

传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉品质的影响

郭项雨, 任清*, 张晓

(北京工商大学食品学院, 食品添加剂与配料北京高校工程研究中心, 北京 100048)

摘要: 通过扫描电子显微镜及X射线衍射仪观察炒制裸燕麦淀粉的形貌及晶体特征, 并测定其理化特性及消化特性。结果表明: 与未炒制裸燕麦淀粉相比, 炒制裸燕麦淀粉的外貌及晶体特征发生明显改变, 并且其直链淀粉含量明显下降, 蓝值及糊化温度降低, 慢消化淀粉(SDS)和抗性淀粉(RS)含量较低; 而透明度及溶解度增加, 易消化淀粉(RDS)含量较高, 两种裸燕麦淀粉的析水率均达到50%以上。

关键词: 裸燕麦; 炒制; 淀粉品质

Effect of Traditional High-Temperature Frying on Quality of Naked Oat Starch

GUO Xiang-yu, REN Qing*, ZHANG Xiao

(Beijing Higher Institution Engineering Research Center of Food Additives and Ingredients, School of Food and Chemical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: Using scanning electron microscope and X-ray diffraction, the granular morphology and crystal characteristics of fried naked oat starch were examined. At the same time, physicochemical properties and digestibility were also investigated. Compared with non-fried naked oat starch, the appearance and crystal characteristics of fried naked oat starch changed greatly; meanwhile, its amylose content, blue value, gelatinization temperature and swelling degree revealed an obvious decrease and the contents of SDS and RS were lower, whereas fried naked oat starch exhibited a significant increase in the transparency and solubility as well as higher RDS content. Furthermore, both the water separation rates of non-fried and fried naked oat starches were higher than 50%.

Key words: naked oat; frying; quality of starch

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)11-0052-05

裸燕麦(*Avena sativa* L.)属禾本科裸燕麦属, 是世界八大粮食作物之一, 可分为皮裸燕麦(*A. sativa* L.)和裸燕麦(*A. nuda* L.)。裸燕麦又称莜麦, 我国栽培以裸燕麦为主。裸燕麦营养成分丰富, 并具有降低胆固醇、降低血糖、降低血压、促进血液循环、维持正常新陈代谢活动等保健功效, 已被广泛应用于食品^[1]、饲料^[2-3]、医药^[4]、化妆品^[5]和工业原料^[6-7]等领域。随着人们对裸燕麦认识的深入, 裸燕麦加工工艺的研究也逐渐成为关注的热点。目前, 国内外学者对燕麦制粉前不同的热处理方式^[8-9], 不同热处理方式的灭酶效果^[10-11]以及经热处理后, 燕麦的加工特性^[12-13]展开了研究。中国传统裸燕麦食品的制作方式是先对裸燕麦籽粒进行高温炒制,

然后磨制成粉, 再制作成食品。传统高温炒制工艺是裸燕麦加工“三熟”过程中的“一熟”, 是区别于其他谷类加工特有的工序, 其目的是灭活裸燕麦籽粒中的脂肪酶, 防止裸燕麦酸败, 从而改善裸燕麦制品的口感并延长其货架期^[14], 然而对于传统高温炒制工艺对裸燕麦品质有何影响, 目前还未见报道。

大量研究表明, 淀粉的结构与理化特性直接影响面粉的加工性能和食用品质。为了确定传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉品质的影响, 本实验结合刘刚等^[15]对未炒制裸燕麦淀粉的提取方法, 采用稀碱法提取炒制裸燕麦淀粉。通过研究炒制工艺前后裸燕麦淀粉品质发生的变化, 为裸燕麦淀粉制品的加工提供理论依据。

收稿日期: 2011-06-13

基金项目: 国家现代农业(燕麦荞麦)产业技术体系项目(CARS-08-D-3)

作者简介: 郭项雨(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品生物技术。E-mail: elitegxy@163.com

* 通信作者: 任清(1969—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为生物活性成分的分离提取及功能。

