

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2020.01.011

文章编号:2095-6002(2020)01-0080-08

引用格式: 祁静, 杨娟, 汪启珍, 等. 南、北山楂提取液分别对人体内源淀粉酶作用研究[J]. 食品科学技术学报, 2020, 38(1): 80-87.



祁静, YANG Juan, WANG Qizhen, et al. Effect of Nippon hawthorn and Chinese hawthorn extract on human endogenous amylase activity[J]. Journal of Food Science and Technology, 2020, 38(1): 80-87.

南、北山楂提取液分别对人体内源淀粉酶作用研究

祁静, 杨娟, 汪启珍, 蔡炳民, 于迪*, 孙一铭*

(广西中医药大学药学院, 广西南宁 530200)

摘要: 通过测定淀粉酶与山楂提取液反应后的酶活, 分别探讨南、北山楂是否可以通过提高淀粉酶的活性来达到帮助消化的效果。在不同温度(30、60、80℃)下分别制备南、北山楂浸提液后, 模拟人体肠道环境, 分别考察在不同的反应温度(25、37、45℃)、不同的pH值(6.5、6.8)和离子条件($C_2O_4^{2-}$ 、 Zn^{2+})下, 南、北山楂水提液对淀粉酶活性的影响。结果发现, 在所考察的反应温度范围内和pH值条件下, 南、北山楂水提液在一定程度上均可以提高淀粉酶活性。其中, 温度37℃、pH值为6.5的条件下, 60℃制备的北山楂水提液对淀粉酶活性的促进作用最强, $C_2O_4^{2-}$ 对淀粉酶与北山楂反应的影响呈现促进作用, 而 Zn^{2+} 对淀粉酶与南、北山楂的反应均表现为抑制作用。

关键词: 南、北山楂; 人体内源淀粉酶; 消化作用; 反应温度; pH值; 阴阳离子

中图分类号: TS255.4; R333.5

文献标志码: A

山楂的果实营养全面且丰富, 市场上使用的山楂包括北山楂(*Crataegus pinnatifida*)、南山楂(野山楂, *Crataegus cuneata*)、广山楂、云山楂等多个品种, 其中以北山楂、南山楂(野山楂)应用最多, 分布最广。在功效上, 南山楂以行气散瘀, 收敛止泻为主; 北山楂以消食化积为主^[1-2]。山楂中的主要功能性成分包括黄酮类化合物、有机酸、黄烷及其聚合物、微量元素及氨基酸等^[3-6], 其中有机酸主要为柠檬酸、山楂酸、熊果酸、棕榈酸、硬脂酸等^[7]。

山楂的助消化机理研究, 国内外均有一些报道, 近年的研究结果显示, 山楂水提物不仅能够促进胃肠平滑肌收缩, 而且口服山楂液能增加胃中消化酶的分泌, 增强酶的活性, 促进肠胃的消化功能^[8]。山楂助消化的机理主要包括3点。1) 山楂中的维

生素C具有增加食欲的作用, 有机酸等成分可以促进胃液及胰液的分泌, 从而起到助消化的作用^[9-11]; 2) 山楂中的有机酸和黄酮类, 可提高淀粉酶活性, 起到助消化作用^[12-13]; 3) 山楂可以加快胃肠排空速度^[14-16]。

山楂的种类不同, 则功效不同, 并且人体肠道内的环境亦非常复杂, 温度、pH值和离子等因素对人体内源淀粉酶的活性影响较大。目前, 从消化道内源酶的角度出发, 考查离子环境等因素对山楂与淀粉酶反应体系的研究少有报道。因此, 本课题分别以南、北山楂为实验材料, 研究不同提取温度(30、60、80℃)下制备的山楂提取液, 分别在不同的反应温度(25、37、45℃)、不同的pH值(6.5、6.8)和离子条件($C_2O_4^{2-}$ 、 Zn^{2+})下与消化道内源淀粉酶作用

收稿日期: 2019-04-08

基金项目: 广西教育厅中青年教師基础能力提升项目(2017KY0287; 2018KY0272); 广西科技计划项目(AD18281081; 2018GXNSFAA294078); 广西中医药大学博士科研启动项目(2017BS030); 福州市科技计划项目(2017-G-60); 广西中医药大学校级项目(XCS17005; XP017326)。

第一作者: 祁静, 女, 讲师, 博士, 主要从事食品化学和食品营养学方面的研究。

* 通信作者: 于迪, 男, 讲师, 博士, 主要从事食品质量与安全方面的研究;

