

文章编号: 2095-6002(2013)02-0043-04

引用格式: 弓志青, 陈相艳, 程安玮, 等. 喷雾干燥杨梅粉玻璃化转变温度和结块特性研究. 食品科学技术学报, 2013, 31(2): 43-46.

GONG Zhi-qing, CHEN Xiang-yan, CHENG An-wei, et al. Studies on Glass Transition Temperature and Caking Properties of Spray-Dried Bayberry Powder. Journal of Food Science and Technology, 2013, 31(2): 43-46.

喷雾干燥杨梅粉玻璃化转变温度和结块特性研究

弓志青, 陈相艳, 程安玮, 石贤权, 王文亮*

(山东省农业科学院农产品研究所, 山东 济南 250100)

摘要: 杨梅粉在加工和贮藏过程中很容易结块而使品质变差, 为避免和减轻其结块, 本实验采用差示扫描量热仪研究了杨梅粉不同水分活度与其玻璃化转变温度(T_g)之间的关系, 温度湿度对杨梅粉结块的影响等, 结果表明杨梅粉水分活度(A_w)与 T_g 呈线性关系, $T_g = 45.758 - 168.8 A_w$ ($R^2 = 0.8631$); 杨梅粉在加工过程中, 尽可能使环境温度低于 $15\text{ }^\circ\text{C}$, 相对湿度低于 22% ; 杨梅粉结块过程中经历粉的塌陷, 粘结, 最终导致结块.

关键词: 杨梅粉; 玻璃化转变温度; 结块

中图分类号: TS255.44

文献标志码: A

杨梅(*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.)属杨梅科乔木植物, 具有很高的食用及药用价值, 但贮运困难, $0\text{ }^\circ\text{C}$ 下保鲜期一般只有7d左右. 目前杨梅的加工方式主要有杨梅果脯、杨梅果酒及杨梅果汁, 固体型杨梅饮料是将杨梅打浆取汁后, 添加麦芽糊精作为助干剂, 经均质、喷雾干燥后制成的可冲调性饮料^[1], 其特点是保存相对较容易, 且冲饮方便.

小分子糖和有机酸(如柠檬酸、苹果酸)玻璃化转变温度(T_g)低, 如果糖、葡萄糖、蔗糖的 T_g 分别为 $5, 31, 62\text{ }^\circ\text{C}$, 在物理性质上表现为吸湿性强、溶解性高和熔点低^[2-3], 食品在干燥过程中的塌陷、粘结、贮藏过程中色泽的降解、褐变^[4-5]、粉的结块^[6]等都与玻璃化转变有关. 由于杨梅粉中小分子糖包括果糖、葡萄糖含量较高, 约 35% 左右, 因此它在贮藏过程中很容易吸湿、变粘而结块, 导致产品品质下降.

影响玻璃化温度的因素很多, 主要是产品含水量, 水的 T_g 极低, 为 $-135\text{ }^\circ\text{C}$, 因此喷雾干燥过程中要尽可能降低产品的水分含量, 以保证粉体品质的稳定. 关于粉体 T_g 的研究已有很多^[7-9], 且主要在

国外研究较多, 而杨梅粉 T_g 与水分活度之间的关系还未见报道, 本文将研究杨梅粉水分活度与 T_g 之间的关系, 温度和湿度对杨梅粉结块的影响等, 为杨梅粉安全加工和贮藏提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

浓缩杨梅汁, 浙江海通食品集团股份有限公司; 麦芽糊精, 山东鲁洲集团.

1.2 杨梅粉的制备

喷雾干燥杨梅粉加工过程: 将 $-18\text{ }^\circ\text{C}$ 保存的浓缩杨梅汁, 常温解冻, 测定可溶性固形物(约 12% Brix), 取1L于烧杯中, 搅拌同时加入120g麦芽糊精, 溶解, 过胶体磨, 进行喷雾干燥, 其条件为进口温度 $165 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$, 出口温度 $85 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$. 将喷雾干燥后的杨梅粉装入PET-Al-PE复合包装中, 冷藏于冰箱中, 待用.