E-mail: renqing@th.btbu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

裸燕麦品种坝蓓一号 河北省张家口市农业科学院裸燕麦研究所; 直链淀粉标准品、支链淀粉标准品、猪胰 α -淀粉酶(酶活力29U/mg) 美国Sigma公司; 糖化酶(酶活力105U/mL) 北京迪朗生化科技公司; 其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

5136LM型扫描电子显微镜 捷克Tescan公司; 7000S/L型X射线衍射仪 日本岛津公司; Q200型差示扫描量热仪 美国TA公司; 5810R型离心机 美国Beckman公司。

1.3 方法

1.3.1 裸燕麦传统炒制工艺

炒制工艺在河北省张家口市农业科学院裸燕麦研究所完成。首先将裸燕麦籽粒去杂, 然后淘洗, 再打开裸燕麦炒制专用锅, 当锅底中心温度为350~400℃时, 倒入裸燕麦籽粒并开始炒制, 裸燕麦籽粒表面温度达100~120℃时, 炒制5min后, 即得炒制裸燕麦籽粒。

1.3.2 炒制裸燕麦淀粉的提取工艺

炒制裸燕麦→磨粉→脱脂(石油醚)→调浆($m_{\text{底物}}:m_{\text{水}}=1:25$)→调节pH 11→搅拌→过滤去除筛上物→10000r/min离心10min→沉淀→冷冻干燥12h→粉碎过100目→炒制裸燕麦淀粉

1.3.3 裸燕麦淀粉形貌特征观察

将样品用双面胶固定在样品台上, 喷金后, 将样品置于扫描电子显微镜中观察其形貌特征。

1.3.4 裸燕麦淀粉晶体特性测定

采用X射线衍射仪观察其晶体特征。将炒制裸燕麦淀粉置于样品室, 设置程序为扫描范围: 10.000°~80.000°, 步长: 0.0200°, 扫描速度: 8.000°/min, 开始测试。

1.3.5 裸燕麦淀粉中直链淀粉及支链淀粉含量、蓝值和透明度的测定

直链淀粉含量测定方法参见国标GB/T 15683—2008《大米直链淀粉含量的测定》进行测定。

$$\text{支链淀粉含量}/\% = 100\% - \text{直链淀粉含量}/\% \quad (1)$$

参考冷明新等^[16]和赵全等^[17]的方法测定蓝值及透明度。

1.3.6 裸燕麦淀粉的溶解度及膨胀度的测定

采用顾正彪等^[18]方法并做改进: 配制50mL质量分数2%的淀粉乳, 在一定温度(分别取30、40、50、60、70℃)条件下, 加热搅拌30min后, 以3000r/min离心20min, 取上层清液离心蒸干, 于105℃条件下继续烘干至恒质量后称质量, 得到被溶解淀粉量, 计算其溶解度(S); 由离心管中膨胀淀粉质量计算其膨胀度。绘

制其与温度变化曲线, 测定如公式(2)。

$$\text{溶解度}/\% = \frac{m_1}{m} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{膨胀度}/\% = \frac{m_2 \times (100 - S)}{m} \times 100 \quad (3)$$

式中: m_1 为清液烘干至恒质量后的残留物质量/g; m 为样品干基质量/g; m_2 为沉淀物质量/g。

1.3.7 裸燕麦淀粉糊化特性的测定

参考李新华等^[19]的方法测定裸燕麦淀粉糊化特性。

1.3.8 裸燕麦淀粉冻融稳定性的测定

改进李忠海等^[20]的方法, 称取一定量淀粉配成6%淀粉乳, 沸水浴加热搅拌15min, 冷却至室温, 取一定量淀粉糊至于离心管中, -20℃保存24h, 室温解冻, 3000r/min离心15min, 称取沉淀物质量, 计算析水率, 并绘制析水率与时间(1、2、3、4、5、10d)的变化曲线。

$$\text{析水率}/\% = \frac{m_{\text{糊}} - m_{\text{沉淀}}}{m_{\text{糊}}} \times 100 \quad (4)$$