孙一铭, 女, 讲师, 博士, 主要从事食品卫生与营养方面的研究。

后,山楂水提液对淀粉酶活性的影响。通过测定各种因素影响下,淀粉酶与山楂提取液反应前后酶活的变化,来探讨山楂是否可通过提高淀粉酶的活性来达到助消化效果,从而为山楂开胃和消食的机理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 原料与设备

本实验所采用的材料均为食品级,试剂均为化学纯,详情见表1;本实验所采用的仪器设备详情见表2。

表1 实验材料与试剂

材料	规格	产地或生产厂家
可溶性淀粉	化学纯	成都市科龙化工试剂厂
磷酸二氢钠	化学纯	成都市科龙化工试剂厂
磷酸氢二钠	化学纯	成都市科龙化工试剂厂
α -淀粉酶	分析纯	Sigma 公司
葡萄糖试剂盒 (氧化酶-过氧化物酶法)	/	上海荣盛生物药业
草酸钠	化学纯	成都金山化学试剂有限公司
氯化锌	化学纯	成都金山化学试剂有限公司
南山楂	食品级	市售
北山楂	食品级	市售

表2 实验仪器与设备

Tab.2 Experimental instruments and equipment

仪器名称	规格与型号	生产厂家
移液枪	10 μ L、1 000 μ L	德国 Sartorius 公司
雷磁电位 pH 计	pHS-3C 型	上海仪电科学仪器股份有限公司
数显恒温水浴锅	HH-4 型	国华电器有限公司
恒温培养振荡器	ZWY-240 型	上海智城分析仪器制造有限公司
离心机	TDZ5-WS 型	湘仪离心机有限公司
电磁炉	/	广东美的生活电器电磁炉制造有限公司
电热恒温鼓风干燥箱	DNG-905310 型	上海精宏实验设备有限公司
紫外-可见分光光度计	759S 型	上海仪电科学仪器股份有限公司
电子分析天平	0.1 mg ~ 220 g	德国 Sartorius 公司

1.2 实验方法

1.2.1 实验流程

实验流程为:糊化的淀粉加酶和山楂在振荡器中反应 30 min \rightarrow 煮沸 10 min 灭酶活 \rightarrow 过滤取样 \rightarrow 据葡萄糖试剂盒测定葡萄糖含量 \rightarrow 紫外分光光度计测吸光度并计算。

1.2.2 山楂水提液的制备

准确称取山楂 50 g 置于三角瓶中,按料液比 1:5 加入 250 mL 蒸馏水,然后将三角瓶置于水浴锅中,温度分别保持在 30、60、80 $^{\circ}$ C,用玻璃棒搅拌,浸提 30 min,浸提液经过 2 次脱脂棉过滤和 2 次定性滤纸过滤后,定容到 250 mL 容量瓶中,待用。

1.2.3 缓冲溶液的配制

1) 准确称取 31.2 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 置于 1 000 mL 烧杯中,再加入 900 mL 蒸馏水,充分搅拌溶解,最终定容在 1 000 mL 的容量瓶中,得到 0.2 mol/L 磷酸二氢钠溶液。

2) 准确称取 61.632 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 置于

1 000 mL 烧杯中,再加入 900 mL 蒸馏水,加热溶解,冷却后定容在 1 000 mL 的容量瓶中,得到 0.2 mol/L 磷酸氢二钠溶液。

3) 在 25 $^{\circ}$ C 下,准确量取 0.2 mol/L NaH_2PO_4 溶液 68.5 mL 和 0.2 mol/L Na_2HPO_4 溶液 31.5 mL,混合后再加 400 mL 蒸馏水,最终得到 pH 值为 6.5, 0.05 mol/L 的磷酸盐缓冲溶液,密封待用。

1.2.4 淀粉溶液的制备

准确称取 4 g 淀粉置于烧杯中,再加入 pH 值为 6.5、浓度为 0.05 mol/L 的磷酸盐缓冲液 90 mL,然后放入 70 $^{\circ}$ C 水浴锅中搅拌糊化 30 min,最后加入缓冲液至 100 mL,搅拌均匀,最终得到质量浓度为 0.04 g/mL 的淀粉溶液。

1.2.5 淀粉酶溶液的配制

取出适量淀粉酶制剂于研钵中研磨,然后准确称取 0.5 g 置于烧杯中,并用适量缓冲溶液溶解,然后在转速为 4 000 r/min 的条件下离心 10 min,取上清液。得到的上清液再经定量滤纸过滤,最后定容

