

利用快速黏度分析仪测定魔芋微粉溶胀速度的研究

邬应龙^{1,2}, 何国庆¹, 杨性民³, 魏明英²

(1. 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州 310029; 2. 四川农业大学工程技术学院, 雅安 625014; 3. 宁波市农产品加工技术重点实验室, 宁波 315100)

摘要: 为了探索一种能快速测定魔芋微粉溶胀速度的仪器分析方法, 利用体视显微镜和快速黏度分析仪(RVA)分别对魔芋精粉及魔芋微粉的溶胀速度进行了观察和研究。结果表明, 体视显微镜可以观察区分魔芋精粉与魔芋微粉之间溶胀速度的差异, 但魔芋微粉与过量水分接触后约1 min即溶胀粘连与解体溶解, 故不能明确区分魔芋微粉之间溶胀速度的差异。采用RVA可以快速测定魔芋微粉的溶胀速度, 测定时魔芋微粉的适宜浓度为1.0%, 测定温度(30±1)、转速160 r/min, 测定时间设置为16 min即可。测定结果具有较高的精确度, 对浓度1.0%魔芋微粉在溶胀过程中的黏度变化数据进行回归分析表明, 魔芋微粉溶胀过程的数学模型可用logistic方程拟合, 回归方程的速度常数或达到最大黏度的1/2时所需时间均可很好地表征魔芋微粉的溶胀速度。应用这两个特征参数可以明确区分120~140目及120~250目两种魔芋微粉分散在蒸馏水中时溶胀速度的差异, 也可区分魔芋微粉分散在不同浓度食盐水中时溶胀速度的差异。

关键词: 魔芋微粉; 快速黏度分析仪; 体视显微镜; 魔芋; 溶胀速度

中图分类号: S632.3; TS235.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)03-0171-05

邬应龙, 何国庆, 杨性民, 等. 利用快速黏度分析仪测定魔芋微粉溶胀速度的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 171-175
Wu Yinglong, He Guoqing, Yang Xingmin, et al. Determination of hydration rate for micro-konjac flour by rapid visco analyzer[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(3): 171-175. (in Chinese with English abstract)

0 引言

魔芋粉的主要成分是葡甘露聚糖, 国内外学者对魔芋葡甘露聚糖的结构、特性和应用已进行了广泛研究^[1-3]。商品魔芋粉包括魔芋精粉与魔芋微粉。魔芋精粉为扁平的晶状颗粒物, 多数颗粒分布150~420 μm, 40~80目者占总质量的90%以上^[4,5]; 因细度不够, 溶胀速度(或称水合速率)慢, 在水中完全糊化需要很长的时间, 通常需要辅助加热或搅拌处理。为了提高魔芋粉的溶胀速度, 可采用干法^[5]、湿法^[6,7]、干湿结合法^[8,9]等加工技术将普通魔芋精粉进一步加工成粒度分布在120~250目范围的魔芋微粉(Micro-konjac flour)。魔芋微粉具有速溶性、高透明度、高黏度等特点, 是一种优良的水溶性膳食纤维。

近年来, 魔芋微粉在医药、食品添加剂等领域的应用研究受到广泛重视。葡甘露聚糖含量在85%以上的纯化魔芋微粉可以制成胶囊制品作为膳食纤维直接食用。不同种类水溶性膳食纤维降低血糖的能力与其黏度成正相关^[10,11]。已有研究表明瓜尔胶等水溶性膳食纤维的水合速率(Hydration Rate)在决定其生理活性方面至关重要, 其降低血糖作用的生理功能主要取决于其快速水合与增加餐后上消化道食物糜黏度的能力^[12,13],

从而导致葡萄糖吸收速率的下降。许多发表的临床研究报告证明食用适量的魔芋粉具有显著降低餐后血糖的作用等生理功能^[14,15]。降低血糖作用的机理也在于其降低了肠道中糖的吸收率^[16]。

