

荞麦淀粉糊化特性研究

周小理¹, 周一鸣¹, 肖文艳^{1,2}

(1. 上海应用技术学院, 上海 200235; 2. 上海海洋大学, 上海 200090)

摘要: 本实验采用快速黏度分析仪及流变仪对荞麦(甜荞、苦荞)淀粉糊化过程中的黏度和流变特性进行系统分析, 并测定荞麦淀粉膨胀度、凝沉性、冻融稳定性、透光率等糊化特性。结果表明, 荞麦淀粉(甜荞、苦荞)的糊化温度高于绿豆淀粉, 低于大米淀粉和小麦淀粉。苦荞麦淀粉膨胀过程与绿豆淀粉相似, 而甜荞淀粉与小麦淀粉相似; 荞麦淀粉(甜荞、苦荞)糊透明性好; 荞麦淀粉(甜荞、苦荞)冻融稳定性高于大米淀粉, 低于小麦淀粉和绿豆淀粉; 荞麦淀粉(甜荞、苦荞)糊具有较好的凝沉稳定性; 荞麦淀粉糊属于非牛顿流体中的假塑性流体, 其流变曲线符合 Sisko 方程。

关键词: 淀粉; 荞麦; 糊化

Gelatinization Properties of Common and Tartary Buckwheat Starches

ZHOU Xiao-li¹, ZHOU Yi-ming¹, XIAO Wen-yan^{1,2}

(1. Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200235, China; 2. Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China)

Abstract: The viscosity and the rheological properties of common and tartary buckwheat starches were analyzed using rapid viscosity analyzer and AR-G2 rheometer during the gelatinization, respectively. Meanwhile their swellability, retrogradation, freeze-thaw stability, and transparency were also measured. The results showed that the gelatinization temperatures of the two buckwheat starches were both higher than that of mung bean, but lower than those of rice and wheat starches; the expansion process of tartary buckwheat starch was similar to that of mung starch, while the expansion process of common buckwheat starch was similar to that of wheat starch; the transparency of buckwheat starch paste was higher than that of rice starch paste but lower than those of wheat and mung starch pastes; the freeze-thaw stability of buckwheat starch paste was higher than that of rice starch paste but lower than that of mung bean starch paste; buckwheat starch paste had nice retrogradation stability; and the apparent viscosity of buckwheat starch paste was found to be irreversible with an open-ended hysteresis loop, indicating buckwheat starch paste belongs to the pseudoplastic fluid in non-Newtonian fluids, whose rheological curve accords with Sisko equation.

Key words: starch; buckwheat; gelatinization

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2009)13-0048-04

荞麦(*Fagopyrum*)属双子叶蓼科(*Polygonaceae*)植物, 原产于中国, 在亚洲其他地区、欧洲及美洲一些山区也有栽培。我国现有 300 多个荞麦栽培品种, 全国各省区均有种植, 主要分布于长江以南的各省区。全国常年栽培面积为 100~150 万公顷, 年种植面积和产量均居世界第二位, 出口量居世界第一位^[1]。

淀粉是荞麦的主要组成成分, 约占总重的 60%~70%。荞麦淀粉的颗粒特性对荞麦深加工产品的加工工艺及感官品质有着直接影响^[2-3], 但目前国内对荞麦淀粉的颗粒结构及物化特性研究较少, 本实验以山西黑丰一号苦荞、陕西兴甜荞 1 号为原料, 对荞麦淀粉的颗粒结

构及物化特性进行较全面的研究, 旨在为今后荞麦深加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

山西黑丰一号苦荞 山西大同; 陕西兴甜荞 1 号 陕西榆林; 大米、小麦面粉、绿豆均为市售。

1.2 仪器与设备

RVA Starchmaster 快速黏度分析仪 澳大利亚 Newport Scientific 有限公司; AR G2 流变仪 英国 TA 公司; HH-4 型 恒温水浴锅 上海森地科学仪器有限公司; 754

收稿日期: 2008-12-07

基金项目: 上海市科委重点科技攻关项目(074905114); 国家自然科学基金项目(30850007)

作者简介: 周小理(1957—), 女, 教授, 研究方向为食品新资源深度开发与利用。E-mail: zhouxl@sit.edu.cn

型 紫外可见分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司；
TDL-5 型 离心机 上海安亭科学仪器厂；AL104 型电子
天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 荞麦淀粉的制备