于25 mL容量瓶中,即为0.02 g/mL淀粉酶溶液,现配现用。

1.2.6 淀粉消化率的测定方法

1.2.6.1 淀粉酶水解淀粉反应

量取10 mL淀粉溶液于50 mL小烧杯中,加入1 mL淀粉酶溶液和1 mL山楂水提液混匀,分别设置不同的温度,在恒温培养振荡器中反应30 min,然后放入沸水浴中灭酶10 min,终止反应后用定性滤纸过滤,得到澄清的滤液。最后采用葡萄糖试剂盒测定生成的葡萄糖量。

1.2.6.2 葡萄糖测定方法

按照葡萄糖试剂盒的说明进行操作。

1)试剂工作液配制:将葡萄糖试剂盒中提供的标准工作液500 μL R1和500 μL R2混合均匀。

2)实验条件如表3。

3)样品测定具体操作步骤及样品校准见表4。将工作液充分混匀后,在37 $^{\circ}\text{C}$ 水浴锅中反应15 min,显色后(颜色至少可稳定2 h)在波长505 nm处,以空白管调零,读取校准管和样本管的吸光度值(A)。

表3 葡萄糖测定条件

Tab.3 Test conditions for determination of glucose

类别	实验参数
温度/ $^{\circ}\text{C}$	37
波长/nm	505
反应时间/s	900
样品用量/ μL	10
工作液用量/ μL	1 000

表4 样品中葡萄糖含量测定

Tab.4 Calibration and quality control conditions for determination of glucose μL

名称	空白管	校准管	质控管	样本管
工作液	1 000	1 000	1 000	1 000
蒸馏水	10	-	-	-
校准品	-	10	-	-
样本	-	-	-	10

4)葡萄糖含量按照试剂盒提供的式(1)计算。

$$x = \frac{A_1 \times 5.55}{A_2}, \quad (1)$$

式(1)中, x 为葡萄糖浓度,mmol/L; A_1 为样品管吸光度; A_2 为校准管吸光度;5.55为校准管葡萄糖浓度,mmol/L。

5)温度和pH值单因素实验的样品中葡萄糖含量计算如式(2)。

$$Y_1 = X \times 12 \times 10^{-3}, \quad (2)$$

式(2)中, Y_1 为样品中葡萄糖含量,mmol; X 为反应后溶液中的葡萄糖浓度,mmol/L; 12×10^{-3} 为样品的总体积,L。

6)离子因素实验样品中葡萄糖含量计算如式(3)。

$$Y_2 = X \times 13 \times 10^{-3}, \quad (3)$$

式(3)中, Y_2 为样品中葡萄糖含量,mmol; X 为反应后溶液中的葡萄糖浓度,mmol/L; 13×10^{-3} 为样品的总体积,L。

1.2.7 实验设计

每个样品作2个平行,每个平行取样2个。实验中为减少葡萄糖浓度因液体体积不同而引起的变化,用缓冲溶液补足体积,使测试样品溶液体积相同。各测定管的反应体系如下:

样品组:10 mL淀粉+1 mL淀粉酶+1 mL山楂液;10 mL淀粉+1 mL淀粉酶+1 mL山楂液+1 mL $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 溶液;10 mL淀粉+1 mL淀粉酶+1 mL山楂液+1 mL Zn^{2+} 溶液。

对照组:10 mL淀粉+1 mL淀粉酶+1 mL缓冲液。

空白组:1 mL山楂液+11 mL缓冲液。

2 结果与分析

2.1 反应温度对山楂与淀粉酶相互作用的影响

不同反应温度对淀粉酶与南山楂、北山楂相互作用的影响结果分别见表5和表6。

表5显示,在反应温度依次递增(分别为25、37、45 $^{\circ}\text{C}$)的条件下,淀粉酶与南山楂的30 $^{\circ}\text{C}$ 水提液相互作用后,水解淀粉生成的葡萄糖量依次递减;而60 $^{\circ}\text{C}$ 提取的南山楂水溶液使淀粉酶水解淀粉生成的葡萄糖量呈现递增趋势。其中,在37 $^{\circ}\text{C}$ 的反应条件下,淀粉酶与南山楂的80 $^{\circ}\text{C}$ 提取水溶液相互作用后,水解淀粉生成的葡萄糖量最少。

由表6可见,在37 $^{\circ}\text{C}$ 反应条件下,淀粉酶与北山楂的60 $^{\circ}\text{C}$ 提取水溶液作用生成的葡萄糖量较其他2组多,且随着反应温度的升高生成的葡萄糖量依次递增。根据刘霞等^[17]的研究,60 $^{\circ}\text{C}$ 提取得到的北山楂溶液中有有机酸总含量最多。由此推测山楂提取液中的大量有机酸改变了环境的pH值,从而使淀粉酶的活性中心更活跃,从而提升了消化酶的活性。