因此, 魔芋粉在肠道中的水合速率非常重要, 溶胀速度太慢会影响其生理功能的发挥。因而快速、准确地测定魔芋微粉的溶胀速度, 对了解魔芋微粉的基本特性与应用效果具有重要意义。

关于魔芋微粉溶胀速度的测定方法, 一般在(30±1) min下每间隔10 min测定一次魔芋微粉水分散液的黏度值, 重复测定直至旋转式黏度计读数达到最大值并明显开始下降为止, 以魔芋微粉水分散液的黏度达到最大值时为完全溶胀, 以达到最大黏度值所需时间来表示魔芋微粉的溶胀速度^[5,17]。但在研究比较不同魔芋微粉的溶胀速度时, 该法有一定局限性, 很有必要探索一种既能连续记录魔芋微粉溶胀过程中的黏度变化, 又能快速测定的仪器分析方法。本文主要报道利用快速黏度分析仪(Rapid Visco Analyzer, RVA)测定魔芋微粉溶胀速度的研究结果。

RVA是一种由内置微处理器和专用软件协同控制的旋转式黏度测试仪。RVA不仅能准确设定与控制测试过程中的温度、搅拌器转速、测试时间等测试条件, 而且能连续记录、实时显示物料溶胀糊化过程中的黏度变化, 并能对图形信息进行处理和分析。其专用搅拌器和铝质样品筒可使物料在测试过程中始终保持均匀状态, 并可在一定程度上防止因物料黏度较高而发生的动力传递损耗或空穴现象, 能测试的黏度范围宽广, 已广泛用于大米粉、小麦粉、变性淀粉等淀粉物料糊化特性的研究^[18]。但迄今未见利用RVA研究魔芋微粉溶胀速度的研究报道。

收稿日期: 2003-12-26 修订日期: 2004-10-08

作者简介: 邬应龙, 浙江大学博士生, 四川农业大学副教授, 四川雅安 四川农业大学工程技术学院, 625014。Email: wuyinglong99@163.com

通讯作者: 何国庆, 博士生导师, 教授, 杭州市凯旋路268号 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 310029

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 供试材料

2 种纯化魔芋精粉(40~ 60 目; 80~ 100 目); 2 种纯化魔芋微粉(120~ 140 目; 120~ 250 目)^[17]。实验室制备, 均来源于同一批四川凉山产白魔芋(*Amorphophallus albus*)。

1.1.2 仪器设备

OLYMPUS SZH-LLD 型体视显微镜及迪奥^R MD130 电子目镜(浙江大学国家光学工程中心); RVA-3D⁺ 型快速黏度分析仪(Newport Scientific Pty Ltd, Australia), RVA 专用测试软件 TCW (1.2 版); METTLER PM400 电子天平; METTLER TOLEDO HR73 卤素水分测定仪。

1.2 方法

1.2.1 魔芋精粉与魔芋微粉溶胀速度的对比观察

取 0.05 g 40~ 60 目魔芋精粉, 室温(30)下均匀铺开于 9 cm 平皿中, 加入 25 mL 蒸馏水, 立即用体视显微镜观察魔芋精粉颗粒在溶胀过程中的形貌变化及其溶胀速度。观察目镜为 GW H10-CD, 物镜为 DF PLAN 1 ×, 放大倍数 25 ×。同时用 MD130 电子目镜定时摄取魔芋精粉在溶胀过程中的形貌变化图像。以同样方法对比观察 120~ 140 目、120~ 250 目魔芋微粉在溶胀过程中的形貌变化及其溶胀速度。

1.2.2 魔芋精粉与魔芋微粉溶胀曲线的测定

准确称取 0.25 g 魔芋微粉(矫正到含水率为 12%), 小心倒入 RVA 专用铝筒内, 轻轻摇动的同时加蒸馏水 25.00 mL, 立即用 RVA 测定温度(30 ± 1)、搅拌器转速 160 r/min 条件下的黏度变化曲线(定义为浓度 1.0% 魔芋微粉分散在蒸馏水中的溶胀曲线)。在同样设置条件下分别测定浓度 0.5%、1.5%、2.0% 魔芋微粉及浓度 1.0% 魔芋精粉的溶胀曲线。RVA 的测定条件设置为: 温度恒定为(30 ± 1), 搅拌器转速恒定为 160 r/min, 测定时间为 16 min 或 60 min。

