

淀粉糊的透明度及其影响因素的研究

杜先锋¹, 许时婴², 王 璋²

(1. 安徽农业大学; 2 无锡轻工业大学)

摘 要: 研究了淀粉糊的透明度以及 NaCl、蔗糖、柠檬酸等食品成分和老化作用对透明度的影响。分子结构是影响淀粉糊透明度高低的内在因素, 对于所添加的食品成分来说, NaCl 降低淀粉糊的透明度, 而蔗糖、柠檬酸则提高糊液的透明度。在储存初期(4, 0~4 d), 由于直链淀粉迅速形成交联网, 淀粉糊的透明度迅速下降。随着支链淀粉在交联网中逐渐分散, 凝胶的逐步形成和完善, 透明度下降减缓并趋于极限。

关键词: 淀粉糊; 透明度; 分子结构; 食品成分; 老化

中图分类号: S377

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0120129203

透明度是淀粉糊所表现出的重要外在特征之一, 直接关系到淀粉类产品的外观和用途, 进而影响到产品的可接受性。它受多种因素的影响, 首先与淀粉的来源有关, 不同植物的淀粉, 由于分子结构不同, 直链淀粉和支链淀粉的含量也不同, 因此所表现出的物理化学性质(如透明度)就有很大差异; 在糊化作用过程中, 添加的其它物质组分通过与淀粉分子之间的相互作用, 从而对淀粉糊的透明度产生影响。此外, 淀粉糊化后由于老化而产生的胶凝或凝沉作用也会严重影响淀粉糊的透明度。

本文从淀粉的分子结构因素入手, 对淀粉糊的透明度及其影响因素进行分析和研究, 为实际应用提供依据。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料和主要仪器设备

葛根淀粉: 按文献[1, 10]的方法进行制备; 玉米淀粉: 山东诸城淀粉厂; 马铃薯淀粉: 浙江菱湖淀粉厂。

DSC27 型差示扫描量热仪: 美国 PerkinElmer 公司; UV 2240 紫外分光光度计: 日本 Shimadzu 公司; 722 型分光光度计: 上海第二分析仪器厂。

1.2 试验方法

1.2.1 透明度的测定

透明度测定的方法有数种。本文根据 Craig 法^[2], 并按以下步骤进行: 准确称取 50mg 淀粉样品(按干基计)置磨口具塞试管, 加 5 mL 蒸馏水混匀后制成 1% 的淀粉乳。将试管置沸水浴中加热 30 min(其间每隔 5 min 充分振荡试管一次), 再冷至室

温。以蒸馏水为空白, 用 UV 2240 紫外分光光度计对淀粉糊从 400 nm ~ 700 nm 进行扫描, 观察透光率的变化。由于在淀粉的分子结构中无生色基团, 几种淀粉糊对吸收波长均无特异性, 但淀粉糊的透光率随波长的增加而增加, 因此选择 650 nm 测定淀粉糊的透光率, 以透光率(% T)的值表示淀粉糊的透明度。

1.2.2 添加 NaCl 后淀粉糊的透明度

按 1.2.1 制备淀粉糊后, 于室温向淀粉糊中加入不同量的 NaCl。充分振荡试管, 使 NaCl 完全溶解, 测定透光率。

1.2.3 添加蔗糖后淀粉糊的透明度

按 1.2.1 制备淀粉糊, 由于加入蔗糖会使体系的体积增大, 因此在制备淀粉糊时必须相应减少水的用量。待蔗糖加入并完全溶解后, 用蒸馏水将糊液的总体积调整至 5 mL, 测定透光率。

1.2.4 添加柠檬酸后淀粉糊的透明度

按 1.2.1 制备淀粉糊后, 于室温向淀粉糊中加入不同量的柠檬酸。充分振荡试管, 使柠檬酸完全溶解, 测定透光率。

1.2.5 淀粉老化后的透明度

准确称取一定量的淀粉样品(按干基计)于 DSC 铝坩埚中, 以微量进样器加入一定量的水, 使铝坩埚中淀粉乳的浓度为 20%, 坩埚中样品的总质量以 7.00~7.40 mg 为宜。坩埚加盖密封后, 于室温平衡 24 h, 以空坩埚作为参比, 从 30 加热至 100, 扫描速率为 10 °C/min, 记录每份样品的糊化焓。为确保淀粉样品完全糊化, 以 40 °C/min 速率从 100 迅速降至 30, 再对样品从 30 加热至 100。糊化后的样品储存于 4, 然后在储存后的第 1, 2, 4, 7, 14, 21 d 分别取样进行 DSC 测定, 测定在 4 储存条件下不同储存时间的老化焓, 每份样

