of Food, Northeast Agricultural University, Harbin Heilongjiang 150030;
2. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037)

Abstract: The starch compositions and extrusion properties of 11 species of rice were studied. The correlations among total starch content, amylose content, ratio of amylose to amylopectin, and the extrusion properties of rice were discussed. The results showed that poor correlation was found between the total starch content and the extrusion property indicators of rices. The amylose content of rices performed a significantly positive correlation with the water absorption index ($r=0.879$), while significantly negative relation to the water solubility index ($r=-0.876$), a certain correlation with the expansion ratio ($r=0.530$), but no significant relation among unit weigh and the hardness of rices. The correlation between the ratio of amylose to amylopectin and the water absorbability was significantly positive ($r=0.848$), while the correlation between the ratio of amylose to amylopectin and water solubility was significantly negative ($r=-0.846$). The content ratio of amylose to amylopectin showed a certain correlation with the expansion ratio ($r=0.512$), but the correlations among this ratio, the water absorbability, unit weigh and hardness were not significant. The correlations among the amylose content, the ratio of amylose to amylopectin and the extrusion properties including the expansion ratio and the water absorption indexes were significant. The amylose content and the ratio of amylose to amylopectin of rice can be used as basis for the selection and combination of raw materials in extrusion processing.

Key words: rice; starch compositions; extrusion; extrusion properties

收稿日期: 2015-10-19

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费(ZX1511)

作者简介: 岳崇慧, 1990年出生, 男, 硕士研究生。

通讯作者: 于国萍, 1963年出生, 女, 教授。

大米是我国主要的食粮, 产量大。大米营养丰富, 主要组成成分为蛋白质和淀粉, 其中淀粉含量达80%左右^[1], 大米淀粉主要由直链淀粉和支链淀粉

组成^[2-3]。淀粉组成对大米的加工品质具有很大的影响。日本学者研究发现^[4],直链淀粉含量在5%~15%的低直链淀粉大米适用于加工团子、蛋糕等食品,直链淀粉含量在17%~23%的中直链淀粉大米适用于加工面包、蛋糕、曲奇饼等食品,直链淀粉含量在25%以上的高直链淀粉大米适用于加工面类、蛋糕等食品。挤压膨化技术是一项具有连续性、高效性等特点^[5]的新型食品加工技术,近年来发展迅速,在改善粗粮口感,提高蛋白消化率等方面具有重要的作用^[6-7],广泛应用于食品、饲料等加工领域。淀粉组成和特性是影响挤压特性最主要的因素之一。国内外对挤压加工工艺参数的研究很多^[8-11],挤压参数对小麦^[12-13]、玉米^[14-15]、大米^[16-19]等谷物的挤压特性的影响已做了深入的研究,但对大米原料特性与挤压特性之间的相关性研究较少。本实验通过对11种大米进行双螺杆挤压试验,探讨不同品种大米淀粉组成对挤压膨化特性的影响,为提高大米利用率及开发新的利用途径,最终为大米挤压过程中原料的选择和复配提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料与设备

1.1.1 大米

11种大米样品的来源如表1。

表1 11种大米样品来源

编号	样品	来源	编号	样品	来源
HBX	湖北籼米	湖北荆州	TJJ	天津粳米	天津
JXX	江西籼米	江西抚州	JLJ	吉林粳米	吉林新民
JSX	江苏籼米	江苏无锡	HJJ	黑龙江粳米	黑龙江五常
CDX	常德籼米	湖南常德	LNJ	辽宁糯米	辽宁盘锦
AHX	安徽籼米	安徽安庆	WCN	五常糯米	黑龙江五常
YYX	岳阳籼米	湖南岳阳			

1.1.2 化学试剂

氯化钠、冰醋酸、无水乙醇、氢氧化钠、盐酸、氯化镁、氯化锰氯化钙等均为分析纯,Megazyme 总淀粉、直链淀粉测定试剂盒。

1.1.3 仪器设备

FMHE36 双螺杆挤压机:湖南富马科食品工程技术有限公司;DGG-9140BD 电热恒温鼓风干燥箱:上海森信实验仪器有限公司;高速台式离心机:北京时代北利离心机有限公司;AL204-IC 电子天平:梅特勒-托利多仪器有限公司;TA-XT 型物性仪:英国 Stable Microsystems 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 大米原料特性指标分析