魔芋微粉溶胀曲线的特征参数由 RVA 专用测试软件 TCW 分析得到。分析的特征参数为溶胀曲线的黏度峰值(Peak Viscosity)、测定结束时的黏度终值(Final Viscosity)。黏度值选用快速黏度分析仪黏度单位(RVU)表示。

1.2.3 魔芋微粉溶胀过程回归模型的建立与统计分析

分别将 0.25 g 魔芋微粉分散在 25.00 mL 蒸馏水中及 25.00 mL 不同浓度食盐(NaCl, 分析纯)水溶液中, 立即用 RVA 测定魔芋微粉在(30 ± 1)、搅拌器转速 160 r/min、测定时间 16 min 设定条件下的黏度变化曲线, 同时定时记录 RVA 实时显示的黏度值。各处理重复测定两次。将各时间点对应的黏度数据平均值, 分别输入 DPS 数据处理系统(Data Processing System)进行数学模型建模分析。各特征参数的统计分析及其回归方程的方差分析均由 DPS 完成。

2 结果与讨论

2.1 魔芋精粉与魔芋微粉溶胀速度的对比观察结果

如图 1 所示, 40~ 60 目魔芋精粉与魔芋微粉之间溶胀速度的差异明显。魔芋精粉颗粒的溶胀速度较慢, 可观察区分为吸水膨胀及解体溶解两个形貌变化过程: 魔芋精粉与过量水分接触后颗粒表层首先吸水膨胀, 吸水膨胀达 10 min 时仍能观察到直径明显增大、表层溶胀粘连的颗粒状物; 20 min 后绝大部分颗粒已膨胀到最大体积而解体溶解。

魔芋微粉为破碎的形态不规则的微细颗粒, 该微细颗粒与过量水分接触后约 1 min 即溶胀粘连与解体溶解, 难以明确区分其形貌变化, 也不能明确区分(120~ 250)目与(120~ 140)目魔芋微粉溶胀速度的差异。

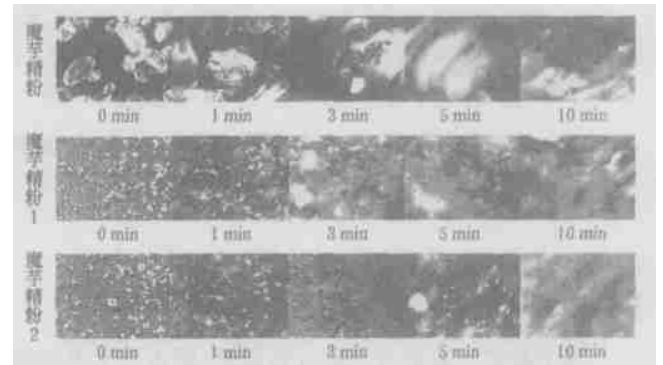


图 1 体视显微镜观察到的魔芋精粉与魔芋微粉在溶胀过程中的形貌变化(30)
(魔芋精粉: 40~ 60 目; 魔芋微粉 1: (120~ 140) 目; 魔芋微粉 2: (120~ 250) 目)

Fig. 1 Morphological changes of konjac flour and micro-konjac flour in the hydration process by stereomicroscope at 30
The Upper: purified konjac flour(40~ 60 mesh);
The Middle and Lower: micro-konjac flour 1 (120~ 140 mesh); Micro-konjac flour 2(120~ 250 mesh)