收稿日期: 200120820 修订日期: 2001210229

作者简介: 杜先锋, 博士, 副教授, 合肥市长江西路 130 号 安徽农业大学食品工程系, 230036

品均进行 3 次平行测定。根据淀粉糊化所需的糊化焓以及淀粉老化后的老化焓,按下式计算在一定温度条件下放置一定时间后淀粉糊的老化度(或称老化率)。

$$\text{老化度}(\%) = \frac{\text{淀粉老化后的老化焓}}{\text{淀粉糊化所需的糊化焓}} \times 100$$

按 1.2.1 制备淀粉糊,贮存于 4℃,分别于储存后的第 1, 2, 4, 7, 14, 21 d 测定透明度。

2 结果与讨论

2.1 分子结构对淀粉糊透明度的影响

淀粉糊化后,其分子重新排列相互缔合的程度是影响淀粉糊透明度的重要因素。如果淀粉颗粒在吸水与受热时能够完全膨润,并且糊化后淀粉分子也不发生相互缔合,则在淀粉糊液中无残存的淀粉颗粒以及回生后所形成的凝胶束,因此淀粉糊就非常透明,当光线穿过淀粉糊液时,无反射和散射现象产生。从表 1 中看出,大的淀粉颗粒较易吸水膨胀,糊化后所形成的糊液比较透明。淀粉的含磷量也是影响透明度的一个重要因素,较高的含磷量使淀粉分子带同种电荷,导致分子之间相互排斥而增大光线的穿透力,糊液的透明度因而得以提高^[3]。磷酸基的存在使淀粉分子的亲水性增强,促进淀粉颗粒的膨润糊化和分子的分散,但是从淀粉回生的机理来看发生聚合作用主要是直链淀粉分子,而磷主要是以磷酸酯键结合于支链淀粉分子^[4],磷酸基的存在对淀粉分子之间的聚合起到抑制作用有利于淀粉糊液透明度的提高。

表 1 几种淀粉的结构参数及淀粉糊的透明度

Table 1 Structural parameters and paste light transmittances of different starches

淀粉	直链淀粉含量/%	直链淀粉聚合度 DP	粒径 / μm	结合磷含量/%	透光率 /%
葛根	20.7	1 690	18	0.018	51
马铃薯	23	4 920	33	0.052	97
玉米	28	940	15	0.013	38
高直链玉米	52~80% ^[5]	1 300 ^[5]	12 ^[6]		0 ^[7] , 5% ^[2]

直链淀粉含量增高会使透明度降低,如高直链玉米淀粉的透光率仅为 5%。平均聚合度 \overline{DP} 值较高的直链淀粉分子的流体动力学半径较大,因而在糊液中空间位阻较大,易通过形成分子内氢键呈卷曲状态,分子与分子之间难以形成平行取向, \overline{DP} 值越大,越不容易平行取向,即分散性越好。从表 1 可知,马铃薯和葛根淀粉的 \overline{DP} 值较高,相应的淀粉糊较透明,玉米淀粉的 \overline{DP} 值较低,淀粉糊的透明度也低。

2.2 盐、糖及柠檬酸的添加对淀粉糊透明度的影响

Craig 等^[2]曾报道 NaCl 可较大幅度地降低马铃薯淀粉糊的透明度,但对木薯及小麦淀粉糊的透明度几乎没有影响。

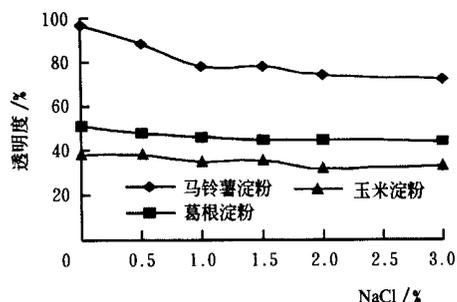


图 1 NaCl 对淀粉糊透明度的影响
Fig. 1 Influence of NaCl on starch paste light transmittances

从实验结果(图 1)来看,NaCl 对淀粉糊透明度的影响与 NaCl 的添加量有关。当添加量小于 1% 时,影响较大。以添加量为 1% 时计算,马铃薯淀粉糊的透明度降低 19.6%,葛根和玉米淀粉糊的透明度则分别降低 9.8% 和 7.9%;当添加量大于 1% 时,影响则不明显。NaCl 的加入主要是降低了水活度,影响淀粉分子的水合作用,使淀粉的膨润和糊化受到影响,进而降低透光率。

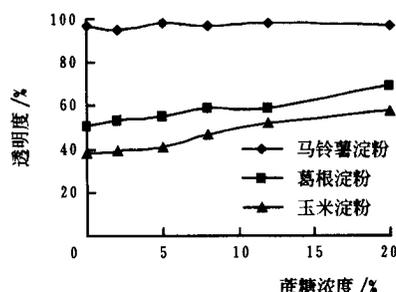


图 2 蔗糖浓度对淀粉糊透明度的影响
Fig. 2 Influence of sucrose on starch paste light transmittances

