

菊粉在酸性条件下的凝胶特性^{*}

罗登林 刘娟 许威 徐宝成 李鹏燕

(河南科技大学食品与生物工程学院, 洛阳 471003)

摘要: 为了得出菊粉在酸性条件下的成胶规律、凝胶稳定性和质构特性,考察了 pH 值对不同菊粉含量形成的凝胶性能的影响。试验发现,随 pH 值降低,菊粉成胶能力减弱,成胶时间延长,而凝胶指数随菊粉含量的增加而增大,随 pH 值的降低而减小;当 pH 值为 1 时,60% 的菊粉溶液也不能形成凝胶。随菊粉含量的升高,其凝胶持水力增加,其增加幅度随 pH 值的降低而减弱,pH 值分别为 7、5 和 3 时,60% 的菊粉凝胶持水力较 40% 的凝胶分别增加了 9.4%、5.75% 和 5.47%;菊粉含量越高,凝胶对酸的稳定性越强,当 pH 值为 3 和水解时间为 24 h 时,40% 菊粉凝胶的水解速率分别是 50% 和 60% 的 1.35 倍和 2.97 倍。质构仪分析发现,pH 值高低与菊粉凝胶的硬度、强度、黏着性、凝聚性、咀嚼性等呈正相关。差示扫描量热仪分析发现,当 pH 值由 7 下降到 3 时,50% 菊粉凝胶的可冻结含水量增加程度最大,达到 26.0%。

关键词: 菊粉 pH 值 凝胶 稳定性 质构特性

中图分类号: TS201.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)05-0185-06

引言

菊粉作为一种新的膳食纤维,与常见的膳食纤维相比,其生理功能和加工性能更加突出^[1-2]。这是由于菊粉具有与面粉相似的粉体特性和能形成优异的凝胶质构^[3-4]。近年来,菊粉的开发利用受到高度重视,常作为一种脂肪替代品应用于各种奶制品中^[5-7]。Elleuch 等^[8]考察了菊粉对脱脂酸乳物理和感官性质的影响,研究表明,用质量分数 5% 的菊粉作为脂肪替代品添加,通过风味、颜色、质构指标的评价,可接受度为 9.07,与标准品比较无任何不良作用。孙文峰等^[9]发现在奶酪中加入质量分数 1% 的菊粉后,干酪变得更柔软。在肉制品中,菊粉可提高产品保水性,延长货架期,如香肠和肉馅饼等^[10-11]。在冷冻食品中,菊粉在低温保藏过程中能与食品大分子相互作用,赋予食品较好的塑性和口感^[12-13]。在水果制品和巧克力中,菊粉可作为甜味剂和脂肪替代品,降低产品的热量值^[14]。但目前关于菊粉在酸性食品中的应用研究仍然很少,如发酵类酸奶、果冻布丁、酸性冷饮等。为了进一步了解菊粉在酸性条件下的食品加工基础理论,本文对菊粉在酸性条件下的成胶规律、凝胶稳定性和质构特性进行研究。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

菊粉(平均聚合度为 10~12),购买于昆山拓丰有限公司,80℃ 条件下干燥至质量恒定。酒石酸钾钠、3,5-二硝基水杨酸、硫酸、苯酚为试剂级。Instron Universal 5544 型质构仪,Instron Corp., USA。

1.2 凝胶的制备

配制不同菊粉含量(质量分数 20%~60%)的水溶液,并于 80℃ 条件下进行热处理 8 min。取出冷却至室温(20℃)后,置于 4℃ 条件下进行冷藏处理。当凝胶完全成胶并不具有流动性时,即形成凝胶。

1.3 凝胶指数和成胶时间的测定

凝胶指数(Volumetric gel index, VGI)是评定物质成胶能力的一个指标,由成胶物质及成胶条件共同决定,其值由不溶于水的胶体体积以及成胶层和水层体积计算出来,计算公式为

$$V = \frac{V_T}{V_C} \times 100\% \tag{1}$$

式中 V_C ——水层和胶体层的总体积, mL

V_T ——不溶于水的胶体体积, mL

收稿日期: 2013-12-17 修回日期: 2014-01-23

^{*} 国家自然科学基金资助项目(31371832)、河南省高等学校青年骨干教师资助计划资助项目(2012GGJS-076)、国家级大学生创新创业计划资助项目(201310464047)和河南科技大学 SRTP 资助项目(2013109)