2.2 魔芋精粉与魔芋微粉的溶胀曲线

利用快速黏度分析仪(RVA)对浓度 1.0% 魔芋精粉(80~ 100 目)及 1.0% 魔芋微粉分散在蒸馏水中的溶胀曲线进行了测定, 结果如图 2。

从图 2a 中可以看出, 120~ 140 目魔芋微粉的溶胀曲线不到 15 min 即可达到黏度峰值(Peak), 黏度峰值约为 60 min 测定结束时黏度终值(Final)的 90%, 曲线越过黏度峰值(Peak)后已趋于平坦而接近最大黏度。这与体视显微镜下所观察到的魔芋微粉的快速溶胀糊化现象是一致的(见图 1)。故在分析比较魔芋微粉的溶胀速度时, 溶胀曲线的测定时间可控制在 15 min 左右。图 2b 为测定时间设定为 16 min 的魔芋微粉溶胀曲线。从图 2a 中还可以看出, 120~ 140 目魔芋微粉的溶胀速度明显快于 80~ 100 目的对照魔芋精粉。对照魔芋精粉溶胀过程的测定时间即使长达 60 min, 其溶胀曲线也不能越过黏度峰值(Peak)。

2.3 不同浓度魔芋微粉的溶胀曲线

以蒸馏水为分散介质, 按 2.2 所述的 RVA 设置条

件(温度(30±1) ; 转速160 r/min; 测定时间16 min), 分别测定了4种不同浓度(0.5%、1.0%、1.5%、2.0%)魔芋微粉的溶胀曲线, 测定结果见图3。

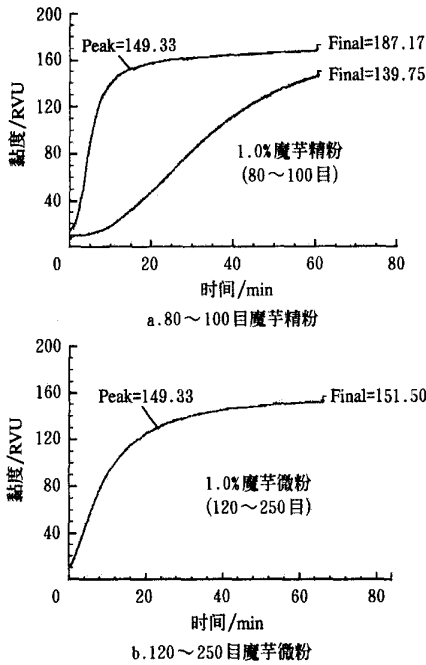


图2 魔芋精粉与魔芋微粉的溶胀曲线
(RVA 设置条件: 温度(30±1) ; 转速160 r/min)
Fig. 2 Hydration curves of konjac flour and micro-konjac flour
(Instrumental setup for RVA: test temperature (30±1) ; rotational speed 160 r/min)

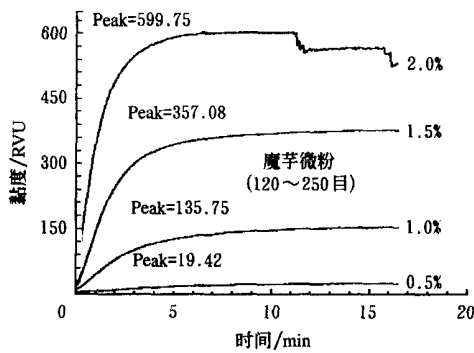


图3 不同浓度魔芋微粉(120~250目)的溶胀曲线
(RVA 设置条件: 温度(30±1) ; 转速160 r/min; 测定时间16 min)
Fig. 3 Hydration curves of micro-konjac flour (120~250 mesh) in different concentrations
(Instrumental setup for RVA: Test Temperature (30±1) ; Rotational Speed 160 r/min; Test Time 16 min)

如图3所示, 在浓度为2%时, 魔芋微粉的溶胀曲线很不稳定, 这是因黏度过高而发生粘接, 在测试过程中不能保持均匀状态所致; 而浓度为0.5%魔芋微粉的溶胀曲线其黏度峰值(Peak)过低; 在1.0%或1.5%浓度