1.3.9 裸燕麦淀粉消化特性的测定

Englyst等^[21]将淀粉分为易消化淀粉、慢消化淀粉、抗性淀粉3类, 国内外学者通过体外模拟胃肠道环境, 测定各类淀粉含量^[22-25]。改进Englyst的方法, 取试样0.5g, 加入10mL水, 10mL质量浓度为5g/100mL的瓜尔果胶缓冲液, 5mL醋酸钠溶液, 并加入10mL混酶(猪胰淀粉酶4500U/mL与糖化酶15U/mL混合), 于37℃恒温水浴锅中反应, 作用20、120min后, 取反应液0.5mL加入4mL 80%乙醇灭酶, 离心, 用DNS法测定还原糖含量, 折算酶解的淀粉质量。

1.3.10 数据处理

应用SPSS16.0软件对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉形貌特征的影响

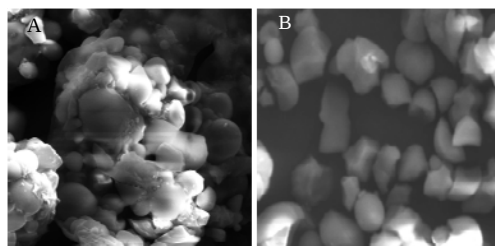


图1 未炒制(A)和炒制(B)裸燕麦淀粉电镜图(×3000)

Fig.1 Scanning electron micrographs of non-fired and fried naked oat starches(×3000)

由图1可知,未炒制裸燕麦淀粉颗粒形状不规则,粒径大小不一,并且结合在一起;而炒制裸燕麦淀粉多为棱角型,分散均匀,粒径差距不大。这种变化可能是由于炒制过程中,淀粉颗粒受热,破坏了淀粉分子间或颗粒内部的化学键,导致其形貌特征发生变化。

2.2 传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉晶体特性的影响

淀粉由结晶态和非晶态组成。当晶体为单晶或由较大颗粒单晶组成的多晶体系时,呈现较强的尖峰衍射特征,多晶体系中微晶的衍射特征与微晶粒度大小有关,微晶粒度较大时,呈现尖峰衍射特征,反之则呈现非晶态的弥散衍射特征^[26]。非晶态的弥散衍射特征峰型可近似的看成是对称的。

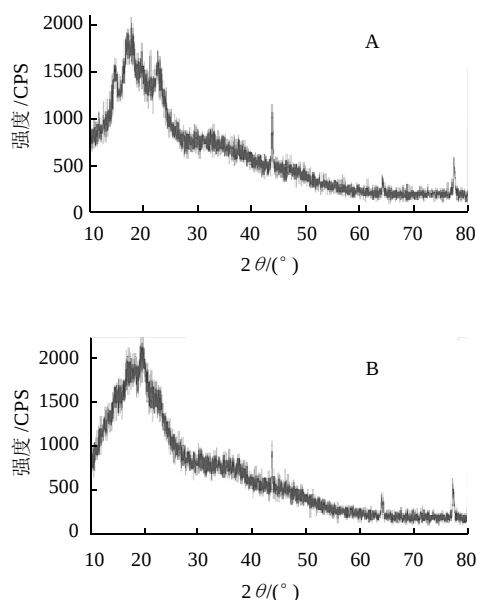


图2 未炒制(A)和炒制(B)裸燕麦淀粉X射线衍射图

Fig.2 X-ray diffraction pattern of non-fired (A) and fried (B) naked oat starches

由图2可知,炒制前后裸燕麦淀粉均含有尖峰衍射特征,说明其含有晶体结构;从衍射角为 29° 后,峰型平稳,其表现为右半侧的非晶态衍射特征,说明炒制前后裸燕麦淀粉均含有结晶区和非结晶区。未炒制裸燕麦淀粉的结晶区中,不仅含有尖峰衍射特征,而且还含有弥散衍射特征,其为短程有序、长程无序状态的晶粒度较小的微晶结构;而炒制裸燕麦淀粉结晶区只含有一个尖峰衍射特征,其晶粒度较大。由此可知,炒制工艺破坏了裸燕麦淀粉结晶区的结构。