不同水分活度杨梅粉的制备: 取4个直径2cm的称量皿, 各装入1g杨梅粉, 分别放入装有饱和碳

收稿日期: 2013-01-17

作者简介: 弓志青, 女, 助理研究员, 主要从事果蔬加工方面的研究;

*王文亮, 男, 副研究员, 主要从事农产品加工方面的研究. 通讯作者.

酸钾的康威皿中,于25℃下分别放置3,6,9,12 h,然后分别测定四个称量皿中杨梅粉的水分活度。

1.3 仪器

B290型喷雾干燥机,瑞士BUCHI公司;Ms1-a_w型水分活度仪,瑞士Novasina公司;Perkin-Elmer DSC 7型差示扫描量热仪,美国PE公司;康威(Conway)皿,无锡湖景试剂玻璃公司;XSP-8 C型光学显微镜,上海蔡康光学仪器有限公司;TA-XT2i型物性测试仪,英国Stable Micro System公司;PE标准铝皿,美国Perkin-Elmer公司。

1.4 玻璃化转变温度和水分活度的测定

采用差示扫描量热仪测定杨梅粉的玻璃化转变温度(T_g)。以PE标准铝皿作为参比,将装有不同水分活度杨梅粉的铝盒按照设定的实验程序进行。设定的实验程序为先将样品以25℃/min的速度冷却到-25℃,恒温保存5 min,然后以8℃/min的速度加热到40℃。取样量为5.0~10.0 mg,每个样品重复测量3次。

杨梅粉水分活度(A_w)的测定采用Ms1-a_w型水分活度仪在温度25℃,相对湿度45%条件下进行测定。

1.5 杨梅粉结块强度的测定

称一定重量的杨梅粉于玻璃称量皿中,分别放在3种温度(15,25,40℃)和4种相对湿度(relative humidity, RH)(22%,43%,65%,76%)的恒温恒湿培养箱中保温8 h,采用物性测试仪测定其结块强

度,测试探头采用直径为0.5 mm的平底柱形探头(P/0.5),测试速率为5 mm/s,将下压过程中的最大力视为结块强度,每个样品重复测量5次。

1.6 杨梅粉结块光镜图

将少量杨梅粉置于载玻片上(不加盖玻片),放到37℃恒温培养箱中,于显微镜下观察其结块情况,拍照。

2 结果与分析

2.1 水分活度对杨梅粉玻璃化转变温度的影响

为杨梅粉在四种不同水分活度下的热流曲线见图1,玻璃化转变峰的起始温度(T_{onset})、玻璃化温度(T_g)终点温度(T_{end})及热焓值(C_p)见表1。将不同水分活度下的 T_g 和 A_w 进行线性拟合,得出杨梅粉的水分活度和玻璃化转变温度呈线性关系, $T_g = 45.758 - 168.8 A_w$, $R^2 = 0.8631$,相关度较高,随着杨梅粉水分活度增加, T_g 降低。按此公式计算,当水分活度为0时,喷雾干燥杨梅粉的 T_g 为45℃。据报道,水分活度0时,冻干枣酱的玻璃化转变温度为0.088℃^[10],草莓的玻璃化转变温度为3.38℃^[11],本文所得杨梅粉 T_g 与文献报道差异较大,是因为喷雾干燥杨梅粉中含有较高的麦芽糊精(约占杨梅粉固形物含量的50%),葡萄糖当量(dextrose equivalent, DE)为20的麦芽糊精其 T_g 为141℃,可极大的提高杨梅粉的 T_g 。