下, 魔芋微粉的溶胀曲线平滑而稳定。这表明在测定魔芋微粉的溶胀曲线时, 浓度以1%左右为宜; 为了便于比较, 魔芋微粉的测试浓度可设定为1%。

2.4 魔芋微粉溶胀曲线的重复性

由表1可知, 溶胀曲线特征参数黏度峰值(Peak)与黏度终值(Final)的变异系数均小于3%, 所得平均值的精确度较高, 故采用RVA测定浓度1.0%魔芋微粉的溶胀曲线时, 其重复性较好。

表1 浓度1.0%魔芋微粉溶胀曲线特征参数的精确度分析结果

Table 1 Precision of the value of parameter reading from the hydration curves of micro-konjac flour at the concentration of 1.0%

特征参数	120~140目魔芋微粉		120~250目魔芋微粉	
	平均数±SD	变异系数/%	平均数±SD	变异系数/%
黏度峰值(Peak)	143.59±4.63	2.46	131.96±3.39	2.57
黏度终值(Final)	160.24±4.51	2.82	151.09±3.00	1.98
Peak/Final之比/%	89.61		87.34	

注: 实验重复次数为5, 统计分析由DPS完成。

2.5 魔芋微粉溶胀过程的回归方程

根据浓度1.0%魔芋微粉溶胀过程的数据变化趋势, 选用一元非线性回归模型中的logistic模型来拟合, 拟合方法选用麦夸特法。由DPS数据处理系统(Data Processing System)建立的回归方程及方差分析结果分别列于表2、表3。

表2 浓度1.0%、120~140目魔芋微粉溶胀过程的回归方程及方差分析结果

Table 2 Curvilinear regression equation and ANOVA results for the hydration process of 120~140 mesh of micro-konjac flour at the concentration of 1.0%

方差来源	平方和	DF	均方	F值	显著水平
回归	23146.76	2	11573.38	572.19	P < 0.001
剩余	262.94	13	20.23		
总的	23409.70	15	1560.65		

R = 0.9944 R² = 0.9888
回归方程: $\eta = 160.8555 / (1 + \text{EXP}(2.2016 - 0.359139\tau))$, η 为黏度(RVU); τ 为测定时间(min)

表3 浓度1.0%、120~250目魔芋微粉溶胀过程的回归方程及方差分析结果

Table 3 Curvilinear regression equation and ANOVA results for the hydration process of 120~250 mesh of micro-konjac flour at the concentration of 1.0%

方差来源	平方和	DF	均方	F值	显著水平
回归	23932.13	2	11966.06	273.57	P < 0.001
剩余	524.88	12	43.74		
总的	24457.01	14	1746.93		

R = 0.9892 R² = 0.9785
回归方程: $\eta = 148.4605 / (1 + \text{EXP}(1.9608 - 0.651619\tau))$, η 为黏度(RVU); τ 为测定时间(min)

表2、表3的结果表明, 两种魔芋微粉在溶胀过程中

的黏度变化均可用相应的 logistic 回归方程拟合, 即魔芋微粉粉溶胀过程的数学模型符合 logistic 方程: $\eta = \eta_{max} / (1 + \text{EXP}(a - b\tau))$; τ 为测定时间(自变量), η 为黏度(因变量), a 、 b 为常数, η_{max} 为最大黏度。回归方程的决定系数 R^2 分别为 0.9888 及 0.9785, 方差分析的 F 值分别为 572.19 及 273.57, $P < 0.001$, 达到极显著水平。因此观察值数据和回归方程高度吻合, 采用 logistic 方程拟合的可靠程度达到 98% 以上。

回归方程的讨论: 当 $\tau = 0$ 时, $\eta = \eta_0 = \eta_{max} / (1 + \text{EXP}(a))$; 当 $\tau \rightarrow \infty$ 时, $\eta = \eta_{max}$; b 为 logistic 回归方程的线性变换方程 $\ln[(\eta_{max} - \eta) / \eta] = a - b\tau$ 的回归系数或速度常数, 可作为溶胀过程的速度常数; 当 $\eta = \eta_{max} / 2$ 时, 时间 $\tau_p = a/b$, 即达到最大黏度的 1/2 时所需时间 $\tau_p = a/b$, 此时间点为 logistic 回归曲线的转折点, 即在 τ_p 点之前溶胀速度由慢变快, 在 τ_p 点之后溶胀速度则逐渐变慢。分别将两种魔芋微粉溶胀过程回归方程的参数值 η_0 、 η_{max} 、 b 、 τ_p 列于表 4 中。

