

乳熟期玉米糊化热力学性质的分析

唐明霞^{1,2}, 陈惠^{1*}, 顾拥建¹, 袁春新^{1,2}

(1. 江苏沿江地区农业科学研究所, 江苏 如皋 226541; 2. 南通市农副产品加工技术协会, 江苏 南通 226000)

摘要: 利用差示扫描量热仪(DSC)对 18 种乳熟期玉米的糊化热力学性质进行研究,探讨玉米中主成分(水分,直链淀粉,支链淀粉及蛋白质质量分数)对其糊化热力学行为的影响,分析其成分与玉米糊化热力学参数之间的相关性。结果表明:水分质量分数、直链淀粉和支链淀粉的质量分数与起始糊化温度(T_0)、峰值糊化温度(T_p)均为极显著正相关,而与终止糊化温度(T_c)、热焓值(ΔH)的相关性均不显著;此外,热焓值(ΔH)与终止糊化温度(T_c)是极显著相关。

关键词: 乳熟期玉米;糊化热力学性质;饮料加工原料

中图分类号: TS 213.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2015)03—0291—04

Pasting Thermodynamic Analysis of Maize in Milky Stage

TANG Mingxia^{1,2}, CHEN Hui^{1*}, GU Yongjian¹, YUAN Chunxin^{1,2}

(1. Institute of Agricultural Sciences of Jiangsu Changjiang River Bank District, Rugao 226541, China;

2. Nantong Association of Processing Technology of Agricultural and Subsidiary Products, Nantong 226000, China)

Abstract: The thermodynamic properties of 18 kinds of maize that in milky stage was studied by using differential scanning calorimetry (DSC). Effect of main components (the content of moisture, amylase, amylopectin, and protein) on their thermodynamic behaviors was then analyzed, and the correlations between the main components and their thermodynamic parameters obtained during pasting. The results showed that: the content of moisture, amylase, and amylopectin were all strongly and positively related to onset temperature (T_0) and of peak temperature of pasting, but showed insignificant correlation with end temperature (T_c) and enthalpy of pasting. In addition, a very significant correlations was found between the end temperature (T_c) and enthalpy value.

Keywords: maize in milky stage, pasting thermodynamic property, beverage processed materials

玉米乳熟期是指从灌浆末期到蜡熟期之前的一段时期,是玉米籽粒生长发育的主要时期^[1]。越来越多的研究表明,乳熟期的玉米营养丰富,其含有的赖氨酸、可溶性糖、膳食纤维、维生素 A 等一些营

养物质明显高于成熟期的玉米^[2]。因此,乳熟期的玉米适宜加工成营养丰富的饮料。在这些玉米饮料加工过程中,糊化是工艺流程不可缺少的重要工序,因为淀粉未完全糊化时,其颗粒中结晶区的存在会

收稿日期: 2014-06-06

基金项目: 国家级星火计划重点项目(S2014C100575);江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(11)2068);江苏省“333 工程”培养资金资助项目(BRA2013087);南通市重大科技创新计划专项(XA2013012);南通市科技服务业发展计划项目(DB2013004)。

作者简介: 唐明霞(1972—),女,江苏南通人,研究员,主要从事食品加工技术研发及科研管理。E-mail: 782641021@qq.com

*** 通信作者:** 陈惠(1975—),男,江苏海门人,副研究员,主要从事食品加工研究。E-mail: chenwei55cn@sohu.com

阻止酶水解作用。只有当玉米淀粉充分糊化的情况下,酶水解反应才比较均一,得到的低 DE 值产品的相对分子质量分布才较为均匀^[3]。

随着人们生活水平的提高,一些粗粮制饮品随之被关注。近年来,关于玉米饮料的研究逐渐增多,有对玉米饮品的配方^[4]、生产工艺^[5-7]、酶解^[8]、稳定性^[9-10]等进行研究的;吴红霞^[11]在对甜玉米饮品开发的关键技术研究中,对粉碎设备破碎甜玉米粒的效果进行了比较研究。但是,目前对乳熟期玉米糊化的研究仍相对较少。本课题研究中主要以差示扫描量热仪(DSC)研究 18 种乳熟期玉米糊化热力学性质,为玉米饮料加工工艺的深入研究提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