表5 反应温度对淀粉酶与南山楂相互作用的影响

Tab. 5 Effect of reaction temperature on interaction between amylase and Nippon hawthorn

mmol

反应温度/℃	类别	30℃提取液	60℃提取液	80℃提取液
25	样品组	0.060 ± 0.003	0.078 ± 0.002	0.087 ± 0.002
	对照组	0.053 ± 0.001	0.075 ± 0.002	0.083 ± 0.001
	影响效果	+	+	+
37	样品组	0.059 ± 0.002	0.080 ± 0.001	0.080 ± 0.002
	对照组	0.058 ± 0.001	0.079 ± 0.001	0.076 ± 0.001
	影响效果	+	+	+
45	样品组	0.058 ± 0.002	0.090 ± 0.001	0.086 ± 0.001
	对照组	0.057 ± 0.001	0.088 ± 0.001	0.084 ± 0.001
	影响效果	+	+	+

1) 样品组反应体系为淀粉 + 淀粉酶 + 山楂; 对照组为淀粉 + 酶。2) “+”和“-”表示温度对淀粉酶与南山楂反应的影响呈促进或抑制作用。3) 表中数据为南山楂提取液 + 淀粉 + 淀粉酶的葡萄糖生成量 (mmol)。

表6 反应温度对淀粉酶与北山楂相互作用的影响

Tab. 6 Effect of reaction temperature on interaction between amylase and Chinese hawthorn

mmol

反应温度/℃	类别	30℃提取液	60℃提取液	80℃提取液
25	样品组	0.072 ± 0.001	0.123 ± 0.002 *	0.078 ± 0.002
	对照组	0.070 ± 0.001	0.116 ± 0.002	0.069 ± 0.001
	影响效果	+	+	+
37	样品组	0.083 ± 0.002	0.145 ± 0.002 *	0.096 ± 0.003
	对照组	0.074 ± 0.001	0.125 ± 0.002	0.084 ± 0.001
	影响效果	+	+	+
45	样品组	0.077 ± 0.001	0.156 ± 0.001 *	0.090 ± 0.002
	对照组	0.075 ± 0.001	0.132 ± 0.001	0.082 ± 0.002
	影响效果	+	+	+

1) 样品组反应体系为淀粉 + 淀粉酶 + 山楂; 对照组为淀粉 + 酶。2) “+”和“-”分别表示温度对淀粉酶与北山楂反应的影响呈现促进或抑制作用。3) *表示与同列对照组相比, 样品组数据具有显著性差异 ($P < 0.05$)。4) 表中数据为北山楂提取液 + 淀粉 + 淀粉酶的葡萄糖生成量 (mmol)。

由表5和表6总结得出, 只有60℃提取的北山楂能显著提高淀粉的水解率, 另外两个温度提取的北山楂溶液与对照组相比无显著差异, 且与南山楂对淀粉酶的作用相比亦无显著性差异。

2.2 pH值对淀粉酶与山楂反应的影响

在pH值分别为6.5和6.8的条件下, 淀粉酶加淀粉体系分别与南山楂、北山楂反应后生成的葡萄糖量见表7和表8。由表7和表8可知, 在反应温度为37℃条件下, 淀粉酶与各山楂提取液在pH值为6.5的反应条件下水解淀粉生成的葡萄糖量较pH值为6.8的条件下生成的葡萄糖量高, 而且当pH值为6.5时, 各山楂提取液对淀粉酶的活性均呈现出显著的提升作用。

结果侧面说明了山楂有机酸使肠道中的pH值降低后, 有助于食物的消化。

综上所述, 在37℃, pH值为6.5的反应条件下, 南、北山楂的所有水提液均表现为酶活促进作用, 且强于pH值为6.8条件下的酶促作用, 其中60℃的提取液酶促作用最强。由此可知, pH值对淀粉酶的活性影响很大。据报道, 强酸性或强碱性环境都会降低淀粉酶的活性^[18], 中性偏酸时淀粉酶活力较高^[19]。人口腔中淀粉酶的最适pH值为6.8, 而本实验中 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$ 缓冲体系的pH值为6.5, 与小肠液的pH值条件最为相近, 所以可推测山楂在小肠中可有效提高淀粉酶的活性。