作者简介: 罗登林,副教授,主要从事农产品深加工及超声技术研究, E-mail: luodenglin@163.com

菊粉成胶时间的测定:将菊粉溶液置于4℃下进行冷藏处理到凝胶完全成胶并不具有流动性所用的时间,每次试验重复3次,取平均值,计算标准偏差。成胶时间是评价物质形成胶体能力的一个参数。

1.4 凝胶持水力的测定

将制备的菊粉溶液进行热处理后,置于20 mL离心管中并记录其质量,并于4℃下制备成凝胶,并贮藏1 d后取出于室温下陈化30 min,经3 000 r/min(离心力1 006.88 g)高速离心30 min后,除去水层并记录剩余凝胶的质量。每次试验重复3次,取平均值,计算标准偏差。凝胶持水力计算公式为

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中 m_0 ——离心管质量,g

m_1 ——离心后的凝胶与离心管总质量,g

m_2 ——离心前的凝胶与离心管总质量,g

1.5 凝胶 TPA 试验

质构特性试验即两次咀嚼测试。将制备好的菊粉凝胶取出在室温下陈化30 min,用Instron Universal 5544型质构仪对菊粉凝胶进行质构特性分析,TPA试验模拟人体咀嚼,通过两次穿刺试验完成,对菊粉质构特性,如硬度、黏着性、凝聚力等进行分析。

凝胶穿刺深度为20 mm,探头直径0.5 cm,穿刺速率为1 mm/s,数据采集间隔为10 ms。数据由仪器自带软件Bluehill进行分析,每次试验重复3次,取平均值,计算标准偏差。

探头运动的力与时间关系图如图1所示,图1是典型的质构TPA曲线图。TPA试验分为5个阶段,分别为第1次压缩、第1次返回、静止、第2次压缩和第2次返回。硬度1是第1次压缩过程中探头所能感受的最大力,硬度2是探头在第2次压缩过程中所受到的最大力, S_1 是第1次压缩开始到探头所感受力为零所形成的面积, S_2 是第2次压缩开始到探头所感受力为零所形成的面积, S_3 是第1次压缩过程中形成的负面积, t_1 从压缩开始到硬度1时所用的压缩时间, t_2 从第2次压缩试验开始压力不为零到第2次压缩力达到最大值所用的压缩时间。

1.6 pH 值对菊粉凝胶的影响

不同pH值条件下制备的菊粉液进行热处理后,置于80℃条件下进行热处理8 min,并于4℃条件制备成凝胶。进行凝胶指数、凝胶时间、持水性及菊粉凝胶质构特性的测定,分析其值与中性条件下的差异。每次试验重复3次,取平均值,计算标准偏差。

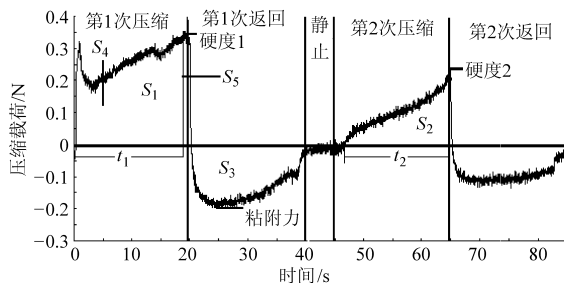


图1 凝胶质构图谱

Fig.1 TPA curve of inulin gel

1.7 凝胶中可冻结水含量的测定

将制备好的凝胶样品在室温下陈化30 min,准确称取8~12 mg菊粉凝胶样品,小心置于铝试样皿中,密封,在氮气保护下将试样皿置于差示扫描量热仪中。测试从-40℃开始,此温度下冰的冻结已达到平衡。以10℃/min升温到20℃,氮气流速20 mL/min,得到凝胶的差示扫描量热仪(DSC)谱图。