2.6 魔芋微粉溶胀过程回归方程特征参数的应用

按 1.2.3 方法分别测定了 0.25 g 魔芋微粉分散在 25.00 mL 水溶液中及 25.00 mL 不同浓度的食盐 (NaCl) 水溶液中的溶胀曲线, 测定结果列于图 4; 同时分别将各溶胀过程回归方程的参数值 η_0 、 η_{max} 、 b 、 τ_p 列于表 4。

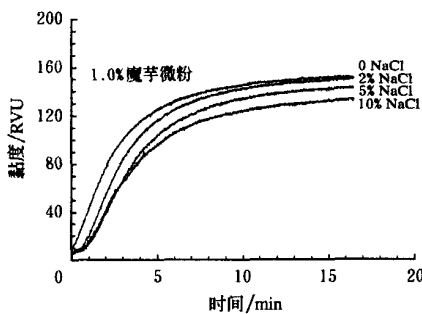


图 4 1.0% 魔芋微粉(120~ 250 目)在水溶液及不同浓度 NaCl 水溶液中的溶胀曲线(RVA 设置条件: 温度(30±1) ; 转速 160 r/min; 测定时间 16 min)

Fig. 4 Hydration curves of 1.0% micro-konjac flour (120~ 250 mesh) in water and in different levels of NaCl solutions (Instrumental setup for RVA: Test Temperature (30±1) ; rotational speed 160 r/min; Test Time 16 min)

从图 4 可以看出, 同一种魔芋微粉在蒸馏水中与在不同浓度食盐 (NaCl) 水溶液中的溶胀曲线有明显差异。以蒸馏水为分散介质时, 魔芋微粉的溶胀速度明显快于在不同浓度食盐 (NaCl) 水溶液中的溶胀速度。由表 4 可知, 以蒸馏水为分散介质时, 两种魔芋微粉溶胀过程的初始黏度 η_0 差异不大, 但 120~ 250 目魔芋微粉溶胀过程的速度常数 b 明显高于 120~ 140 目魔芋微粉, 达到最大黏度的 1/2 时所需时间 τ_p 明显小于 120~ 140 目魔芋微粉, 故 120~ 250 目魔芋微粉的溶胀速度较快; 但其溶胀完成后所能达到的最大黏度 η_{max} 却较低, 这可能与其粒度分布偏细小有关。

表 4 1.0% 魔芋微粉在水溶液及不同浓度 NaCl 水溶液中的溶胀过程回归方程参数值

Table 4 Values of parameters from curvilinear regression equation for the hydration process of 1.0% micro-konjac flour in water and in different levels of NaCl solutions

回归方程参数值	初始黏度 η_0 /RVU	最大黏度 η_{max} /RVU	速度常数 b / min^{-1}	τ_p / min^{-1}	R^2
0.25gA + 25 mL 蒸馏水	16.02	160.86	0.3591	6.13	0.9888
0.25gB + 25 mL 蒸馏水	18.31	148.46	0.6516	3.01	0.9785
0.25gB + 25 mL 2% NaCl 水溶液	16.80	146.05	0.6303	3.24	0.9834
0.25gB + 25 mL 5% NaCl 水溶液	12.77	139.52	0.6086	3.77	0.9927
0.25gB + 25 mL 10% NaCl 水溶液	14.36	134.26	0.5275	4.02	0.9987