另外, 经过比较表7和表8的数据发现, 南山楂的60℃提取液对淀粉酶的活性促进作用最强, 原因可能是60℃时得到的南山楂液中含有的黄酮类物质最多, 可以有效作用于淀粉酶的活性中心^[20]。

表7 pH值对淀粉酶与南山楂反应的影响

Tab. 7 Effect of pH on reaction of amylase with Nippon hawthorn

mmol

反应 pH 值	类别	30 °C 提取液	60 °C 提取液	80 °C 提取液
6.5	样品组	0.066 ± 0.002 *	0.165 ± 0.003 *	0.084 ± 0.001
	对照组	0.054 ± 0.001	0.154 ± 0.002	0.080 ± 0.001
	影响效果	+	+	+
6.8	样品组	0.054 ± 0.001	0.094 ± 0.002 *	0.073 ± 0.001
	对照组	0.052 ± 0.001	0.085 ± 0.002	0.072 ± 0.001
	影响效果	+	+	+

1) 样品组反应体系为淀粉 + 淀粉酶 + 山楂; 对照组为淀粉 + 酶。2) “+”和“-”表示 pH 值对淀粉酶与南山楂的反应分别呈现促进或抑制作用。3) * 表示与同列对照组相比, 样品组数据具有显著性差异 ($P < 0.05$)。4) 表中数据为南山楂提取液 + 淀粉 + 淀粉酶的葡萄糖生成量 (mmol)。

表8 pH值对淀粉酶与北山楂反应的影响

Tab. 8 Effect of pH on reaction of amylase with Chinese hawthorn

mmol

反应 pH 值	类别	30 °C 提取液	60 °C 提取液	80 °C 提取液
6.5	样品组	0.063 ± 0.003	0.055 ± 0.002	0.070 ± 0.002 *
	对照组	0.058 ± 0.001	0.046 ± 0.001	0.060 ± 0.002
	影响效果	+	+	+
6.8	样品组	0.049 ± 0.002	0.045 ± 0.001	0.067 ± 0.002 *
	对照组	0.040 ± 0.001	0.043 ± 0.001	0.057 ± 0.002
	影响效果	+	+	+

1) 样品组反应体系为淀粉 + 淀粉酶 + 山楂; 对照组为淀粉 + 酶。2) “+”和“-”表示 pH 值对淀粉酶与北山楂的反应分别呈现促进或抑制作用。3) * 表示与同列对照组相比, 样品组数据具有显著性差异 ($P < 0.05$)。4) 表中数据为北山楂提取液 + 淀粉 + 淀粉酶的葡萄糖生成量 (mmol)。

2.3 阴阳离子环境对人体内源淀粉酶与山楂反应的影响

不同的离子类型和浓度必定会对淀粉酶的活性产生不同的影响, 本研究通过预实验, 分别考察了浓度分别为 5、10、15、20、25、30 mmol/L 的 $C_2O_4^{2-}$ 和 Zn^{2+} 对淀粉酶活性的影响。为获得显著的实验效果, 最终选定 $C_2O_4^{2-}$ 的浓度为 10 mmol/L, Zn^{2+} 的浓度为 20 mmol/L 作为后续的实验因素。在 37 °C 和 pH 值为 6.5 的反应条件下, 分别在山楂 + 淀粉酶 + 淀粉的体系中加入上述离子, 然后测定体系中生成的葡萄糖量。以加入离子组为实验组, 未加入离子的为对照组, 实验结果分别用 + 和 - 表示促进作用和抑制作用。

2.3.1 $C_2O_4^{2-}$ 对人体内源淀粉酶与山楂反应的影响

在淀粉酶与南山楂的反应体系中, 加入 $C_2O_4^{2-}$ 后, 葡萄糖的生成量下降了, 见表 9。表明 $C_2O_4^{2-}$ 对人体内源淀粉酶与南山楂反应的影响为抑制作用。原因可能在于南山楂中促进酶活的物质被 $C_2O_4^{2-}$ 络合, 导致淀粉酶的活性降低。

在淀粉酶与北山楂的反应体系中, 加入 $C_2O_4^{2-}$ 后, 淀粉的水解程度反而增大了, 见表 10。表明 $C_2O_4^{2-}$ 对淀粉酶与北山楂反应的影响为促进作用。原因可能在于北山楂中含有较多的有机酸, 在有机酸的缓冲作用下, $C_2O_4^{2-}$ 与 H^+ 结合形成偏酸性环境, 提高了淀粉酶的活性。