计算假设凝胶中水的热焓值 ΔH 与纯水 ΔH_0 一样,即334 J/g。从DSC谱图0℃附近得到热焓值,即可计算出可冻结水的质量分数。用80℃干燥法测定凝胶的平衡含水率,并计算结合水质量分数。每次试验均重复3次,取平均值,计算标准偏差。可冻结水质量分数 W_{FW} 和结合水质量分数 W_{UFW} 计算公式分别为

$$W_{FW} = \frac{\Delta H}{\Delta H_0} \times 100\% \quad (3)$$

$$W_{UFW} = W_{EMC} - W_{FW} \quad (4)$$

式中 W_{EMC} ——凝胶平衡含水率,%

1.8 pH 值对菊粉凝胶的热稳定性影响

用蒸馏水配制不同pH值的菊粉水溶液,按照上述方法制备成凝胶,取出放置于50℃条件下,分别于不同时间取样1~2 g凝胶于平皿中平铺,50℃条件下干燥至质量恒定。用研钵研成粉末后配制成0.5%菊粉溶液,用DNS法测定溶液中还原糖含量,以初始时刻所测得的还原糖为空白量,计算其他时间还原糖的增加量。每次试验重复3次,取平均值,计算标准偏差。

2 结果与分析

2.1 pH 值对不同含量菊粉成胶时间的影响

在不同pH值下菊粉形成凝胶所需时间如表1。由表1可知,pH值和菊粉含量对其成胶影响显著。随pH值降低,菊粉成胶能力下降,成胶时间延长。当pH值为3时,质量分数为40%、50%和60%的菊粉,较中性条件下成胶所需时间分别增加了48%、140%和176%;当pH值为1时,即使质量分数为60%的菊粉也不能成胶。这主要是因为菊粉在不同

pH 值下的水解程度不同,酸度越高,菊粉水解程度越大,平均聚合度就越小,成胶能力就越弱。前期研究发现, pH 值在 5 ~ 7 时,菊粉基本不水解;当 pH 值降低至 3 ~ 5 且温度高于 50℃ 时,菊粉才发生水解;当温度超过 80℃ 时,水解速率明显加快;当 pH 值在小于 3 时,即使在室温下菊粉也发生水解反应。当 pH 值为 1 时,菊粉水解非常明显,主要生成一些小分子类的还原糖(葡萄糖和果糖),由于分子量小,分子之间不能相互结合形成网状的空间结构,即无法形成凝胶^[15]。当 pH 值为 7 时,菊粉质量分数低于 30% 时,也不能完全成胶,说明没有足够多数量的菊粉分子与水分子发生作用。只有当菊粉质量分数 40% 时,溶液才能完全形成凝胶,且菊粉质量分数越大,越容易形成凝胶,成胶所需时间越短,例如:质量分数 60% 的菊粉水溶液成胶所需时间较 40% 的缩短了 77.8%。

表 1 不同 pH 值下菊粉的成胶时间

Tab.1 Gelling times of inulin at different pH value h

菊粉质量 分数/%	pH 值			
	7	5	3	1
20	—	—	—	—
30	—	—	—	—
40	2.25 ± 0.25	2.98 ± 0.30	3.33 ± 0.35	—
50	0.80 ± 0.10	1.08 ± 0.13	1.92 ± 0.23	—
60	0.50 ± 0.08	0.58 ± 0.08	1.38 ± 0.20	—

2.2 pH 值对菊粉凝胶指数的影响

试验测得菊粉在不同 pH 值下的凝胶指数如表 2 所示。

表 2 不同 pH 值下菊粉凝胶的凝胶指数

Tab.2 VGI of inulin gel at different pH value %

菊粉质量 分数/%	pH 值			
	7	5	3	1
20	77.9 ± 2.1	67.2 ± 2.5	0	0
30	94.0 ± 3.6	93.0 ± 3.5	91.7 ± 3.5	0
40	100	100	100	0
50	100	100	100	0
60	100	100	100	0