荞麦籽粒→水洗除尘→亚硫酸钠浸泡 24h →换水磨
浆→过滤→滤液离心→滤饼破碎后水洗离心三次得粗淀
粉→酸洗→碱洗→调 pH 值为 7 →滤饼破碎后水洗三次得
精淀粉→干燥

取荞麦籽粒 500g，水洗，除去表面灰尘等杂质，
按照浸泡液与荞麦质量比 1:2.5 浸泡，加入无水亚硫酸钠
4g，用 1mol/L 盐酸调节 pH2，40℃ 条件下浸泡 18h 后
换水磨浆 3 次，用多层纱布过滤，并用适量水冲洗皮
渣，滤液离心得粗淀粉。将粗淀粉经 0.01mol/L 盐酸漂
洗，洗液与粗淀粉质量比为 7:1，漂洗 3 次后离心；再
经 0.0001mol/L NaOH 漂洗，洗液与荞麦粗淀粉质量比为
13:1，漂洗 3 次，离心，滤饼溶于纯水，调溶液 pH7，
离心后除去上层及底部残渣，于 45℃ 烘箱干燥 48h^[4]。

1.3.2 荞麦淀粉糊化特性

1.3.2.1 荞麦淀粉糊化特征值的测定

按照国际谷物科学与技术协会(ICC Standard No.162)
和美国谷物化学家协会(AACC)方法 66-21，测定荞麦淀
粉的糊化特性^[5]。为了保证测试结果的准确性和平行
性，荞麦试样的水分按 14% 校正。测试条件见表 1。

表 1 荞麦淀粉糊化特性测试条件

Table 1 Set instrument parameters for testing gelatinization properties

时间	00:00:00	00:00:00	00:00:10	00:01:00	00:04:42	00:07:12	00:11:00	00:13:00
项目	温度	搅拌器转速	搅拌器转速	温度	95℃	温度	温度	50℃
设定值	50℃	960r/min	960r/min	50℃	温度	95℃	50℃	温度

注：仪器的空载温度为(50 ± 1)℃，读数时间间隔为 4s，测试结束时间为 13.0min。

1.3.2.2 溶解度和膨胀度

将苦荞淀粉、甜荞淀粉、大米淀粉、小麦淀粉、
绿豆淀粉加水配成 2.0% 的淀粉乳，分别在 90、85、
80、75、70、65、60℃ 水浴中恒温搅拌 30min，再
以 3000r/min 离心 20min，分离上层清液，烘干称重为
水溶淀粉重量，计算溶解度，下层为膨胀淀粉部分，
由膨胀淀粉重量计算膨胀度^[6]。

$$\text{溶解度}(\%) = \frac{\text{水溶淀粉重}}{\text{淀粉样品重}} \times 100$$

$$\text{膨胀度}(\%) = \frac{\text{膨胀淀粉重}}{\text{淀粉样品重} \times (100 - \text{溶解度})} \times 100$$

1.3.2.3 冻融稳定性

将苦荞淀粉、甜荞淀粉、大米淀粉、小麦淀粉、
绿豆淀粉加水配成 6% 的淀粉乳，在沸水浴中加热糊化
并保温 15min，再冷却至室温，取 10ml 倒入塑料离心
管中，加盖置于 -18℃ 的冰箱中冻藏。以 24h 为一个冻
藏周期，取出室温下自然解冻，观察各样品糊的变化
情况，离心处理(3000r/min，20min)并计算出淀粉糊的
析水率^[7]。

1.3.2.4 荞麦淀粉糊的透光率

配制 1% 的荞麦淀粉乳，放入沸水浴中加热糊化并
保温 15min，冷却至室温，用分光光度计进行测定。以
蒸馏水为空白(透光率 100%)，1cm 比色皿，在 600nm 处
测其透光率。将淀粉糊静置不同时间(12、24、36、48h)
后，再分别测其透光率。

1.3.2.5 荞麦淀粉糊的凝沉性质

配制 1% 的淀粉乳，放入沸水浴中加热糊化并保温
15min，冷却至室温，置于 100ml 量筒中，静置，每
隔 12h 记录上层清液体积。

1.3.2.6 荞麦淀粉糊的流变特性

配制 8% 荞麦淀粉糊，用流变仪分别在 20、40、
60、80℃ 条件测定其流变特性，选择直径为 40mm 的平
板模具和稳定测试程序，设置间隙为 1mm，剪切速率(γ)
从 0.001~500s⁻¹ 递增，再从 500~0.001s⁻¹ 递减，测定荞麦
淀粉糊随剪切速率上升和下降时的表观黏度(η)^[8]。