2.3 传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉理化特性的影响

表1 裸燕麦淀粉理化特性

Table 1 Physical and chemical properties of naked oat starch

理化性质	未炒制裸燕麦淀粉	炒制裸燕麦淀粉
直链淀粉含量/%	24.14 ± 1.04	$10.02 \pm 0.63^{**}$
支链淀粉含量/%	75.86 ± 1.04	$89.98 \pm 0.63^{**}$
蓝值	9.88 ± 0.51	$6.63 \pm 0.43^*$
透明度/%	11.25 ± 0.75	$21.26 \pm 0.82^{**}$

注:*,与未炒制燕麦淀粉相比,差异显著($P < 0.05$); **,与未炒制燕麦淀粉相比,差异极显著($P < 0.01$)。

由表1可知,与未炒制燕麦淀粉相比,炒制裸燕麦淀粉直链淀粉含量及透明度发生极显著性变化($P < 0.01$),蓝值发生显著变化($P < 0.05$)。由于直链淀粉的显色度高于支链淀粉,故含有较高直链淀粉的试样其蓝值就相应较高。糊化过程中,直链淀粉分子从淀粉颗粒中逸出,直链淀粉易重新排列和缔合而发生凝沉现象。由于炒制裸燕麦淀粉直链淀粉含量低,故其透明度反而高。

2.4 传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉的溶解度及膨胀度的影响

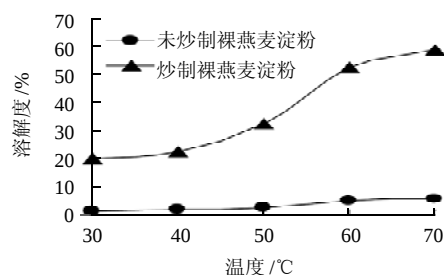


图3 裸燕麦淀粉溶解度

Fig.3 Solubility of naked oat starch

由图3可知,炒制裸燕麦淀粉的溶解度明显高于未炒制裸燕麦淀粉,并且在 $40 \sim 60^\circ\text{C}$ 明显增加,由于高温炒制使淀粉晶体分子间氢键被破坏,粒径小,结构松散,导致其溶解度迅速增加。

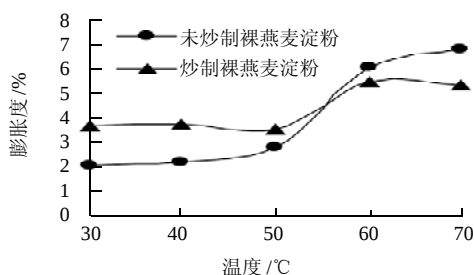


图4 裸燕麦淀粉膨胀度

Fig.4 Swelling degree of naked oat starch

由图4可知,在50℃前,炒制裸燕麦淀粉膨胀度高于未炒制裸燕麦淀粉,之后迅速增加;而从60℃开始,未炒制裸燕麦淀粉膨胀度高于炒制裸燕麦淀粉。这可能是由于60℃后,未炒制裸燕麦淀粉结构遭到破坏,部分淀粉受热吸水发生糊化现象,导致其膨化度增加,而炒制工艺已经破坏了裸燕麦淀粉的结构,炒制裸燕麦淀粉吸水能力不再增加,故其膨胀度不再增加。

2.5 传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉糊化特性的影响

表2 裸燕麦淀粉的糊化特性

Table 2 Gelatinization temperature of naked oat starch

理化性质	未炒制裸燕麦淀粉	炒制裸燕麦淀粉
起始糊化温度/℃	56.21	43.82
顶点糊化温度/℃	68.83	64.43
终点糊化稳定/℃	74.07	71.32
热焓/(J/g)	6.24	4.41

由表2可知,炒制裸燕麦淀粉糊化温度和热焓均低于未炒制裸燕麦淀粉。Sakonidou等^[27]指出加热可以破坏淀粉颗粒之间的氢键,使淀粉分子膨胀,并最终导致淀粉颗粒破裂,使得淀粉变得易糊化。炒制工艺使得裸燕麦淀粉分子的结构发生改变,氢键和结晶区发生断裂,产生了部分糊化作用。破坏分子间氢键需要外能,分子间结合力大,排列紧密的,拆开微晶束所需的外能就大,因此未炒制裸燕麦淀粉需要较高的糊化温度。