表9 $C_2O_4^{2-}$ 对人体内源淀粉酶与南山楂反应的影响Tab. 9 Effect of $C_2O_4^{2-}$ on reaction of human endogenous amylase with Nippon hawthorn

mmol

类别	30 °C 提取液	60 °C 提取液	80 °C 提取液
淀粉 + 酶 + 山楂 + $C_2O_4^{2-}$	0.110 ± 0.002	0.113 ± 0.002	0.118 ± 0.001
淀粉 + 酶 + 山楂	0.119 ± 0.001	0.121 ± 0.001	0.119 ± 0.001
$C_2O_4^{2-}$	-	-	-

1) “+”和“-”表示 $C_2O_4^{2-}$ 对淀粉酶与南山楂的反应分别呈现促进和抑制作用。2) 表中数据为南山楂提取液 + 淀粉 + 淀粉酶的葡萄糖生成量 (mmol)。

2.3.2 Zn^{2+} 对人体内源淀粉酶与山楂反应的影响

在淀粉酶与山楂反应体系中,加入 20 mmol/L 的 Zn^{2+} 后,淀粉水解产生的葡萄糖量下降,见表 11 和表 12,表明淀粉酶的活性有所下降。此结果与聂

国兴等^[21]及张雨洁等^[22]的研究结果相同,即 Zn^{2+} 在一定浓度下对淀粉酶活性有抑制作用。因此,如果想获得良好的山楂消食化积的作用,饮食中应尽量避免山楂与富含 Zn^{2+} 的食物同时食用。

表 10 $C_2O_4^{2-}$ 对人体内源淀粉酶与北山楂反应的影响

Tab. 10 Effect of $C_2O_4^{2-}$ on reaction of human endogenous amylase with Chinese hawthorn mmol

类别	30 °C 提取液	60 °C 提取液	80 °C 提取液
淀 + 酶 + 山楂 + $C_2O_4^{2-}$	0.146 ± 0.002	0.123 ± 0.001	0.122 ± 0.001
淀 + 酶 + 山楂	0.131 ± 0.001	0.112 ± 0.001	0.120 ± 0.001
$C_2O_4^{2-}$	+	+	+

1)“+”和“-”表示 $C_2O_4^{2-}$ 对淀粉酶与北山楂的反应分别呈现促进和抑制作用。2)表中数据为北山楂提取液 + 淀粉 + 淀粉酶的葡萄糖生成量 (mmol)。

表 11 Zn^{2+} 对人体内源淀粉酶与南山楂反应的影响

Tab. 11 Effect of Zn^{2+} on reaction between human endogenous amylase and Nippon hawthorn mmol

类别	30 °C 提取液	60 °C 提取液	80 °C 提取液
淀 + 酶 + 山楂 + Zn^{2+}	0.064 ± 0.001	0.065 ± 0.001	0.071 ± 0.001
淀 + 酶 + 山楂	0.066 ± 0.001	0.070 ± 0.002	0.074 ± 0.001
Zn^{2+}	-	-	-

1)“+”和“-”表示 Zn^{2+} 对淀粉酶与南山楂的反应分别呈现促进和抑制作用。2)表中数据为南山楂提取液 + 淀粉 + 淀粉酶的葡萄糖生成量 (mmol)。

表 12 Zn^{2+} 对人体内源淀粉酶与北山楂反应的影响

Tab. 12 Effect of Zn^{2+} on reaction between human endogenous amylase and Chinese hawthorn mmol

类别	30 °C 提取液	60 °C 提取液	80 °C 提取液
淀 + 酶 + 山楂 + Zn^{2+}	0.083 ± 0.002	0.080 ± 0.001 *	0.083 ± 0.001
淀 + 酶 + 山楂	0.098 ± 0.002	0.101 ± 0.001	0.090 ± 0.001
Zn^{2+}	-	-	-

1)“+”和“-”表示加入 Zn^{2+} 淀粉酶与北山楂的反应分别呈现促进和抑制作用;2)*表示与同列对照组相比,样品组数据具有显著性差异 ($P < 0.05$)。3)表中数据为北山楂提取液 + 淀粉 + 淀粉酶的葡萄糖生成量 (mmol)。

3 结 论

南山楂与北山楂所含成分差异较大,其中最大的区别在于南山楂中总黄酮类含量较高,而北山楂中有机酸含量较高。在 37 °C, pH 值为 6.5 的条件下,南、北山楂提取液均可在一定程度上提高淀粉酶的活性,起到助消化作用。20 mmol/L 的 Zn^{2+} 对淀粉酶与山楂的反应呈现出显著的抑制作用。综上所述,北山楂提取液在一定条件下能提高淀粉酶的活性,达到健胃消食,起到助消化作用,但饮食中要避免富含 Zn^{2+} 的食物与山楂同食,以免引起消化不良。