由表 2 可知,凝胶指数随菊粉含量的增加而增大,随 pH 值的降低而减小。当 pH 值为 7 时,菊粉质量分数低于 40% 时,菊粉不能完全成胶,且菊粉含量越高,凝胶指数越大,说明菊粉成胶能力越强;当菊粉质量分数高于 40% 时,凝胶指数为 100%,说明菊粉已完全成胶,这与表 1 所示一致。在菊粉质量分数为 20% ~ 30% 时,凝胶指数随着 pH 值的降低而减小,说明菊粉成胶能力变弱;当 pH 值在 3 以内,质量分数为 20% 菊粉不能形成凝胶,说明菊粉

先经过热处理再冷却后还处于完全溶解状态,不能析出形成沉淀。这主要归因于:一方面,当溶液中菊粉数量不能达到一定的值时,不能完全形成立体网状结构,导致介质(水)不能完全被包围在网眼中间,部分介质游离出来;另一方面,能否形成立体网状结构凝胶及凝胶强弱取决于中长链菊粉所占的比例,比例越大,越易形成凝胶,而随 pH 值的降低,菊粉发生了部分水解,特别是中长链菊粉的降解,导致短链菊粉和小分子类还原糖的增多,成胶能力下降。

2.3 pH 值对凝胶持水力的影响

结合表 1 和表 2 结果,试验分别测定菊粉质量分数为 40%、50%、60%, pH 值为 3、5、7 的凝胶在第 1 天的持水力,结果如图 2 所示。

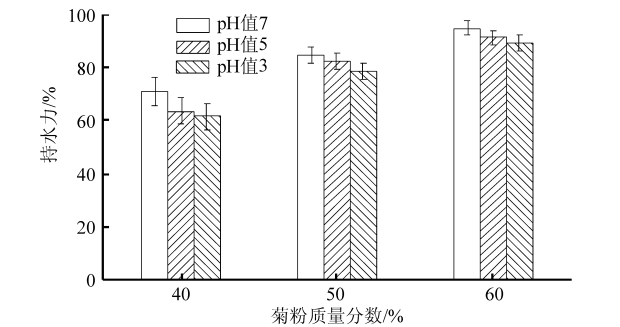


图 2 pH 值对菊粉凝胶持水力的影响

Fig.2 Effect of acidity on water-holding capacity of inulin gel

由图 2 可以, pH 值和菊粉质量分数对凝胶持水力的影响均显著($p < 0.01$, $p < 0.05$)。随着菊粉质量分数的增加,菊粉凝胶持水力增强,但在不同 pH 值下,菊粉凝胶持水力的增加幅度不同:随 pH 值降低,凝胶持水力增加幅度下降, pH 值为 7、5 和 3 时, 60% 菊粉凝胶比 40% 分别增加了 9.4%、5.75% 和 5.47%,这归因于酸降解所引起凝胶持水力降低的效应大于菊粉质量分数增加所引起凝胶持水力增加的效应。持水力表示凝胶截流水分子的能力及三维网状结构的稳定性,主要与水分子间的作用力有关,菊粉在形成凝胶时容易与水分之间形成氢键,但 pH 值下降引起分子间氢键的断裂和菊粉的降解,导致成胶能力及凝胶结构稳定性变差,菊粉凝胶持水力下降。

2.4 pH 值对凝胶质构特性的影响

测定 pH 值为 3、5 和 7 下不同含量的菊粉凝胶在第 1 天的质构特性,结果如表 3 所示。由于 pH 值低于 3 时凝胶指数值低于 100%,所以未进行 TPA 试验测试。

由表 3 可知, pH 值和菊粉含量对 40% ~ 60% 凝胶的硬度都有影响。凝胶硬度随着菊粉含量的增加而增加,这与文献[16]一致。当凝胶 pH 值分别

表 3 不同 pH 值下菊粉凝胶的质构特性
Tab.3 Textural properties of inulin gel at different pH value