2.6 传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉冻融稳定性的影响

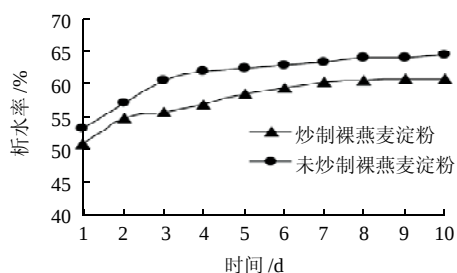


图5 裸燕麦淀粉析水度

Fig.5 Water-holding capacity of naked oat starch

由图5可知,未炒制裸燕麦淀粉析水率高于炒制裸燕麦淀粉,并且它们的析水率都很高。应用于冷冻食品的淀粉糊,需要在低温下冷冻,或者经过多次的冷冻、融化,若淀粉糊的冻融稳定性不好,经冷冻和重新融化后,胶体结构被破坏析出游离水分,使食品不能保证原有的质构,影响食品的品质,裸燕麦淀粉糊冻融稳定性差,说明裸燕麦淀粉不宜于制成冷冻食品。

2.7 传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉消化特性的影响

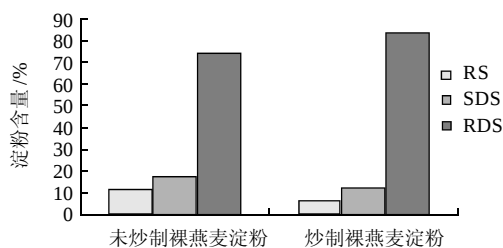


图6 不同类型淀粉的百分含量

Fig.6 RS, SDS and RDS starch contents of naked oat starch

由图6可知,炒制工艺导致RDS含量增加,SDS和RS含量下降。由方差分析可知,与未炒制燕麦淀粉相比,炒制燕麦淀粉所含的RS、SDS、RDS均发生显著变化($P < 0.05$)。Guraya等^[28]对脱支大米淀粉的研究表明,消化性与淀粉颗粒大小有直接的联系,颗粒越大消化速率越低。Snow等^[29]也指出,颗粒大小在决定消化速率中起着重要的作用。炒制工艺破坏了淀粉结构,粒径变小,增强了裸燕麦淀粉的可消化性,因而炒制裸燕麦淀粉更易加工成休闲食品。

3 结 论

本研究明确了传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉外貌特征和晶体特性、理化特性及消化特性的影响。炒制工艺导致裸燕麦淀粉颗粒受热,破坏了淀粉颗粒的结晶区结构,导致其外貌特征发生明显变化;高温导致淀粉颗粒间的氢键遭到破坏,进而引起糊化起始温度降低。同时,传统高温炒制工艺导致裸燕麦淀粉直链淀粉含量下降,这使得淀粉颗粒的蓝值升高,透明度降低,溶解度和膨胀度均发生明显变化,易消化淀粉含量增加。本实验通过研究传统高温炒制工艺对裸燕麦淀粉品质的影响,为裸燕麦淀粉制品的加工及利用提供了科学依据。对于传统高温炒制工艺对裸燕麦品质的其他影响,还有待下一步研究。

参考文献:

- [1] DONGOWSKI G, DRZKIOVA B, SENGE B. Rheological behaviour of β -glucan preparations from oat products[J]. Food Chemistry, 2005, 93 (1): 279-291.
- [2] KAHN T S, EDWARDS R H, CHOW F I. Effect of extrusion on hypocholesterolemic properties of rice, oat, corn, and wheat bran diets in hamsters[J]. Cereal Chemists, 1998, 75(6): 897-903.
- [3] 况伟. 裸燕麦可溶性膳食纤维的生理功能及应用[J]. 广东化工, 2005, 32(3): 26-27.
- [4] BELL S, GOLDMAN V M, BISTRAN B R, et al. Effect of β -glucan from oats and yeast on serum lipids[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1999, 39(2): 189-202.