18 个品种玉米均采自江苏沿江地区农科所试验田。氢氧化钾、盐酸、乙醚,均为国产分析纯。

1.2 仪器设备

差示扫描量热仪(DSC),美国 TA Instruments 公司制造;冰箱,青岛海尔集团制造;HGL01—1A 型电热鼓风干燥箱,南京实验仪器厂制造;50AB 型胶体磨,沈阳航天集团制造;超微粉碎机,沈阳农业集团提供;还有分光光度计等常用仪器设备。

1.3 方法

1.3.1 乳熟期玉米浆制备流程 乳熟期玉米→清理→脱粒→打浆→胶体磨→测定。

1.3.2 热力学性质的测定 采用美国 TA 公司 Q10 差示扫描量热仪(DSC)进行测定,在十万分之一天

平上准确称取约 10 mg 玉米浆,放入铝盒内,密封,平衡 1 h 后,以 10 °C/min 速率从 40 °C 加热到 120 °C,空盒作参比,记录和计算起始糊化温度(T_0)、峰值糊化温度(T_p)、终止糊化温度(T_c)及热焓值(ΔH),得到热力学曲线谱图(图 1)。

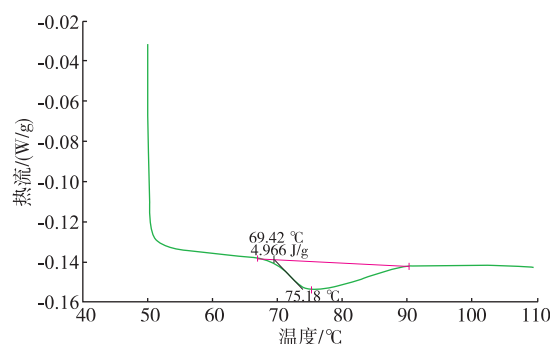


图 1 苏玉糯 11 号 DSC 图

Fig. 1 DSC heat flow diagram of No. 11 Suyu waxy corn

1.3.3 直链淀粉、支链淀粉的测定 采用双波长法^[12]测定直链和支链淀粉含量。

1.3.4 数据分析 利用 Spss17.0 分析软件进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 玉米浆组分质量分数及糊化热力学性质参数的分析

由表 1 可以看出,在供试的 18 个品种乳熟期玉米中,直链淀粉、支链淀粉质量分数最高的是苏玉糯 639,分别为 4.57%和 27.00%。而其中 14 个糯玉米的支链淀粉的质量分数均明显高于甜玉米的。

表 1 不同品种的乳熟期玉米水分、淀粉、蛋白质质量分数及玉米粉的热力学性质

Table 1 Moisture, starches, protein contents and their thermodynamic properties of different kinds of maize in milky stage

品种	水分质量 分数/%	直链淀粉 质量分数/%	支链淀粉 质量分数/%	蛋白质质量 分数/%	起始温度 糊化 T_0 /°C	峰值糊化 温度 T_p /°C	终止糊化 温度 T_c /°C	热焓值 ΔH /(g/J)
苏玉糯 2 号	53.24	3.89	17.38	4.50	70.97	74.48	79.73	0.6725
苏玉糯 5 号	55.16	4.17	22.86	5.27	71.44	75.41	80.37	0.9795
苏玉糯 10 号	62.27	4.21	16.28	4.69	69.40	75.96	90.30	4.003
苏玉糯 14 号	56.10	2.90	16.00	3.43	70.07	73.63	78.26	0.9131
苏玉糯 18 号	53.93	4.08	18.81	5.36	70.46	74.41	80.3	0.6409
苏玉糯 13 号	56.68	2.85	16.31	4.49	71.83	75.19	80.99	1.0880
京科糯 2000	64.18	4.04	17.06	3.56	68.89	74.19	83.35	3.8090
苏科糯 2008	60.37	3.18	15.99	3.43	69.12	73.15	79.73	1.1400
苏玉糯 639	52.08	4.57	27.00	3.96	71.49	75.37	80.55	1.0910
苏玉糯 11 号	53.30	3.57	25.66	5.04	69.42	75.18	90.52	4.9660