表1 不同水分活度杨梅粉的 T_g 变化表

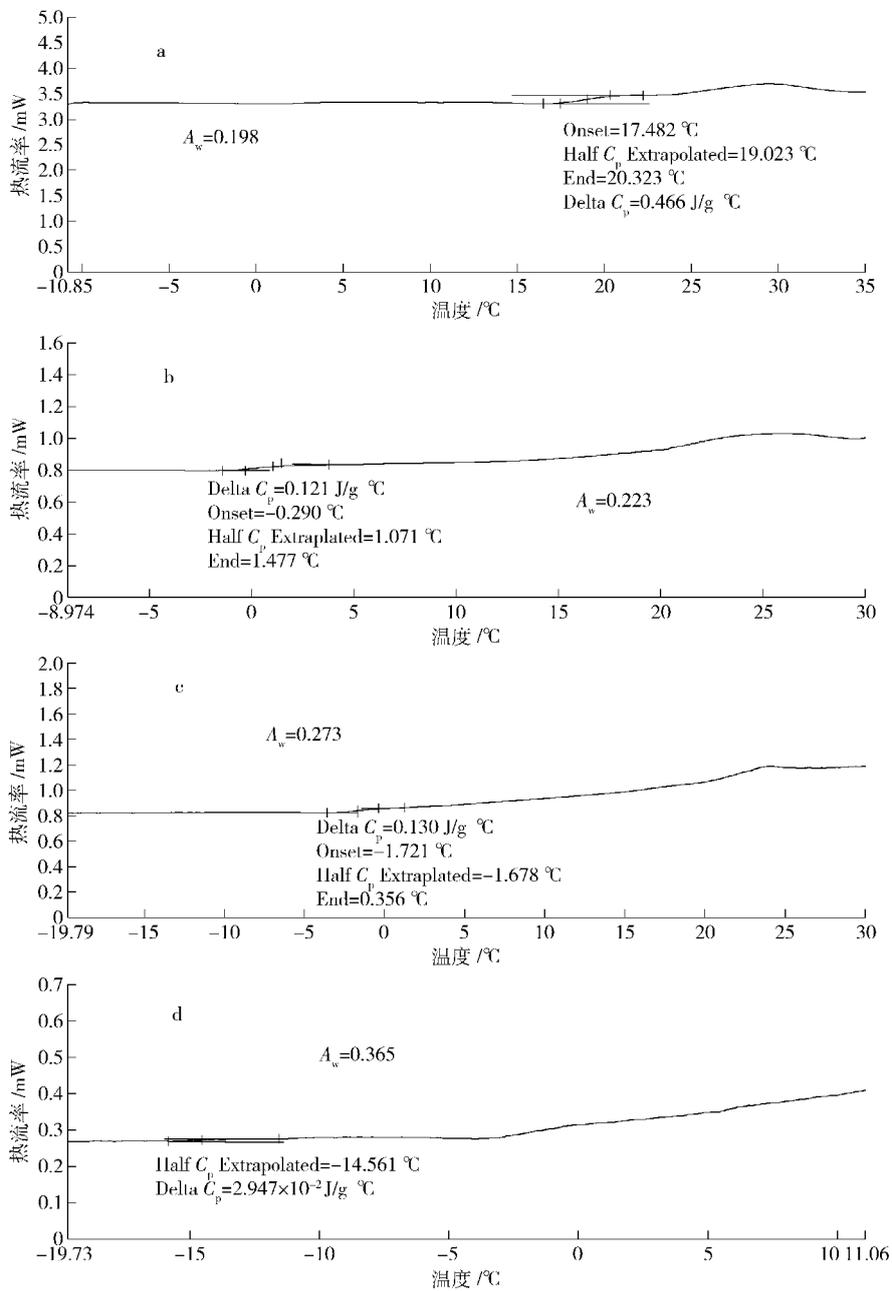
Tab.1 Glass transition temperature of bayberry powder at different water activities

水分活度	$T_{onset}/^{\circ}\text{C}$	$T_g/^{\circ}\text{C}$	$T_{end}/^{\circ}\text{C}$	$C_p/(\text{J}\cdot(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})^{-1})$
0.198	17.482 ± 0.12	19.023 ± 0.15	20.323 ± 0.11	0.466 ± 0.02
0.223	-0.29 ± 0.006	1.071 ± 0.008	1.477 ± 0.013	0.121 ± 0.01
0.273	-1.721 ± 0.04	-1.678 ± 0.08	-0.356 ± 0.06	0.13 ± 0.09
0.365	-14.011 ± 0.1	-14.561 ± 0.09	-14.987 ± 0.2	2.947e ^{0.002} ± 0.01