水分含量:采用 AACC 44-19,135℃ 烘箱干燥法进行测定^[20]。

总淀粉含量:采用 Megazyme 总淀粉法进行测定。

直链淀粉含量:采用 Megazyme 直链淀粉法进行测定。

1.2.2 挤压膨化特性分析

1.2.2.1 膨化度测定^[20]:用游标卡尺测量挤压样品的直径,每个样品随机测定10次,求其平均值作为产品的平均直径 \bar{D} 。膨化度表示为:

$$\text{膨化度} = \frac{\bar{D}}{d}$$

式中: \bar{D} 为挤压产品平均直径,cm; d 为模口直径,0.39 cm。

1.2.2.2 吸水性、水溶性测定^[21]:准确称取0.5 g 物料或挤压样品,置于已恒重的离心管中,加入10 mL水,在25℃下保持30 min,每5 min 振荡一次,在3 000 r/min 下离心20 min,分离上清液和沉淀物,并将上清液倾倒入恒重的铝盒中,在120℃下的烘箱中将溶液蒸发干,至恒重。吸水指数和水溶性指数按下式计算:

$$X_1/(g/g) = \frac{m_1}{M}; X_2(\%) = \frac{m_2}{M}$$

其中: X_1 为吸水指数(WAI),g/g; X_2 为水溶性指数(WSI),%; m_1 为沉淀重量,g; m_2 为上清液干重,g; M 为样品干重,g。

1.2.2.3 容重的测定^[21]:按油菜籽置换方法测定。取1 000 mL量杯一个,其最大容量为 v ,取一定重量的挤压样品,称其重量为 m ,放入量杯中,然后将油菜籽缓慢倒入量杯中,至完全淹没样品,并盛满量杯,用直尺轻轻刮平。测量油菜籽的体积 v_1 ,则样品的体积 $v_2 = v - v_1$,每个挤压样品取三次样,每次取样测三次,取平均值。

$$\text{容重}/(g/mL) = \frac{m}{v_2}$$

其中: m 为油菜籽重量,g; v_2 为油菜籽的体积,mL。

1.2.2.4 硬度测定^[21]:用配P/36R型探头的物性仪进行测定。用刀片截取挤压样品长6 cm,水平放在P/0.5承载平台上。测试时探头移动速度2 mm/s,变形程度80%。硬度以压碎挤压产品的最大作用力表

示。试验重复 10 次,取其平均值作为挤压产品的硬度。

1.3 数据统计与分析

采用 Excel2003 进行均值和标准差计算,采用和 SPSS17.0. 进行显著性分析和相关性分析,所有数据都是三次测试的平均值。

2 结果与分析

2.1 大米原料特性分析

11 种大米的淀粉组成如图 1,由图 1 可知,不同品种大米的水分含量差异较明显,在 12%~16% 之间,江西籼米水分含量最低,为 12.27%,湖北籼米的水分含量最高,15.30%。

本实验选用大米除了湖南岳阳盈田银针和湖南金建桃花香以外,其他总淀粉含量均没有较大差别,以湖南岳阳盈田银针总淀粉含量最高,为 90.90%,以湖南金建桃花香总淀粉含量最低,为 76.07%。测定结果表明不同品种、不同产地的大米的直链淀粉含量以及直链淀粉与支链淀粉之比差异较明显,江西籼米的直链淀粉含量及直支比均为最高,分别为 23.47% 和 30.66%,黑龙江金龙鱼五常糯米的直链淀粉含量及直支比均为最低,分别为 3.33% 和 4.04%。