续表 1

品种	水分质量 分数/%	直链淀粉 质量分数/%	支链淀粉 质量分数/%	蛋白质质量 分数/%	起始温度 糊化 $T_0/^\circ\text{C}$	峰值糊化 温度 $T_p/^\circ\text{C}$	终止糊化 温度 $T_c/^\circ\text{C}$	热焓值 $\Delta H/(\text{g/J})$
彩糯 206	51.89	4.47	26.19	4.65	70.42	73.95	79.30	1.1470
天紫 23	55.30	4.23	22.05	4.34	71.17	74.72	80.17	0.8590
沪紫黑糯 1 号	56.48	4.02	23.66	3.61	71.21	76.28	89.2	3.8390
晶甜 3 号	70.19	3.21	7.83	3.31	62.35	70.73	80.32	0.6852
晶甜 5 号	70.47	3.02	8.53	3.61	61.03	68.24	80.31	0.6650
晶甜 6 号	70.65	1.98	7.80	3.97	62.10	70.74	79.82	0.7714
晶甜 8 号	72.11	2.21	6.41	3.26	63.40	71.35	84.29	0.7513
晶甜 7 号	73.32	2.02	6.40	3.30	63.19	69.42	82.55	0.3996

另外,由表 1 可知,乳熟期糯玉米粉的起始糊化温度(T_0)、峰值糊化温度(T_p)要高于甜玉米的,但终止糊化温度(T_c)及热焓值(ΔH)却不是十分显著。一方面可能是乳熟期玉米粉中淀粉的质量分数相对较低的缘故;另一方面也可能是蛋白质变性温度也在这个区间,从而掩盖了与淀粉糊化热焓值(ΔH)间的真实关系。

2.2 玉米粉糊化热力学性质相关性分析

由 18 种乳熟期玉米的淀粉质量分数及玉米粉糊化热力学相关性分析结果(见表 2)可知:

玉米粉中水分质量分数及直链淀粉的质量分数分别与起始糊化温度(T_0)、峰值糊化温度(T_p)极

显著正相关;而与终止糊化温度(T_c)、热焓值(ΔH)的相关性不显著。

支链淀粉质量分数与起始糊化温度(T_0)、峰值糊化温度(T_p)也均为极显著正相关,相关系数分别为 0.859、0.831;与终止糊化温度(T_c)、热焓值(ΔH)的相关性不显著。

同时,蛋白质质量分数与起始糊化温度(T_0)、峰值糊化温度(T_p)有一定的相关性,相关系数分别为 0.559、0.574。而热焓值(ΔH)与终止糊化温度(T_c)是极显著相关。这与赵前程^[13]的研究结果一致。赵前程对多种玉米淀粉糊化热力学性质的研究表明:玉米热焓值与终止糊化温度存在着极显著正相关。

表 2 水分、淀粉、蛋白质质量分数与玉米粉糊化热力学相关性分析表

Table 2 Correlation analysis between the contents of moisture, starch, and protein and the pasting thermodynamic properties of maize powders

相关项目	水分质量 分数/%	直链淀粉 质量分数/%	支链淀粉 质量分数/%	蛋白质质量 分数/%	起始温度 糊化 $T_0/^\circ\text{C}$	峰值糊化 温度 $T_p/^\circ\text{C}$	终止糊化 温度 $T_c/^\circ\text{C}$	热焓值 $\Delta H/(\text{g/J})$
水分质量分数/%	1.000							
直链淀粉质量分数/%	-0.750**	1.000						
支链淀粉质量分数/%	-0.920**	0.834**	1.000					
蛋白质质量分数/%	-0.649**	0.540*	0.588*	1.000				
起始糊化温度 $T_0/^\circ\text{C}$	-0.923**	0.724**	0.859**	0.559*	1.000			
峰值糊化温度 $T_p/^\circ\text{C}$	-0.831**	0.725**	0.831**	0.574*	0.932**	1.000		
终止糊化温度 $T_c/^\circ\text{C}$	0.020	0.128	0.176	0.122	0.080	0.346	1.000	
热焓值 $\Delta H/(\text{g/J})$	-0.207	0.347	0.410	0.181	0.289	0.515*	0.865**	1.000

** 为在 0.01 水平(双侧)上显著相关,* 为在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

3 结 语

不同品种玉米糊化温度存在很大差异,糯玉米的起始糊化温度、峰值糊化温度及热焓值几乎都高于甜玉米的。经相关性分析发现,这一糊化温度的差

异很可能是玉米中所含有的水分、直链和支链淀粉,以及蛋白质的质量分数不同所致。同时热焓值没有显示出与以上成分的相关性,说明热焓值很可能是直链淀粉、支链淀粉的糊化和蛋白质的变性共同贡献。