2.2 杨梅粉结块特性研究

杨梅粉不同温度和相对湿度下放置6 h后结块强度见表2,从表2可以看出,杨梅粉在15℃不同相对湿度下(22%,43%,65%和76%),或者在22%相对湿度不同温度(15℃,25℃和40℃)下,结块强度为0,没有出现结块现象;25℃时,当相对湿度为43%时,结块强度为28.06 kg/cm²,而相对湿度为76%时,结块强度为486.15 kg/cm²;40℃时,当相对

湿度为43%时,结块强度为732.11 kg/cm²,而相对湿度为76%时,结块强度为9 000.54 kg/cm²;随着温度和湿度增加,结块强度也迅速增加。实验中也看到,随着时间增加,粉体表面逐渐吸湿,进而开始结块,粉的流动性变差,结块强度也越来越大。因此加工和包装杨梅粉时,要尽可能使环境温度低于15℃,湿度低于22%,否则粉体表面很容易吸湿、变粘使产品品质下降。



a $A_w = 0.198$; b $A_w = 0.223$; c $A_w = 0.273$; d $A_w = 0.365$

图1 不同水分活度杨梅粉的DSC图

Fig. 1 Thermograms of bayberry powder at different water activities

表2 杨梅粉在不同温度和相对湿度下放置6h后的结块情况

Tab. 2 Effect of temperature and relative humidity on cake strength of bayberry powder after 6 h

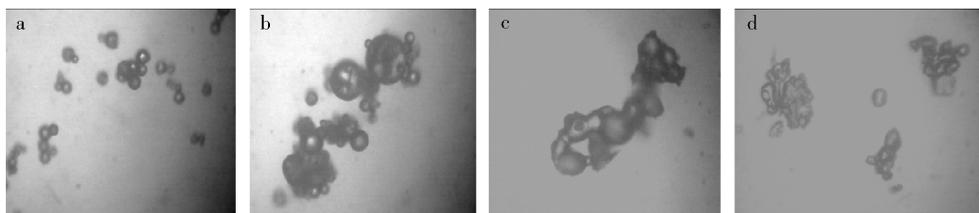
温度/°C	结块强度/($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$)			
	22%	43%	65%	76%
15	-	-	-	-
25	-	28.06 ± 1.8	128.55 ± 16.4	486.15 ± 40.4
40	-	732.11 ± 26.8	3397.8 ± 134.8	9000.54 ± 85.2

注：“-”表示未结块。

温度、相对湿度和时间是影响粉体结块的三个主要因素^[12],此外,还有粉体的组分、粒子大小等。如果粉体中含有较多葡萄糖和果糖,其吸湿性很强,在一定温湿度条件下,很容易将水分吸附到粉体表面,使粉体结构破坏,粒子间粘结进而引起结块。

2.3 杨梅粉结块光镜图分析

为了更好的了解杨梅粉的结块过程,将其置于400倍显微镜下观察其结块过程,见图2。未结块时



a 未结块; b 结块初期; c 结块后期; d 完全结块
注:放大倍数400倍。

图2 杨梅粉结块过程的光镜图

Fig. 2 Light micrograph of bayberry powder caking process

3 结论

试验得出了杨梅粉水分活度(A_w)与玻璃化转变温度(T_g)呈线性关系, $T_g = 45.758 - 168.8 A_w$, $R^2 = 0.8631$,根据公式计算出当水分活度为0时,喷雾干燥杨梅粉的 T_g 为45℃;温度、相对湿度(RH)以及暴露时间对混合粉吸水速率影响很大,杨梅粉在加工过程中,尽可能使环境温度低于15℃,相对湿度低于22%;颗粒的塌陷,粘结和结块是相互关联的现象。

参考文献:

- [1] 刘青梅,孙金才,杨性民,等. 杨梅汁速溶固体饮料的加工工艺研究[J]. 食品工业科技,2005,26(4):111-113.
- [2] Roos Y, Karel M. Water and molecular weight effects on glass transitions in amorphous carbohydrates and carbohydrate solutions [J]. Journal of Food Science, 1991, 56(6):1676-1681.
- [3] Roos Y. Melting and glass transitions of low molecular weight carbohydrates [J]. Carbohydrate Research, 1993, 238(15):39-48.
- [4] Karmas R, Pilar Buera M, Karel M. Effect of glass transition on rates of nonenzymatic browning in food systems [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1992, 40:873-879.
- [5] Roos Y H, Himberg M J. Nonenzymatic browning behav-