注: A: 120~ 140 目魔芋微粉; B: 120~ 250 目魔芋微粉; 魔芋微粉浓度为 1.0% (w/v)。

由表 4 还可以看出, 以 2% NaCl 水溶液为分散介质时, 120~ 250 目魔芋微粉溶胀过程所能达到的最大黏度 η_{max} 与以蒸馏水为分散介质的 η_{max} 基本一致, 初始黏度 η_0 差异也不大, 但溶胀过程的速度常数 b 稍低, 达到最大黏度的 1/2 时所需时间 τ_p 稍长。这说明 120~ 250 目魔芋微粉在 2% NaCl 水溶液中的溶胀速度稍慢; 但差异不大。以 5% NaCl 水溶液、10% NaCl 水溶液为分散介质时, 120~ 250 目魔芋微粉溶胀过程的初始黏度 η_0 、溶胀过程所能达到的最大黏度 η_{max} 均稍有降低, 但溶胀过程的速度常数 b 明显降低, 达到最大黏度的 1/2 时所需时间 τ_p 明显增加。这说明较高浓度的食盐溶质能明显降低魔芋微粉的溶胀速度。

有关魔芋微粉溶胀理论与溶胀速度影响因素方面的研究尚待进一步深入。

3 结论

利用体视显微镜可以观察区分魔芋精粉与魔芋微粉之间溶胀速度的差异, 也可观察到完整魔芋精粉颗粒的吸水膨胀及解体溶解两个形貌变化过程。但魔芋微粉与过量水分接触后约 1 min 即溶胀粘连及解体溶解, 故不能明确区分魔芋微粉之间溶胀速度的差异。

采用 RVA 可以快速测定魔芋微粉的溶胀速度, 测定时魔芋微粉的适宜浓度为 1.0%, 测定温度 (30±1)、搅拌器转速 160 r/min、测定时间设置为 16 min 即可。测定结果具有较高的精确度。对浓度 1.0% 魔芋微粉在溶胀过程中的黏度变化数据进行回归分析表明, 魔芋微粉的溶胀过程的数学模型可用 logistic 方程拟合, 即符合 logistic 方程: $\eta = \eta_{max} / (1 + \text{EXP}(a - b\tau))$; τ 为测定时间, η 为黏度, a 为与初始黏度 η_0 相关的常数, η_{max} 为最大黏度, b 为 logistic 回归方程的回归系数或速度常数, 可作为溶胀过程的速度常数; 达到最大黏度的 1/2 时所需时间 $\tau_p = a/b$, 为 logistic 回归曲线的转折点。回归方程的速度常数 b 或达到最大黏度的 1/2 时所需时间 τ_p 两个参数均可很好地表征魔芋微粉的溶胀速度。利

用这两个特征参数可以明确区分 120~ 140 目及 120~ 250 目两种魔芋微粉分散在蒸馏水中时溶胀速度的差异, 也可区分魔芋微粉分散在不同浓度食盐水溶液中时溶胀速度的差异。上述结果也说明 RVA 是一种较好的魔芋微粉溶胀速度快速测定方法。

[参 考 文 献]