参考文献:

- [1] 周洪生. 玉米种子大全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 42.
- [2] 刘春泉, 宋江峰, 李大婧. 鲜食甜糯玉米的营养及其加工[J]. 农产品加工综合刊, 2010(6): 8-10.
LIU Chunquan, SONG Jiangfeng, LI Dajing. Nutrition and processing of fresh sweet-waxy maize[J]. **Farm Products Processing**, 2010(6): 8-10. (in Chinese)
- [3] Yankov D Dobрева. Study off optimum conditions and kinetics off starch hydrolysis by means of thermostable α -amylase[J]. **Enzyme Microb Technol**, 1986(8): 665.
- [4] 周剑新, 谢洁, 蒲海燕, 等. 调和玉米汁饮料配制工艺[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(7): 87-90.
ZHOU Jianxin, XIE Jie, PU Haiyan, et al. Mixed corn juice beverage preparation technology [J]. **Food Research and Development**, 2010, 31(7): 87-90. (in Chinese)
- [5] 邓开野, 麦伟浩. 甜玉米饮料的加工工艺研究[J]. 广西轻工业, 2009(2): 1-2.
DENG Kaiye, MAI Weihao. Study on processing technology of sweet corn beverage [J]. **Guang Xi Journal of Light Industry**, 2009(2): 1-2. (in Chinese)
- [6] 莫蓓红, 刘振民, 苗君莅, 等. 一种玉米汁饮料的生产方法及所得的玉米汁. 中国, CN101653285[P]. 2010-02-24.
- [7] 文龙, 杨志娟. 玉米汁饮料的加工工艺[J]. 食品工业科技. 2001, 22(4): 72.
WEN Long, YANG Zhijuan. The processing technology of corn juice beverage [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2001, 22(4): 72. (in Chinese)
- [8] 徐玉娟, 肖更生, 李升锋, 等. 甜玉米汁酶解工艺条件的研究[J]. 广东农业科学, 2006(11): 48-50.
XU Yujuan, XIAO Gengsheng, LI Shengfeng, et al. Study on the enzymatic process conditions of sweet corn juice[J]. **Guangdong Agricultural Sciences**, 2006(11): 48-50. (in Chinese)
- [9] 郭成宇. 玉米饮料稳定剂以及用该稳定剂制成的角质玉米饮料: 中国, CN101558902[P]. 2009-10-21.
- [10] 吴红艳, 郭成宇, 杨丽, 等. 玉米饮料的加工工艺及产品稳定性研究[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 360-361.
WU Hongyan, GUO Chengyu, YANG Li, et al. Study on processing technology and stability of products of corn beverage[J]. **Jiangsu Agricultural Sciences**, 2011, 39(3): 360-361. (in Chinese)
- [11] 吴红霞. 甜玉米饮品开发的关键技术研究[D]. 无锡: 江南大学食品学院, 2007.
- [12] 加列西·马那甫, 景伟文, 削合来提·再丁. 双波长法测定谷类和豆类作物籽粒中直链和支链淀粉的含量[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(3): 564-568.
Jialixi Manafu, JING Weiwen, Xuelaiti Zaiyiding. Determination of amylose and amylopectin in grain and bean by dual-wavelength spectrophotometry[J]. **Xinjiang Agricultural Sciences**, 2010, 47(3): 564-568. (in Chinese)
- [13] 赵前程. 玉米杂交种淀粉的糊化和热力学性质的研究[D]. 沈阳: 沈阳大学食品学院, 2005.

会议信息

会议名称(中文): 2015“医药与食品中的植物化学物质”国际会议

会议名称(英文): International Symposium on Phytochemicals in Medicine and Food

开始日期: 2015-06-26

结束日期: 2015-06-29

所在城市: 上海市 黄浦区

主办单位: 欧洲植物化学会(PSE)、亚洲植物化学会(PSA)

承办单位: 上海师范大学

联系人: Dr. Jianbo Xiao

E-MAIL: jianboxiao@yahoo.com; jianboxiao1979@shnu.edu.cn

会议网站: <http://cmsmag.shnu.edu.cn/Default.aspx?tabid=14688&language=en-US>