参数	pH 值	菊粉质量分数/%		
		40	50	60
硬度/N	7	0.342 ± 0.018	0.440 ± 0.022	0.667 ± 0.028
	5	0.338 ± 0.019	0.409 ± 0.020	0.647 ± 0.023
	3	0.172 ± 0.012	0.327 ± 0.016	0.408 ± 0.017
强度 /kPa	7	17.180 ± 1.008	25.470 ± 1.301	31.600 ± 1.426
	5	16.411 ± 1.003	23.902 ± 1.285	27.566 ± 1.275
	3	6.867 ± 0.238	14.638 ± 0.672	18.319 ± 1.102
黏着性/ (N·s)	7	1.400 ± 0.052	3.784 ± 0.125	4.555 ± 0.132
	5	1.233 ± 0.050	2.732 ± 0.113	3.843 ± 0.168
	3	1.325 ± 0.087	2.444 ± 0.092	2.934 ± 0.121
粘附力 /N	7	0.124 ± 0.015	0.230 ± 0.023	0.324 ± 0.031
	5	0.170 ± 0.012	0.220 ± 0.020	0.320 ± 0.035
	3	0.100 ± 0.011	0.168 ± 0.022	0.210 ± 0.031
凝聚性	7	0.190 ± 0.013	0.255 ± 0.025	0.372 ± 0.030
	5	0.230 ± 0.016	0.304 ± 0.029	0.259 ± 0.027
	3	0.291 ± 0.018	0.238 ± 0.026	0.243 ± 0.024
咀嚼性	7	0.026 ± 0.006	0.127 ± 0.010	0.252 ± 0.027
	5	0.086 ± 0.010	0.103 ± 0.010	0.152 ± 0.012
	3	0.031 ± 0.006	0.089 ± 0.011	0.100 ± 0.010

为 7、5 和 3 时,与 40% 凝胶比较,60% 凝胶硬度分别增加 0.325、0.309 和 0.236 N。由此可知,降低 pH 值有助于减弱凝胶硬度,当 pH 值分别为 7 和 5 时,凝胶硬度变化较小,但当其 pH 值降低到 3 时,pH 值及菊粉含量对硬度的影响非常显著($p < 0.01$, $p < 0.01$)且变化趋势与硬度变化趋势一致。凝胶强度随着菊粉含量的增加而增加,随 pH 值的提高而显著降低,当 pH 值为 7 时,随菊粉含量增加的速率最高;当 pH 值为 3 时最低。当 pH 值由 7 降到 5 时,40%、50% 和 60% 菊粉凝胶的强度略有降低,分别为 0.77、1.57 和 4.03 kPa,但当 pH 值为 3 时,它们降低幅度分别达到 10.31、10.83 和 13.28 kPa。

凝胶黏着性受 pH 值和菊粉含量的影响。菊粉含量增大能明显提高凝胶的黏性,当 pH 值分别为 7、5 和 3 时,菊粉质量分数由 40% 上升至 60% 其凝胶黏着性分别提高了 225%、212% 和 122%,说明 pH 值影响菊粉凝胶黏着性的变化幅度,在 pH 值为 7 时凝胶黏着性增长率最高,而在 pH 值为 3 时增长率最低;在相同菊粉含量时,提高 pH 值有助于增大菊粉凝胶的黏着性。与黏着性变化一致,粘附力也随菊粉含量的增加而增加,随 pH 值升高而增大。对于菊粉含量相同的凝胶,pH 值在 5~7 范围内,pH 值的变化对粘附力影响很小,但当 pH 值降低至 3 时,粘附力随着 pH 值的降低而显著减小,这一点与黏着性变化相似。

pH 值在 3~7 范围内,菊粉凝胶的凝聚性具有较好的稳定性,其值变化在 0.10 ± 0.03 内;而咀嚼性受 pH 值影响显著,其值随 pH 值的升高而呈增大趋势,但对于 40% 的菊粉凝胶,pH 值为 5 时其咀嚼性最大。在 pH 值分别为 7、5 和 3 时,与 40% 凝胶相比,60% 凝胶的咀嚼性分别增加了 869%、77% 和 223%。

由上可知,pH 值变化可引起菊粉凝胶质构的明显改变,包括硬度、强度及其他参数,其原因可能还是菊粉在不同酸性条件下的水解程度差异,导致菊粉聚合度下降,直接改变了其在形成凝胶时的三维结构,凝胶的稳固性和致密性变差。