2 结果与分析

2.1 荞麦淀粉糊化特征值

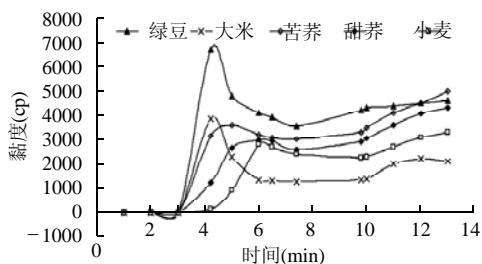


图 1 五种作物淀粉糊化特性曲线

Fig.1 Gelatinization characteristic curves of mung bean, rice, common buckwheat, tartary buckwheat and wheat starches

表 2 五种作物淀粉糊化特征值

Table 2 Gelatinization characteristic values of five crop starches

样品	峰值黏度(cP)	保持黏度(cP)	衰减度(cP)	最终黏度(cP)	回生值(cP)	糊化时间 min	糊化温度(℃)
绿豆	6692.50	3528.50	3164.00	4571.50	1043.00	4.24	72.30
大米	3852.50	1055.00	2797.50	2187.50	1132.50	4.10	73.85
苦荞	3647.00	3017.00	630.00	4983.50	1966.50	5.17	72.33
甜荞	2992.50	2606.50	386.00	4318.00	1711.50	5.84	73.03
小麦	2756.50	2226.00	530.50	3328.50	1102.50	6.67	84.30

由图1看出,苦荞淀粉、甜荞淀粉与小麦淀粉的糊化特征曲线相似,其趋势都较为平缓。峰值黏度与保持黏度接近,随着糊化后温度的降低,苦荞、甜荞和小麦淀粉糊的黏度继续上升,最终黏度都高于峰值黏度^[9]。

苦荞淀粉的峰值黏度(3647.00cP)与大米淀粉(3852.50cP)接近,但其保持黏度远高于大米,甜荞淀粉的峰值黏度低于苦荞淀粉,但保持黏度也高于大米;苦荞和甜荞的最终黏度与绿豆接近,最终黏度表明了物料在熟化并冷却后形成黏糊或凝胶的能力,此现象说明荞麦淀粉糊化后的成糊和形成凝胶的能力与绿豆淀粉相似^[10]。

苦荞和甜荞淀粉的衰减度低于绿豆和大米淀粉,苦荞淀粉的衰减度(630.00cP)略高于小麦淀粉(530.50cP);甜荞淀粉的衰减度(386.00cP)是测试样品中最低的。

五种测试样品中,苦荞淀粉的回生值最高,其次为甜荞淀粉,可见荞麦的回生值高于普通谷物淀粉(小麦、大米、绿豆),属易返生淀粉品种,其原因可能是荞麦中含有较多的直链淀粉。

RVA测得的糊化温度为淀粉成糊时的温度,五种淀粉的糊化温度高低顺序依次为:小麦>大米>甜荞>苦荞>绿豆,小麦淀粉的糊化温度远高于其他四种测试样品,甜荞的糊化温度与大米接近,苦荞淀粉的糊化温度与绿豆接近,均在72.3℃。但是苦荞淀粉和甜荞淀粉的糊化时间都比绿豆和大米淀粉长,这说明荞麦淀粉是比绿豆、大米淀粉难糊化的品种,这可能与荞麦淀粉颗粒的高结晶结构有关^[11]。

2.2 溶解度和膨胀度

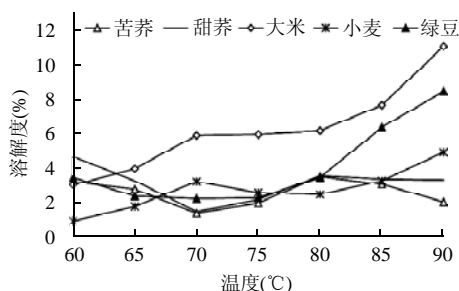


图2 五种作物淀粉的溶解度
Fig.2 Solubility curves of five crop starches

如图2所示,甜荞和苦荞淀粉的溶解度变化趋势十分相似,60~70℃降低,70~80℃略有上升,80~90℃溶解度再次下降,整个温度变化范围内甜荞淀粉的溶解度高于苦荞。大米淀粉在70~80℃有较为平缓的上升,80~90℃溶解度增加较快,大米淀粉是五种谷物中溶解度最大的品种,可能是由于其水溶性淀粉含量较高;小麦淀粉的溶解度在60~70℃上升,70~80℃有较小的下降,80~90℃溶解度再次上升,绿豆淀粉在60~