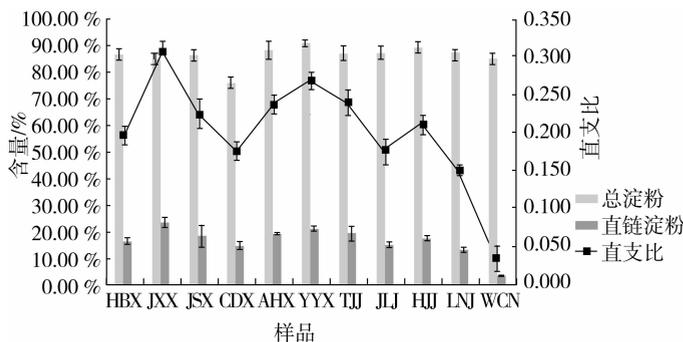


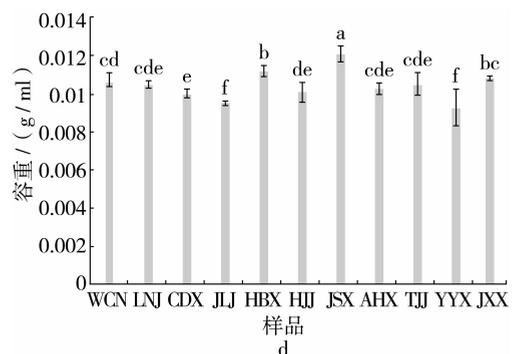
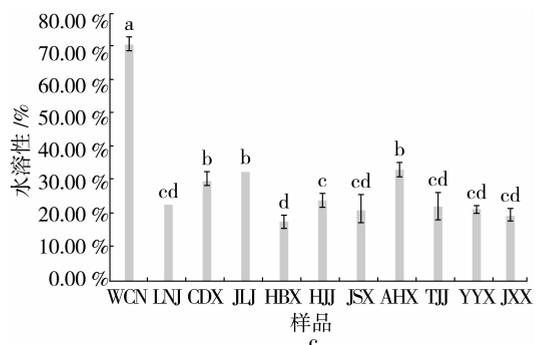
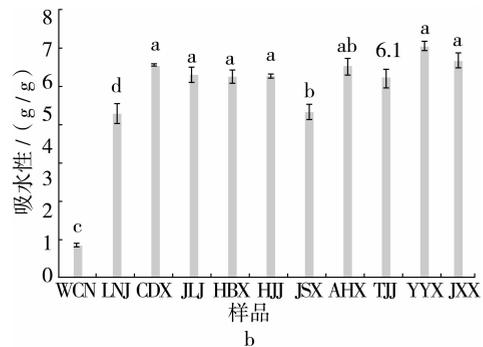
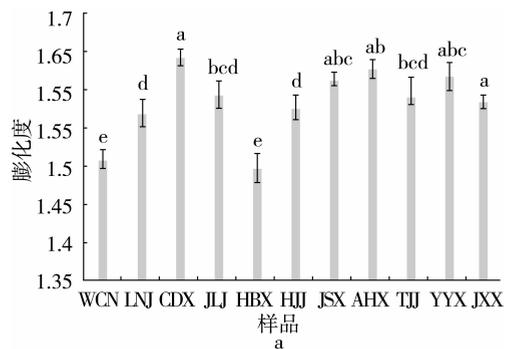
图 1 大米淀粉组成

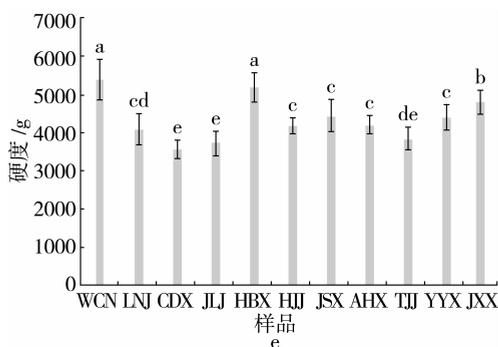
2.2 大米挤压膨化特性分析

2.2.1 大米总淀粉含量与挤压产品品质的相关性分析

图 2 a、图 2b、图 2c、图 2d、图 2e 分别为 11 种大米的膨化度、吸水性、水溶性、容重、硬度等挤压特性指标。由图 2 可知:在相同的挤压条件下,不同品种的大米挤压膨化产品品质指标有差异。从图 2a 可以看出,膨化度差异较明显,湖北籼米最大为 1.498,湖南金建桃花香最大为 1.645,直链淀粉含量在 3.33%~14.87% 和 16.46%~19.28% 之间时,膨化度随直链淀粉含量的增加而增大。从图 2b 可看出,吸水性指数差异较明显,在 0.9~7.09 g/g 之间,以湖南

岳阳盈田银针最大为 7.09 g/g,黑龙江金龙鱼五常糯米最小,与其他品种有显著差异,为 0.99 g/g。从图 2c 可以看出,水溶性指数差异较明显,在 17%~71.1% 之间,黑龙江金龙鱼五常糯米最大,与其他品种有显著差异,为 71.1%,湖北籼米最小为 17.9%。从图 2d 可看出,不同品种大米的挤压产品的容重差异较小,在 0.009 5~0.011 2 g/mL 之间。由图 2e 可知,硬度的差异较小,在 3 500~5 400 g 之间,黑龙江金龙鱼五常糯米最大为 5 378.90,湖南金建桃花香最小为 3 542.53。





a 大米挤压产品膨化度; b 大米挤压产品吸水性; c 大米挤压产品水溶性; d 大米挤压产品容重; e 大米挤压产品硬度

图2 大米挤压产品膨化特性

2.2.2 大米直链淀粉含量与挤压产品品质的相关性

表2为总淀粉含量与挤压特性相关性分析结果,由表2可知:总淀粉含量与膨化度、吸水性、水溶性、容重及硬度之间的相关性均不明显,这是由于所取样品总淀粉含量差异不明显造成的。淀粉含量是影响挤压特性的重要因素之一,有学者^[27]对玉米挤压特性研究发现,在一定范围内玉米淀粉含量越高,其膨化度越大,容重及硬度越小。