2.5 pH 值对凝胶中水分状态的影响

凝胶中水分状态可以分为可冻结水及不可冻结水。采用 DSC 热谱分析菊粉凝胶在不同 pH 值条件下其水分状态变化,热谱分析图如图 3、4 所示,pH 值对凝胶水分状态变化影响如图 5 所示。

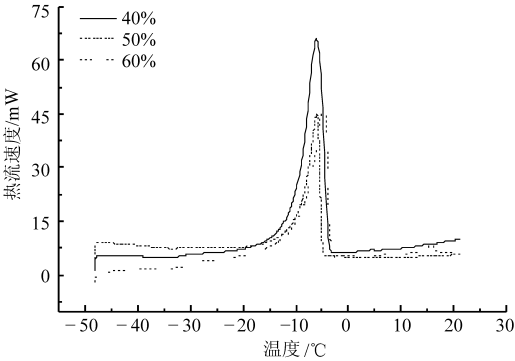


图 3 pH 值 7 时凝胶的热谱图

Fig.3 Thermal spectra of inulin gel at pH value 7

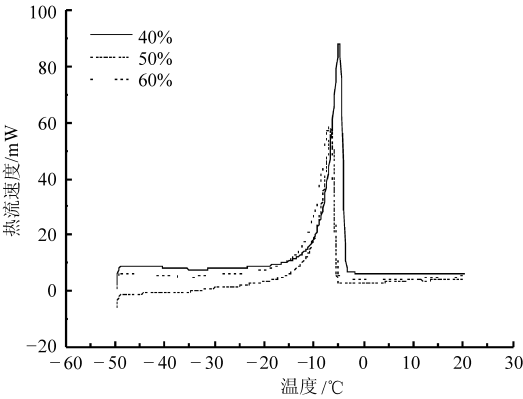


图 4 pH 值 3 时凝胶的热谱图

Fig.4 Thermal spectra of inulin gel at pH value 3

由图 3~5 可知,pH 值下降有助于提高可冻结水含量,而降低不可冻结水的含量。当 pH 值由 7 下降到 3 时,40%、50% 和 60% 菊粉凝胶的可冻结水含量分别增加了 5.8%、26.0% 和 17.2%,而不可冻结水含量分别下降了 9.5%、30.5% 和 22.9%。pH 值下降引起菊粉聚合度的减小,菊粉成胶能力减

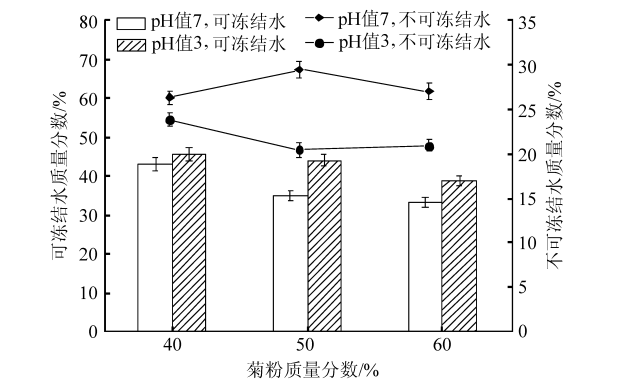


图5 pH值对菊粉凝胶可冻结水和不可冻结水的影响

Fig.5 Effects of pH value on FW and UFW content

弱。菊粉含量也是影响凝胶中可冻结水及不可冻结水含量的重要因素。可冻结水含量随菊粉含量的增加而降低,这主要是因为菊粉含量的增加会导致提供亲水基团的数量增多,能结合更多的水分子,同时凝胶的三维网状结构也增强了,这与 Chiavaro 等所得结论一致^[17]。