- [1] Katsuraya K, Okuyama K, Sato T, et al Constitution of konjac glucomannan: chemical analysis and ^{13}C NMR spectroscopy[J]. Carbohydrate Polymers, 2003, 53: 183-189
- [2] 贾成禹, 等. 白魔芋和花魔芋葡甘露聚糖研究[J]. 生物化学杂志, 1988, 4(5): 407- 413
- [3] 许时婴, 等. 魔芋葡甘露聚糖的化学结构与流变性质[J]. 无锡轻工业学院学报, 1991, 10(1): 1- 12
- [4] King, et al Readily available konjac glucomannan as a sustained release excipient[P]. United States Patent: 5, 486, 364, 1996-01-23
- [5] 孙远明, 盖国胜, 等. 静压- 剪切微粉碎工艺对魔芋粉理化性能的影响(英文)[J]. 农业工程学报, 2002, 18(5): 175-179
- [6] 孙远明, 杨幼慧. 1995 无臭速溶高黏度魔芋粉的加工方法[P]. 中国专利: 94107469. 2, 2000-06-28
- [7] Kishida K. Technology of pure micro-konjac flour[P]. Japanese Patent: 63- 185345, 1989-09-22(in Japanese).
- [8] 孙光谷, 江安陶, 沈亚璜. 一种魔芋微粉[P]. 94111753. 7, 1995-12-27.
- [9] Shelso, et al Rapidly hydratable konjac flour[P]. United States Patent: 5, 536, 521, 1996-07-16
- [10] Jenkins D J A, et al Slow release carbohydrate: mechanism of action of viscous fibers[J]. J Clin Nutr Gastroenterol, 1986, 1: 237- 241.
- [11] Edwards C A, Blackburn N A, et al Viscosity of food gums determined in vitro related to their hypoglycemic actions[J]. Am J Clin Nutr, 1987, 46: 72- 77.
- [12] Ellis P R, Morris E R. Importance of the rate of hydration of pharmaceutical preparations of guar gum: a new in vitro monitoring method[J]. Diabetic Medicine, 1991, 8, 378- 381.
- [13] Ellis P R, Rayment P, Wang Q. A physico-chemical perspective of plant polysaccharides in relation to glucose absorption, insulin secretion and the entero-insular axis [J]. Proceedings of the Nutrition Society, 1996, 55, 881 - 898
- [14] Vuksan V, Jenkins D J, Spadafora P. Konjac-mannan (glucomannan) improves glycemia and other associated risk factors for coronary heart disease in type 2 diabetes. A randomized controlled metabolic trial [J]. Diabetes Care, 1999, 22: 913- 919
- [15] 黄承钰, 张茂玉, 等. 魔芋食品对糖尿病患者血糖影响的研究[J]. 营养学报, 1989, 11(4): 360- 366
- [16] Blackburn N A, Redfern J S, et al The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man [J]. Clin Sci, 1984, 66: 329- 336
- [17] 中华人民共和国农业部. 农业部行业标准《魔芋粉》(编号 NY/T494- 2002)[S]. 2002-01-14
- [18] ICC. Rapid Pasting Method Using the Newport Rapid Visco Analyser[S]. ICC Standard No. 162. International Association for Cereal Science and Technology (ICC), 1995

Detemination of hydration rate for micro-konjac flour by rapid visco analyzer

Wu Yinglong^{1,2}, He Guoqing¹, Yang Xingmin³, Weimingying²

(1. College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;

2. College of Engineering, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;

3. Ningbo Municipal Key Laboratory for Agricultural Products Processing, Ningbo 315100, China)

Abstract The objective of this paper is to search for a rapid detemination of hydration rate for micro-konjac flour. The hydration processes of konjac and micro-konjac flour were investigated by stereomicroscope and Rapid Visco Analyzer (RVA), respectively. The results showed that the hydration process of intact konjac granules could be viewed as swelling period and dissolving period. But these two periods could not be distinguished for micro-konjac flour because of its rapid hydration process almost completing in a minute. RVA could be used as a rapid test method to determine the hydration rate of micro-konjac flour. The suitable test concentration is 1%, test temperature, test speed, test time could be set as $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$, 160 r/min and 16 min, respectively. The results of curvilinear regression analysis showed that the viscosity data for hydration process of micro-konjac flour obtained by RVA were subjected to a model agreed with logistic procedure: $\eta = \eta_{\max} / (1 + \text{EXP}(a - b\tau))$; τ is test time, η is the viscosity of the hydration process, η_{\max} is the attainable maximum viscosity, b is rate constant, a is a constant relating to initial viscosity. The rate constant (b) and the time reaching the half of maximum viscosity ($\tau_p = a/b$) could be used as parameters of hydration rate for the hydration process. The difference of hydration rate between 120~ 140 mesh and 120~ 250 mesh of micro-konjac flour was successfully distinguished by application of these two parameters. The inhibition capability of sodium chloride solution for the hydration process of micro-konjac flour was also successfully distinguished by these two parameters for micro-konjac flour dispersed at different concentrations of sodium chloride solution. These results indicate that RVA is a very good fast technique for detemining the hydration rate of micro-konjac flour.

Key words: micro-konjac flour; rapid visco analyzer; stereomicroscope; konjac; hydration rate