参考文献:

- [1] 王嘉欢,高洁,李伟鑫,等. 南北山楂不同药用部位抗氧化、抗炎作用研究[J]. 武警后勤学院学报(医学版),2018,27(2):111-115.
WANG J H, GAO J, LI W X, et al. Study on the antioxidant and anti-inflammatory effects of different medicinal parts from *Crataegi cuneatae* and *Crataegi pinnatifidae* [J]. Journal of Logistics University of PAP (Medical Sciences), 2018,27(2):111-115.
- [2] 蒋福勇. 山楂资源的开发与利用简述[J]. 南方园艺, 2011,22(1):56-58.
JIANG F Y. A brief description of the exploitation and

- utilization of hawthorn resources [J]. Southern Horticulture, 2011, 22(1): 56-58.
- [3] 赵文婷, 刘溪, 朱竟赫, 等. 山楂总黄酮对心肌缺血大鼠尿液代谢谱的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(10): 1674-1680.
ZHAO W T, LIU X, ZHU J H, et al. Effect of hawthorn flavonoids on 1H NMR urine metabolism of myocardial ischemia rats [J]. Natural Product Research and Development, 2018, 30(10): 1674-1680.
- [4] 吕丹, 唐克慧, 王宇弛, 等. 同步提取山楂皮中总多酚、总黄酮和三萜类物质的工艺优化[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018, 39(5): 69-75.
LV D, TANG K H, WANG Y C, et al. Optimization of the synchronous extraction process of total polyphenols, total flavonoids and triterpenoids from hawthorn peels [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2018, 39(5): 69-75.
- [5] 钟丽霞, 江震宇, 汪嘉妮, 等. 山楂多糖提取工艺优化及其降血糖、降血脂活性研究[J]. 食品工业科技, 2019(3): 1-16.
ZHONG L X, JIANG Z Y, WANG J N, et al. Optimization of extraction technology and hypoglycemic and hypolipidemic activity of hawthorn polysaccharides [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019(3): 1-16.
- [6] 封易成, 牟德华. 体外模拟胃肠消化过程中山楂的活性成分及抗氧化性规律[J]. 食品科学, 2018, 39(7): 139-145.
FENG Y C, MOU D H. Changes in active components and antioxidant activity of hawthorn during simulated gastrointestinal digestion *in vitro* [J]. Journal of Food Science, 2018, 39(7): 139-145.
- [7] 熊科元, 万丹娜, 邵峰, 等. 星点设计-响应面法优化山楂有机酸的提取工艺[J]. 中国药房, 2017, 28(16): 2241-2243.
XIONG K Y, WAN D N, SHAO F, et al. Extraction technology optimization for organic acids in crataegi fructus by central composite design-response surface method [J]. China Pharmacy, 2017, 28(16): 2241-2243.
- [8] 崔亮, 华二伟, 薛洁. 山楂对消化系统影响的研究进展[J]. 新疆中医药, 2012, 30(1): 78-79.
CUI L, HUA E W, XUE J. Research progress on effects of hawthorn on digestive system [J]. Xinjiang Journal of Traditional Chinese Medicine, 2012, 30(1): 78-79.
- [9] 李彦欣, 范开, 刘钟杰, 等. 山楂、党参对鸭胰腺外分泌的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2004, 35(5): 580-586.
LI Y X, FAN K, LIU Z J, et al. Effects of *Fructus Crataegi*, *Radix Codonopsis picosulaeon* on pancreatic exocrine secretion in peking ducks [J]. Acta Veterinariae Zootechnica Sinica, 2004, 35(5): 580-586.
- [10] 刘锦希. 老北京的冰糖葫芦[J]. 金色少年, 2014(4): 30-33.
LIU J X. Ice-sugar gourd from old Beijing [J]. Golden Boy, 2014(4): 30-33.
- [11] 宁苓. 浅谈山楂发展现状及前景[J]. 新农业, 2018(11): 30-32.
NING L. Brief talk about the developing current situation and prospects of hawthorn [J]. Modern Agriculture, 2018(11): 30-32.
- [12] 张美英. 山楂提取物对肉仔鸡的饲喂效果研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
ZHANG M Y. The study of hawthorn extract in broilers [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2009.
- [13] ZOU S, LI J, MA C, et al. Hawthorn nectar enhances gastrointestinal motility as well as stimulates intestinal amylase and lipase activities in mice [J]. American Journal of Chinese Medicine, 2015, 6(3): 159.
- [14] DEGHANI S, MEHRI S, HOSSEINZADEH H. The effects of *Crataegus pinnatifida* (Chinese hawthorn) on metabolic syndrome: a review [J]. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 2019, 22(5): 460-468.
- [15] 吴建华, 孙净云. 山楂有机酸部位对胃肠运动的影响[J]. 陕西中医, 2009, 30(10): 1402-1403.
WU J H, SUN J Y. Effect of organic acid from hawthorn on gastrointestinal motility [J]. Shaanxi Journal of Traditional Chinese Medicine, 2009, 30(10): 1402-1403.
- [16] WEI Z Q, AI L, CHEN X, et al. Comparative studies on the regulatory effects of raw and charred hawthorn on functional dyspepsia and intestinal flora [J]. Tropical Journal of Pharmaceutical Research February, 2019, 18(2): 333-339.
- [17] 刘霞, 李伟, 王一凡, 等. 响应面法优化酶辅助提取山楂有机酸的工艺研究[J]. 食品工业, 2017, 38(6): 119-122.
LIU X, LI W, WANG Y F, et al. Optimization of enzyme-assisted extraction of total organic acid from *Crataegus pinnatifida* Bge. by response surface methodology [J]. The Food Industry, 2017, 38(6): 119-122.
- [18] 范淑秋. pH影响淀粉酶活性的探究[J]. 生物学通报, 2008, 43(10): 49-50.
FAN S Q. Study on the effect of pH on amylase activity [J]. Bulletin of Biology, 2008, 43(10): 49-50.
- [19] 杨姘, 邢秀苹, 黄权, 等. 温度和pH对黄金鲈消化酶活力的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学