- [5] 张丽萍, 翟爱华. 裸燕麦的营养功能特性及综合加工利用[J]. 食品与机械, 2004, 20(2): 55-57.
- [6] 黄相国, 葛菊梅. 裸燕麦的营养成分与保健价值探讨[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(4): 147-149.
- [7] 马得泉, 杨海鹏, 田长叶. 燕麦营养价值与保健食品开发[J]. 中国食物与营养, 1997(3): 16-19.
- [8] 胡新中, 罗勤贵, 欧阳韶辉, 等. 裸燕麦酶活抑制方法及品质比较[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(5): 46-50.
- [9] 刘文胜, 胡新中, 徐超, 等. 不同灭酶处理对裸燕麦粉品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(3): 564-567.
- [10] 魏益民, 任嘉嘉, 张波, 等. 高温处理裸燕麦籽粒对面粉黏度特性的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 299-302.
- [11] 任嘉嘉, 魏益民, 张波, 等. 高温处理裸燕麦籽粒对制粉及其营养成分的影响[J]. 中国粮油学报, 2008, 11(6): 98-102.
- [12] KLENSPORF D, JELEN H H. Effect of heat treatment on the flavor of oat flakes[J]. Journal of Cereal Science, 2008, 48(3): 656-661.
- [13] QIAN Keying, REN Changzhong, LI Zaigui. An investigation on pre-treatments for inactivation of lipase in naked oat kernels using microwave heating[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 95(2): 280-284.
- [14] WELCH R W. The development of rancidity in husked and naked oat s after storage under various conditions[J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 1977, 28(3): 269-274.
- [15] 刘刚, 刘英, 陈季旺, 等. 燕麦淀粉的提取及纯化[J]. 粮食与饲料工业, 2007(1): 11-13.
- [16] 冷明新, 郑淑芳, 王涛. 马铃薯全粉蓝值的测定[J]. 食品分析, 2001, 4(4): 39-40.
- [17] 赵全, 岳晓霞, 毛迪锐, 等. 四种常用淀粉物理性质的比较研究[J]. 食品与机械, 2005, 21(1): 22-24.
- [18] 顾正彪, 王良东. 小麦 A 淀粉和小麦 B 淀粉的比较[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(6): 28-30.
- [19] 李新华, 韩晓芳, 于娜. 荞麦淀粉的性质研究[J]. 食品科学, 2009, 30, 11(30): 104-108.
- [20] 李忠海, 徐廷丽, 孙昌波, 等. 3 种百合淀粉主要理化性质的研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(5): 5-8.
- [21] ENGLYST H N, KINGMAN S M, CUMMINGS J H. Classification and measurement of nutritionally important starch ractions[J]. European J Clinical Nutr, 1992, 46(2): 33-50.
- [22] GURAYA H S, JAMES C, CHAMPAGNE E T. Effect of enzyme concentration and storage temperature on the formation of slowly digestible starch from cooked debranched rice starch[J]. Starch-Stärke, 2001, 53(3): 131-139.
- [23] SHIN S I, CHOI H J, CHUNG K M, et al. Slowly digestible starch from debranched waxy sorghum starch: preparation and properties[J]. Cereal Chemistry, 2004, 81(3): 404-408.
- [24] CHUNG H J, LIM H S, LIM S T. Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch[J]. Journal of Cereal Science, 2006, 43(3): 353-359.
- [25] GOÑI I, GARCÍA-DIZ L, MAÑAS E, et al. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products source[J]. Food Chemistry, 1996, 56(4): 445-449.
- [26] 杨于兴, 漆睿. X 射线衍射分析[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1994:138-140
- [27] SAKONIDOU E P, KARAPANTSIOS T D, RAPHAELIDES S N. Mass transfer limitations during starch gelatinization[J]. Carbohydrate Polymers, 2003, 53(1): 53-61.
- [28] GURAYA H, JAMES C, CHAMPAGNE E T. Effect of cooling and freezing on the digestibility of debranched rice starch and physical properties of resulting material[J]. Starch-Stärke, 2001, 53(2): 64-74.
- [29] SNOW P, O'DEA K. Factors affecting the rate of hydrolysis of starch in foods[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1981, 34(12): 2721-2727.