65℃阶段溶解度下降,65~75℃无明显变化(2.41%~2.34%),75~90℃呈上升趋势,90℃的溶解度仅次于大米。苦荞和甜荞淀粉的溶解度变化曲线不同于任何参比物,苦荞在80℃有最高溶解度,为3.6%,甜荞在60℃有最高溶解度,为4.7%。

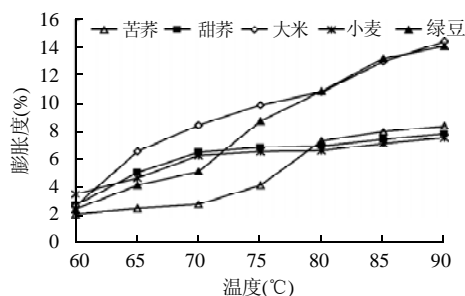


图3 五种作物淀粉的膨胀度
Fig.3 Swellability curves of five crop starches

如图3所示,五种谷物测试样品淀粉的膨胀度都随加热温度上升而上升,苦荞淀粉在60~70℃膨胀较小,在70~80℃膨胀较快,存在一个初始膨胀阶段和迅速膨胀阶段,为典型的二段膨胀过程,属限制型膨胀淀粉;甜荞淀粉在60~70℃,70~90℃缓慢增加,80℃~90℃其膨胀度低于苦荞淀粉;大米淀粉在60~80℃膨胀较小,80~90℃迅速膨胀;小麦淀粉的膨胀曲线与甜荞相似,但是在60℃时的膨胀度高于甜荞淀粉,65~90℃的膨胀度小于甜荞淀粉;绿豆淀粉的膨胀曲线与苦荞相似,都为典型的二段膨胀。

2.3 荞麦淀粉糊的透光率

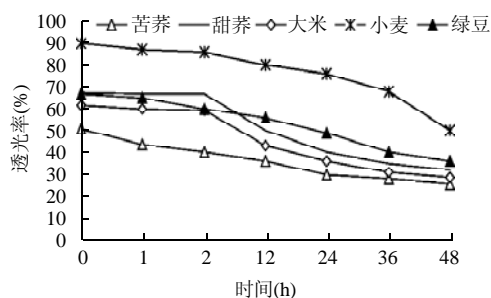


图4 五种作物淀粉糊的透光率变化
Fig.4 Transparency changes of five crop starch pastes during the standing process at 25°C

如图4所示,苦荞的初始透光率为51%,透明性较好,在25℃室温下静置,其透光率随着时间的延长而下降;甜荞的初始透光率为67%,高于苦荞,同时高于绿豆(66%)和大米(61%),而小于小麦(89%);48h后苦荞淀粉糊的透光率小于所有参照物,而甜荞的淀粉糊透光率则高于苦荞和大米,低于绿豆和小麦。

2.4 荞麦淀粉的凝沉性

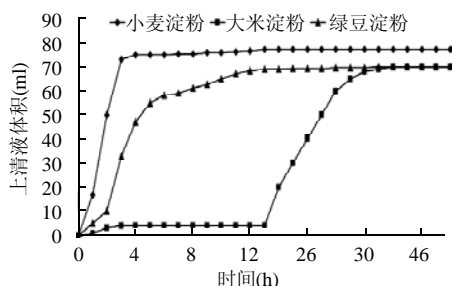


图5 参照作物淀粉样品凝沉曲线

Fig.5 Retrogradation curves of mung bean, rice and wheat starch pastes

苦荞、甜荞淀粉配制的1%淀粉溶液糊化后室温静置,48h内未见有上清液析出。由图5可知,参照样品小麦、大米、绿豆淀粉糊的凝沉性质,30h后参照物全都析出上清液,此现象说明,与小麦、大米、绿豆淀粉糊相比,荞麦淀粉糊具有较好的稳定性^[12]。

2.5 荞麦淀粉的冻融稳定性

荞麦淀粉一旦溶胀,就能保持高水分,形成比绿豆淀粉、小麦淀粉和大米淀粉还稠的胶体。经过一次冻融实验后,甜荞、苦荞、小麦和绿豆均变成海绵状,析出水分,完全失去原来胶体结构。而大米淀粉则不能形成此结构,仍保留胶体结构,且离心后水与淀粉糊较难分离。由表4可知苦荞、甜荞淀粉的冻融析水率明显高于小麦、绿豆而低于大米。