表2 总淀粉含量与挤压特性相关性

指标	膨化度	吸水性 / (g/g)	水溶性 / %	容重 / (g/mL)	硬度 / g
总淀粉	-0.099	-0.027	-0.189	-0.149	0.148

表3为直链淀粉含量与挤压特性相关性分析结果,由表3可知:直链淀粉含量对膨化度影响较明显($r=0.530$),直链淀粉含量在3.33%~14.87%和16.46%~19.28%两个范围之间时,膨化度随直链淀粉含量的增加而增大。Chinnaswamy^[22]等人的研究表明,当玉米淀粉中直链淀粉含量从0增大到50%时,其膨胀指数由8增加到16,直链淀粉含量继续增加,膨胀指数反而下降。直链淀粉含量和吸水性($r=0.879, P<0.01$)、水溶性($r=-0.846, P<0.01$)相关性明显,说明直链淀粉含量越高,吸水性指数越大,水溶性指数越小。直链淀粉含量与硬度($r=-0.288$)呈负相关,但是相关性不显著。直链淀粉含量与容重几乎没有相关性。大米直链淀粉与挤压膨化产品的膨化度在一定范围内相关性较明显,与吸水性以及水溶性存在显著相关性。

表3 直链淀粉含量与挤压特性相关性

指标	膨化度	吸水性 / (g/g)	水溶性 / %	容重 / (g/mL)	硬度 / g
直链淀粉	0.530	0.879 **	-0.846 **	-0.009	-0.288

表4为直/支比与挤压特性相关性分析结果,由表4可知:原料淀粉直/支比与挤压产品膨化度呈正相关($r=0.512$),在0.034~0.175和0.197~0.239两个范围之间随着直/支比的增加,挤压产品膨化度越大,与Mercier C^[23]等人的研究基本一致,但由于直/支比范围内膨化度变化出现两个峰值,所以造成相关性分析结果不显著。直支比与吸水性($r=0.848, P<0.01$)呈显著正相关;与水溶性($r=-0.827, P<0.01$)呈显著负相关,说明随着直/支比的增加,吸水性指数增加,水溶性指数变小。直/支比与容重之间没有相关性,说明直/支比对挤压产品容重没有明显影响。直/支比与硬度呈负相关,但相关性不显著。直链淀粉含量高的原料膨化成的产品膨化率小,质地硬;支链淀粉能促进膨化,使产品容重减小^[11]。

表4 直/支比与挤压特性相关性

指标	膨化度	吸水性	水溶性	容重	硬度
直支比	0.512	0.849 **	-0.827 **	-0.004	-0.236

3 结论

总淀粉含量对挤压膨化产品膨化度影响显著, Della Valle G^[19]等对玉米挤压膨化产品膨化度研究发现,随着直链淀粉含量增加,挤压产品体积膨化率呈上升趋势。杜双奎^[24]等对不同品种玉米、巩敏^[25]等对不同品种小米挤压膨化特性研究发现,淀粉含量与膨化度呈显著正相关,本实验由于所取样品总淀粉含量之间差异不明显,所以造成总淀粉含量与膨化度之间没有显著相关性。

大米直链淀粉含量与膨化度($r=0.350$)、吸水性($r=0.879, P<0.01$)、水溶性($r=-0.846, P<0.01$)之间具有显著的相关性;淀粉直/支比与膨化度具有良好相关性($r=0.532$),与吸水性($r=0.848, P<0.01$)、水溶性($r=-0.827, P<0.01$)呈显著相关。在挤压过程中,淀粉分子间的氢键断裂,淀粉发生降解,汤坚等^[26]研究发现,玉米淀粉在挤压过程中,直链部分没有发生显著变化,淀

粉降解主要发生在淀粉的支链部分,支链淀粉能促进膨化,直链淀粉含量高的原料,挤压膨化物的质地较硬,体积膨化指数较小;支链淀粉含量高的原料,挤压膨化产品的膨化效果较好。大米挤压膨化过程中,淀粉裂解的产物多数只溶于水,支链淀粉含量高,其裂解产物的量就高,所以支链淀粉含量和直/支比对挤压膨化产品吸水性和水溶性影响显著,与实验结论一致。

大米的直链淀粉含量和淀粉直/支比与膨化度具有较明显相关性,与吸水性、水溶性具有明显的相关性,直链淀粉含量和淀粉直/支比可作为大米挤压加工中原料选择和复配的依据。

参考文献:

- [1] Marshall W G, Wordswoeth J I. Rice Science and Thechnology [M]. New York: Marc Dekker Inc, 1994. 237 - 259.
- [2] 二国二郎. 淀粉科学手册 [M]. 北京:轻工业出版社, 1977: 10 - 24.
- [3] 杨泽敏,王维金,蓝盛银,等. 稻米三种淀粉成分的分离及其蒸煮前后的结构差异 [J]. 电子显微学报, 2003, 22(4): 286 - 291
- [4] 萩田敏. 米粉 [M]. 日本:日本食粮新闻社.
- [5] 叶琼娟,杨公明,张全凯,谢蓝华. 挤压膨化技术及其最新应用进展 [J]. 食品安全质量检学报, 2013, 4(5): 1330 - 1334.
- [6] Nibedita M, Sukumar B. Extrusion cooking technology employed to reduce the anti - nutritional factor tannin in sesame (Sesamum indicum) meal [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 56: 201 - 202.
- [7] Zhu B. Edible Food processing technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [8] 孟爽,申德超. 挤压膨化过程中大米淀粉糊化程度研究 [J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(1): 82 - 85.
- [9] 刘超,张波,魏益民. 影响淀粉类挤压膨化产品膨化率的因素研究进展 [J]. 中国粮油学报, 2013, 28(7): 124 - 128.
- [10] Bhattacharya S. Twin - screw extrusion of rice - green gram blend: extrusion and extrudate characteristics [J]. Journal of Food Engineering, 1997, 32: 83 - 99.
- [11] Ilo S, Liu Y, Berghofer E. Extrusion Cooking of Rice Flour and Amaranth Blends [J]. LWT - Food Science and Technology, 1999, 32: 79 - 88.
- [12] Ding Q B, Paul A, Andrew G, et al. The effect of extrusion conditions of the functional and physical properties of wheat - based expanded snacks [J]. Journal of Food Engineering, 2006 73 (2): 142 - 148.
- [13] Mario M, Bonastre O, Manuel G, et al. Effect of the addition of extruded wheat flours on dough rheology and bread quality [J]. Journal of Cereal Science, 2013, 57(3): 424 - 429.
- [14] Gonzalez R J, Greef D M, Torres R L. et al. Effects of endosperm hardness and extrusion temperature on properties obtained with grits from commercial maize cultivars [J]. Food Science and Technology, 2004, 37: 193 - 198.
- [15] CHEN Lin, ZHENG Xi - qun, LIU Xiao - lan, et al. Instant nutrition powder made from extrusion waxy corn [J]. Food Science and Technology, 2011, 36(8): 161 - 163.
- [16] Ding, Paul, Gregory, et al. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice - based expanded snacks [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66(3): 283 - 289.
- [17] Supat, Kamolwan, Anuvat, et al. Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice - based snack [J]. LWT - Food Science and Technology 2008, 42(3): 781 - 787.
- [18] Anocha S, Kullaya L, Arpathsra S, et al. Effect of extrusion conditions on the physicochemical properties of a snack made from purple rice (Hom Nil) and soybean flour blend [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(1): 201 - 208.
- [19] Della Valle G, Vergnes B, Colonna P, Patria A. Relations between rheological properties of molten starches and their expansion behaviour in extrusion [J]. Journal of Food Engineering, 1997, 31: 277 - 296.
- [20] AACC 44 - 19. 2000. Moisture - Air - oven method, drying at 135°C.
- [21] 刘艳香. 高粱挤压加工特性及高粱 - 蚕豆复配营养早餐粉的研究 [D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2009.
- [22] Chinnaswamy R, Hanna MA (Lincoln, USA). Optimum extrusion - cooking conditions for maximum expansion properties of corn starch [J]. Journal of Food Science, 1988, 66(1): 834 - 836.
- [23] Mercier C, Feillet P. Modification of carbohydrate components by Extrusion - cooking of cereal products [J]. Cereal Chemistry, 1975, 52(3): 283 - 297.
- [24] 杜双奎, 魏益民. 玉米籽粒品质性状与挤压膨化特性的关系 [J]. 中国农业科学. 2005, 38(9): 1876 - 1881.
- [25] 巩敏, 席婷婷. 小米挤压膨化特性的差异及相关性分析 [J]. 粮食食品技. 2013, 21(5): 4 - 7.
- [26] 汤坚, 丁霄霖. 玉米淀粉的挤压研究 - 淀粉在挤压过程中降解机理的研究 [J]. 无锡轻工业学院学报, 1992, 11(2): 95 - 103.
- [27] 赵明杰, 吴德胜, 唐志良. 原料特性对挤压膨化加工的影响 [J]. 粮油加工. 2007, 59(4): 59 - 64. ☞