2.6 菊粉凝胶在酸性条件下的热稳定性

试验考察 40% ~ 60% 菊粉凝胶在酸性条件下的热稳定性,以凝胶中还原糖含量变化为测定指标,还原糖含量越高,表明其稳定性就越差,测定结果如图 6 所示。

从图 6 可以看出,当 pH 值为 3 时,菊粉含量及水解时间都对凝胶的稳定性有显著的影响($p < 0.01$, $p < 0.01$)。凝胶中还原糖含量随反应时间的延长而增加,说明菊粉在该条件下处于酸降解过程,但不同菊粉含量的凝胶水解速度不同,40% 菊粉凝胶的水解速率最高,而 60% 菊粉凝胶水解速率最低。当水解时间达 24 h 时,40% 菊粉凝胶的水解速率分别是 50% 和 60% 的 1.35 倍和 2.97 倍。这主要归因于菊粉凝胶中水分的状态及其含量的变化。由图 5 可知,含量不同的菊粉凝胶,其可冻结水含量不同,40% 菊粉凝胶可冻结水含量高于 50% 和 60%

菊粉凝胶,而较高的可冻结水含量可为菊粉酸水解提供更多的自由水和更好的水溶性环境,有利于菊粉的水解。

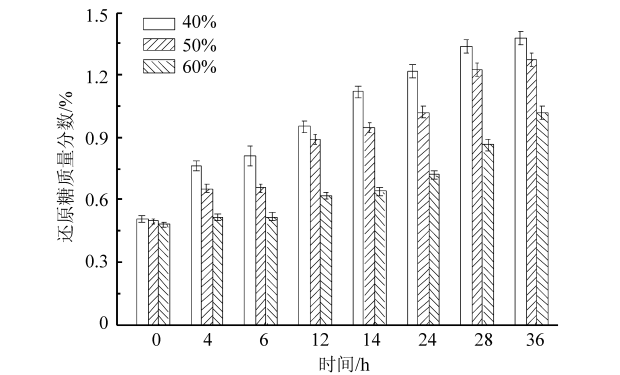


图6 菊粉凝胶的热稳定性

Fig.6 Thermal stability of inulin gel

3 结论

- (1)pH 值和菊粉含量对菊粉水溶液成胶影响显著。随酸度升高,菊粉成胶能力下降,成胶时间延长。当 pH 值为 3 时,对质量分数为 40%、50% 和 60% 的菊粉,较中性条件下所需成胶时间分别增加了 48%、140% 和 176%;当 pH 值为 1 时,即使质量分数为 60% 的菊粉也不能成胶。凝胶指数随菊粉质量分数的增加而增大,随 pH 值的降低而减小。
- (2)随着菊粉含量的增加,菊粉凝胶持水力增强,但在不同 pH 值下,菊粉凝胶持水力的增加幅度不同,随 pH 值降低,其增加幅度下降。
- (3)pH 值高低与菊粉凝胶的硬度、强度、黏着性、凝聚性、咀嚼性等呈正相关。随 pH 值降低,凝胶中可冻结水含量会增大,而不可冻结水含量会下降;随菊粉含量降低,凝胶对酸的稳定性下降。
- (4)pH 值对菊粉凝胶成胶性能和凝胶特性的影响主要归因于在不同 pH 值下菊粉的酸水解程度不同,从而影响形成凝胶的网状结构。

参 考 文 献

1 Gennaro S, Birch G G, Parke S A, et al. Studies on the physicochemical properties of inulin and inulin oligomers[J]. Food Chemistry, 2000, 68(2): 179 - 183.

2 Morris C, Morris G A. The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: a review[J]. Food Chemistry, 2012, 133(2): 237 - 248.

3 Kumar S, Tummala H. Development of soluble inulin microparticles as a potent and safe vaccine adjuvant and delivery system[J]. Molecular Pharmaceutics, 2013, 10(5): 1845 - 1853.

4 Dolores A M, Fernandez C, Dolores O M. Sensory and texture properties of mashed potato incorporated with inulin and olive oil blends[J]. International Journal of Food Properties, 2013, 16(8): 1839 - 1859.

5 Kip P, Meyer D, Jellema R H. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts[J]. International Dairy Journal, 2006, 16(9): 1098 - 1103.

6 Chi Z M, Zhang T, Cao T S, et al. Biotechnological potential of inulin for bioprocesses[J]. Bioresource Technology, 2011, 102(6): 4295 - 4303.