从图 2 可见,当淀粉糊中蔗糖浓度达 20% 时,葛根和玉米淀粉糊的透明度分别提高 36.6% 和 52.6%。马铃薯淀粉糊的透明度已达 97%,其糊液的透明度虽然不会因蔗糖的添加而提高,但也不会因蔗糖的添加而下降。蔗糖的添加可以提高淀粉糊的透明度是由于蔗糖提高溶液体系的折光指数^[2]而使淀粉糊的透明度显著提高。此外,蔗糖分子和水分子均与淀粉分子形成氢键^[8],减弱了淀粉分子间形成氢键的能力,淀粉糊的透明度也因此增大。

图 3 表明,添加柠檬酸可提高葛根淀粉糊和玉米淀粉糊的透明度,当糊液中柠檬酸的浓度为 0.2%

时,透明度提高的幅度分别达 48.1% 和 53.7%。与蔗糖相似,柠檬酸也不影响马铃薯淀粉糊的透明度。当淀粉糊中有柠檬酸存在时,淀粉分子带同性电荷而相互排斥,从而促进了淀粉分子在水溶液中的分散。因此,添加柠檬酸可提高淀粉糊的透明度。

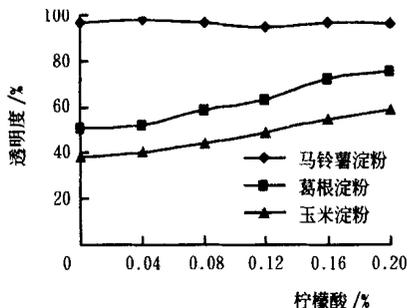


图 3 柠檬酸浓度对淀粉糊透明度的影响

Fig 3 Influence of citric acid on starch paste light transmittances

2.3 老化对淀粉糊透明度的影响

由图 4 可见,在淀粉糊储存初期(0~4)d,老化作用十分明显,老化度的增加几乎与时间呈线性关系;在储存的中期和后期(4~21)d,老化度的增加减弱并逐渐趋于“饱和”。而透明度正好与老化度的情况完全相反,在储存初期,透明度迅速下降,4 d 后基本达到极限。

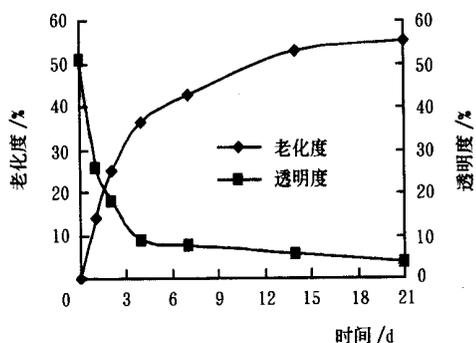


图 4 老化对淀粉糊透明度的影响

Fig 4 Influence of retrogradation on starch paste light transmittances

在糊化作用过程中,直链淀粉分子首先从淀粉粒中逸出^[9]。当淀粉糊在低温(4)储存时,直链淀粉分子相互缠绕,分子链之间相互作用的几率大为提高,部分链段形成交联网,部分链段作平行取向形成凝胶束,这一过程在几天甚至数小时即可完成。因此,在储存初期,老化度迅速增加。由于糊液中快速形成的交联网和凝胶束对光线的反射,透明度因此迅速下降。而存在于淀粉粒中的支链淀粉则逐渐分散于直链淀粉所形成的交联网中,由于支链淀粉的分子体积很大,分支链的数目很多,这一过程需数天至数周才能完成^[10,11],因此随着支链淀粉的逐渐分散,凝胶的逐步形成,透明度逐渐下降到一极限值。

3 结论

1) 淀粉颗粒在过量水中受热膨润糊化,糊液中的淀粉分子也不发生交联和缔合,则由于糊液中无残存的淀粉颗粒和老化后所形成的交联网和凝胶束,当光线穿过糊液时,不会发生反射和散射,此时淀粉糊透明度达到理想状态的极大值。

2) 粒径较长,含磷量较高,直链淀粉值较大的淀粉,透明度较高;直链淀粉含量较高的淀粉,糊液的透明度较低。

3) NaCl 降低淀粉糊的透明度,而蔗糖、柠檬酸则可提高其透明度。

4) 淀粉糊在储存初期(4 ,0~4 d),透明度迅速下降,随后透明度下降减缓趋于极限。

[参考文献]