(见图2a),杨梅粉粒表面完整光滑,颗粒之间未粘联,基本呈圆形。结块初期(见图2b),粉粒表面塌陷而变形,颗粒间相互靠近的区域发生粘联,形成液桥,并且粘结的面积逐步增加。结块后期(见图2c),粉粒变形的程度进一步增加,彼此靠近的粉粒间完全粘联在一起,进而发生融合,变成较大的颗粒。完全结块(见图2d)时,粘联在一起的杨梅粉进一步吸水,相互融合渗透为一个整体,颗粒之间的界限消失。

ior, as related to glass transition, of a food model at chilling temperatures [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1994, 42:893-898.

- [6] Lloyd R J, Chen X D, Hargreaves J B. Glass transition and caking of spray-dried lactose [J]. International Journal of Food Science & Technology, 1996, 31(4):305-311.
- [7] Telis V R N, Sobral P J A. Glass transitions and state diagram for freeze-dried pineapple [J]. LWT-Food Science and Technology, 2001, 34(4):199-205.
- [8] Goula A M, Karapantsios T D, Achilias D S, et al. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 85(1):73-83.
- [9] Shrestha A K, Howes T, Adhikari B P, et al. Water sorption and glass transition properties of spray dried lactose hydrolysed skim milk powder [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(9):1593-1600.
- [10] Ahmed J, Ramaswamy H S, Khan A R. Effect of water activity on glass transitions of date pastes [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66(2):253-258.
- [11] Moraga G, Martinez-navarrete N, Chiralt A. Water sorption isotherms and glass transition in strawberries: influence of pretreatment [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 62(4):315-321.
- [12] Teounou E, Fitzpatrick J J. Effect of relative humidity and temperature on food powder flowability [J]. Journal of Food Engineering, 1999, 42(2):109-116.

Studies on Ultrasonic Treatment on VC Fermentation Wastewater and Sludge

DONG Zhen-jun, MA Qian-ran, LIU Yang, WANG Ping*

(School of Food and Chemical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: The impact of ultrasonic on the aerobic biochemical degradation efficiency of refractory organic wastewater and sludge reduction was studied through dealing with the sewage and sludge which were from a vitamin C manufacturing factory using the special high -power ultrasonic generator. The results showed that: high power and long ultrasonic treatment time to the contact oxidation tank inlet sewage could remove 56% of the COD, and increase B / C ratio from 0.13 to 0.22. The ultrasonic treatment to the Plug flow aeration tank inlet sewage could remove 33% of COD and B/C ratio was more than doubled (from 0.11 to 0.23). Furthermore, ultrasound treatment could reduce settling volume of the second settling ponds after contacting the oxidation tank, and promote some material, which is easily degraded in the residual sludge of sludge well, to transfer from solid to liquid to achieve the purpose of sludge reduction.

Key words: ultrasonic; biodegradability; sludge reduction; sludge disintegration

(责任编辑:檀彩莲)

(上接第46页)

Studies on Glass Transition Temperature and Caking Properties of Spray-Dried Bayberry Powder

GONG Zhi-qing, CHEN Xiang-yan, CHENG An-wei, SHI Xian-quan, WANG Wen-liang*

(Institute of Agricultural Product, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: Bayberry powder is easy to cake leading to the bad quality during the processing and storage. In order to avoid and lighten caking, the followed experiments were carried out, such as the correlation between water activity and glass transition temperature by differential scanning calorimetry (DSC) and the effects of temperature and relative humidity on caking of bayberry powder. Glass transition temperature of bayberry powder had linear correlation with the water activity, $T_g = 45.758 - 168.8 a_w (R^2 = 0.8631)$. The appropriate processing temperature and relative humidity of bayberry powder should be lower than 25 °C and 22%, respectively. Collapse, stikiness, and caking were the three steps of bayberry powder caking.

Key words: bayberry powder; glass transition temperature; caking

(责任编辑:李 宁)