7 Villegas B, Costell E. Flow behaviour of inulin-milk beverages. Influence of inulin average chain length and of milk fat content

- [J]. International Dairy Journal, 2007, 17(7): 776–781.
- 8 Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review[J]. Food Chemistry, 2011, 124(2): 411–421.
- 9 孙文峰, 王健, 孙玉清, 等. 菊粉对再制干酪质地与感官评价的影响[J]. 中国乳业, 2009(3): 44–45.
- Sun Wenfeng, Wang Jian, Sen Yuqing, et al. Effect of inulin on the texture and sensory evaluation of processed cheese[J]. China Dairy, 2009(3): 44–45. (in Chinese)
- 10 Alvarez D, Barbut S. Effect of inulin, beta-Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters[J]. Meat Science, 2013, 94(3): 320–327.
- 11 Menegas L Z, Pimentel T C, Garcia S, et al. Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage[J]. Meat Science, 2013, 93(3): 501–506.
- 12 Akın M B, Akın M S, Kırmacı Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream[J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 93–99.
- 13 Isik U, Boyacioglu D, Capanoglu E, et al. Frozen yogurt with added inulin and isomalt[J]. Journal of Dairy Science, 2011, 94(4): 1647–1656.
- 14 Meyer D, Bayarri S, Tárrega A. Inulin as texture modifier in dairy products[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(8): 1881–1890.
- 15 许威, 罗登林, 陈瑞红, 等. 菊粉酸降解动力学研究[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 95–98.
- Xu Wei, Luo Denglin, Chen Ruihong, et al. Kinetic studies on acid catalyzed hydrolysis of inulin[J]. Food Science, 2012, 33(15): 95–98. (in Chinese)
- 16 罗登林, 许威, 陈瑞红, 等. 菊粉吸湿特性与晶体转变规律研究[J]. 农业机械学报, 2012, 43(8): 160–163, 192.
- Luo Denglin, Xu Wei, Chen Ruihong, et al. Moisture absorption and crystal transformation of inulin[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(8): 160–163, 192. (in Chinese)
- 17 Chiavaro E, Vittadini E, Corradin C. Physicochemical characterization and stability of inulin gels[J]. European Food Research and Technology, 2007, 225(1): 85–94.
- 18 罗登林, 许威, 陈瑞红, 等. 菊粉溶解性能与凝胶质构特性试验[J]. 农业机械学报, 2012, 43(3): 118–222, 129.
- Luo Denglin, Xu Wei, Chen Ruihong, et al. Solubility and gelatin textural properties of inulin[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(3): 118–222, 129. (in Chinese)

Gelatin Properties of Inulin in Acidic Solution

Luo Denglin Liu Juan Xu Wei Xu Baocheng Li Pengyan

(College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: With the aim to explore the gelling rules, the stability and the textural properties of inulin under acidic conditions, and the effect of pH value on the gelatin were studied at different concentrations of inulin. The experimental results show that the gelling ability decreases and the gelling time increases with the decrease of pH value. The volumetric gel index increases with inulin content increase and decreases with pH value decrease. When pH value decreases to 1, gelatin can't be formed even the concentration of inulin solution is high as 60%. The water retention of gelatin increases with the increase of inulin content and the increase extent becomes weak as pH value decreases. The water retention of 60% gelatin increases by 9.4%, 5.75% and 5.47% compared with that of 40% gelatin at pH value 7, 5 and 3, respectively. The higher the inulin content is, the stabler the stability of gelatin to pH value is. The acid hydrolysis rates of 40% inulin gelatin are 1.35 and 2.97 times higher than that of 50% and 60% gelatins when the pH value equals 3 and the hydrolysis time is 24 h. Texture profile analysis shows that pH value has positive correlations with the hardness, strength, adhesiveness, cohesiveness and gumminess of gelatin. Differential scanning calorimetry analysis shows that the freezable water content of 50% gelatin increases to the maximum, 26.0%, when pH value decreases from 7.0 to 3.0.

Key words: Inulin pH value Gelatin Stability Textural properties