- [1] 杜先锋,许时婴,王璋. 葛根淀粉生产工艺的研究[J]. 中国粮油学报, 1998, 13(5): 28~32
- [2] Craig S A, Maningat C C, Seib P A, et al. Starch paste clarity [J]. Cereal Chem, 1989, 66(3): 173~182
- [3] 田端司郎, 桧作进. 淀粉中の α -D-グルコピラン糖について[J]. 淀粉科学, 1975, 22(2): 27~39
- [4] Abe J I, Takeda Y, Hizukuri S. Action of glucoamylase from aspergillus niger on phosphorylated subject [J]. Biochim Biophys Acta, 1982, 703: 26~33
- [5] Blanshard J M. Starch granule structure and function: a physicochemical approach [A]. In: Galliard T. Starch: Properties and Potential [C]. John Wiley and Sons, 1987, 17.
- [6] Swinkels J J. Sources of starch, its chemistry and physics [A]. In: Beynum G M, Roels J A. Starch Conversion Technology [C]. New York: Marcel Dekker Inc 1985, 21.
- [7] Hizukuri S. Relationship between the distribution of the chain length of amylopectin and the crystalline structure of starch granules [J]. Carbohydr Res, 1985, 141: 295~306
- [8] Baker L A, Rayas Duarte P. Freeze-thaw stability of amaranth starch and the effects of salt and sugars [J]. Cereal Chem, 1998, 75(3): 301~307.
- [9] Lii C Y, Shao Y Y, Tseng K H, et al. Gelation mechanism and rheological properties of rice starch [J]. Cereal Chem, 1995, 72(4): 393~400
- [10] 杜先锋,许时婴,王璋. 淀粉凝胶力学性能的研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 16~19
- [11] Baker L A, Rayas Duarte P. Retrogradation of amaranth starch at different storage temperatures and the effects of salt and sugars [J]. Cereal Chem, 1998, 75(3): 308~314

Key words: maltogenase; Enzyme; extremely high maltose syrup

Starch Paste Clarity and Its Influence Factors (129)

Du Xianfeng¹, Xu Shiyong², Wang Zhang² (1. *Department of Food Engineering, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;* 2. *School of Food Science, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036, China*)

Abstract: Starch paste clarity and the effects of molecular structure, retrogradation and some food ingredients such as NaCl, sucrose and citric acid were investigated. The experimental results indicate that the starch molecular structure is the principal factor to influence the starch paste clarity. NaCl was proved to be able to reduce starch paste clarity, and sucrose, citric acid are proved to be able to increase the clarity. During the initial storage period (4, 0~4 d), the clarity decreased abruptly, then it gradually decreased to its minimum as the leached but amylose completely formed a three-dimensional network with amylopectin embedded in and reinforced to the interpenetrating amylose gel matrix.

Key words: starch paste; clarity; molecular structure; food ingredient; retrogradation

Experimental Study on Extruded Rice Used as Beer Adjunct (132)

Shen Dechao, Meng Yang (*Engineering Technology College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China*)

Abstract: In this paper the influence of the parameters of the extrusion system of rice used as beer adjunct on indexes observed was studied by experiments in the laboratory. These parameters are the diameter of nozzle, barrel temperature, moisture content of rice and screw speed. The indexes include total reduced sugar concentration and filtration rate. The research results indicate that the extruded rice can be used as beer adjunct.

Key words: rice; extrusion; beer adjunct

Rheological Law of the Crop Stem Fibrous Material During Compression Process ... (135)

Yang Mingshao, Zhang Yong, Li Xuying (*Inner Mongolia Agricultural and Husbandry University, Hohhot 010018, China*)

Abstract: The exploitation of the loose crop material needs compression process. To determine the structural parameters and optimize the design of compression equipment, the law of compression process, the relationship among main parameters in the whole compression process and the characteristics of the material to be compressed are investigated. Based on the achievement acquired by our research group, a basic law of the stress and strain variation pattern was obtained by use of advanced measuring means, which provided a theoretical basis for the further study and optimum design of compression equipment.

Key words: crop material; rheology; compression

Extraction Technology of Soluble Polysaccharides From Wild Patrinia Villosa (138)

Zhu Jiajin (*College of Agricultural Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China*)

Abstract: Patrinia villosa (P. V.) can cure diarrhea, but it can also do good to constipation. Not only the leaves and the stems can relax the constipation, but also the water-soluble extract extracted from P. V. has the similar function. In order to know the effective ingredients to prevent and cure constipation extracted in the water-soluble extract, the extraction technology of soluble polysaccharides from wild P. V. was studied, and single factor test and orthogonal experiment design methods ($L_9(3^3)$) were applied to analyze the influence of each factor in solid-liquid ratio, temperature and time on the extraction percent of the polysaccharides from the water-soluble extract of P. V.. Experimental results indicated that temperature and solid-liquid ratio significantly affect the extraction percent of the soluble polysaccharides. The optimum solid-liquid ratio is 1:20, temperature is 100 °C and the extraction time is 6 hours. In this condition, the extraction percent of soluble polysaccharides is 25.8%.

Key words: patrinia villosa; soluble polysaccharides; extraction technology; content measurement; phenol-sulfate method; constipation

Extraction of Flavonoid From Pagodatree Flower (142)