表3 五种作物淀粉的冻融析水率

Table 3 Freeze-thaw syneresis rates of five crop starch pastes

品种	苦荞	甜荞	大米	小麦	绿豆
析水率(%)	16.95	13.20	20.74	2.83	6.41

2.6 荞麦淀粉糊的流变特性测定

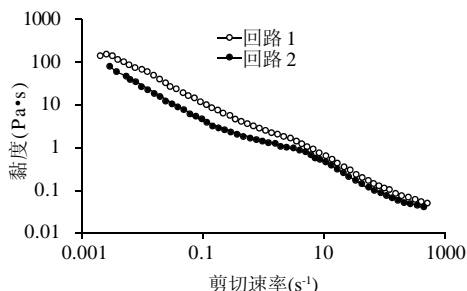


图6 荞麦淀粉糊流变特性曲线

Fig.6 Rheological curve of buckwheat starch paste

图6为8%质量分数的荞麦淀粉糊在20、40、60、80℃条件下随剪切速率的上升和下降的 η - $\dot{\gamma}$ 关系特征曲线图。荞麦淀粉糊流变特征曲线为开口型滞后回路,随着剪切速率的递增,荞麦淀粉糊的表现黏度下降;随着剪切速率的递减,荞麦淀粉糊的表现黏度上升,但因

荞麦淀粉糊在各种条件下内部结构破坏和恢复的速率不同,在短时间内不能完全恢复到原有的黏度。实验结果表明,荞麦淀粉糊流变特性曲线的滞后面积随着温度的上升而增大,温度越高越难恢复到剪切前的状态。荞麦淀粉糊属于非牛顿流体中的假塑性流体^[13],其流变曲线符合Sisko方程。

3 结论

3.1 荞麦淀粉糊化曲线与小麦相似,黏度略高于小麦淀粉,最终黏度与绿豆淀粉接近。

3.2 苦荞淀粉在80℃有最高溶解度,为3.6%,甜荞在60℃有最高溶解度,为4.7%。苦荞淀粉膨胀过程与绿豆相似,为典型的二段膨胀,苦荞淀粉属于属限制型膨胀淀粉;甜荞淀粉的膨胀曲线与小麦淀粉相似。

3.3 荞麦淀粉的冻融析水率高于小麦和绿豆,低于大米。荞麦淀粉糊具有较好的稳定性;荞麦淀粉与参照物的透光率高低顺序为:苦荞<大米<甜荞<绿豆<小麦。

3.4 荞麦淀粉糊为假塑性流体,流变曲线符合Sisko方程。

参考文献:

- [1] 章华伟,刘邻渭.荞麦淀粉研究进展[J].粮食与油脂,2002(7):32-33.
- [2] 钱建亚.荞麦淀粉的性质[J].西部粮油科技,2000,25(3):42-45.
- [3] ZHENG G H, SOSULSKI F W, TYLER R T. Wet milling composition and functional properties of starch and protein isolated from buckwheat groats[J]. Food Research International, 1999, 30(7): 493-502.
- [4] 章华伟.荞麦淀粉的加工工艺、特性及其改性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2003.
- [5] 高群玉,姜欣,黄立新,等.绿豆淀粉糊粘度性质的研究[J].中国粮油学报,1999,14(5):22-25.
- [6] 缪铭,江波,张涛,等.不同品种鹰嘴豆淀粉的理化性质研究[J].食品科学,2008,29(6):79-82.
- [7] HOOVER R, RATNAYAKE W S. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada[J]. Food Chemistry, 2002, 78: 489-498.
- [8] 谭洪卓,谷文英,刘敦华,等.甘薯淀粉糊的流变特性[J].食品科学,2007,28(1):58-63.
- [9] JONE QIAN, RAYAS-DUARTEP, GRANT L. Partial characterization of buckwheat starch[J]. Cereal Chem, 1998, 75(3): 365-373.
- [10] ACQUSTUCCI R, FORNAL J. Italian buckwheat starch physicochemical and functional characterization and *in vitro* digestibility[J]. Starch, 1997: 281-287.
- [11] 汪兰,邓乾春,张芸,等.银杏淀粉颗粒结构及物化特性的研究[J].中国粮油学报,2007,22(4):66-70.
- [12] 卞希良,郭应龙,夏凤清.淀粉糊凝沉特性的研究[J].粮油食品科技,2005,13(6):46-48.
- [13] MANINDER K, NARPINDER S, SANDHU K S, et al. Physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of starches separated from kernels of some Indian mango cultivars[J]. Food Chemistry, 2004, 85: 131-140.