- 版),2014,42(10):1-6.
- YANG H, XING X P, HUANG Q, et al. Effects of temperature and pH on activities of digestive enzymes in *Perca flavescens* [J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2014, 42 (10): 1-6.
- [20] 何心亮. 北山楂与南山楂化学成分的比较[J]. 中草药,1990,21(4):4-6.
- HE X L. Comparison on the chemical constituents between the fructus of Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) and Nippon hawthorn (*C. cuneata*) [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 1990,21(4):4-6.
- [21] 聂国兴,明红,胡建业,等. 无机离子对淀粉酶活性的影响[J]. 水利渔业,2004(4):26-29.
- NIE G X, MING H, HU J Y, et al. Effect of inorganic ions on amylase activity [J]. Reservoir Fisheries, 2004(4):26-29.
- [22] 张雨洁,倪小英,应雪萍. Zn^{2+} 和 Cd^{2+} 单独及联合作用对青蛤肝胰腺消化酶活性的影响[J]. 应用海洋学学报,2013,32(1):88-94.
- ZHANG Y J, NI X Y, YING X P. Combined and isolated effects of zinc ions (Zn^{2+}) and cadmium (Cd^{2+}) on digestive enzyme activities in hepatopancreas of *Cyclinasinensis*[J]. Journal of Applied Oceanography, 2013, 32(1):88-94.

Effect of Nippon Hawthorn and Chinese Hawthorn Extract on Human Endogenous Amylase Activity

QI Jing, YANG Juan, WANG Qizhen, CAI Bingmin, YU Di*, SUN Yiming*
(College of Pharmacy, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China)

Abstract: In this study, the activity of amylase was measured to discuss whether Nippon hawthorn (*Crataegus cuneata*) and Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) could promote digestion by improving the activity of amylase. After the preparation of hawthorn extracts at different temperatures (30, 60, 80 °C), the intestinal environment was simulated and the effects of hawthorn water extracts on amylase were investigated at different reaction temperatures (25, 37, 45 °C), different pH (6.5, 6.8), and ion conditions ($C_2O_4^{2-}$, Zn^{2+}). The results demonstrated that the activity of amylase could be increased by hawthorn extracts at each reaction temperature and pH. Among them, the extracts from Chinese hawthorn under 60 °C showed the strongest promoting effect on activity of amylase under the reaction conditions of 37 °C and pH 6.5. $C_2O_4^{2-}$ had the promoting effect on the reaction of amylase with the Chinese hawthorn, while Zn^{2+} showed the inhibitory effect of extracts from Nippon hawthorn and Chinese hawthorn on promotion of amylase activity.

Keywords: Nippon hawthorn and Chinese hawthorn; human endogenous amylase; digestive function; reactive temperature; pH; negative and positive ions

(责任编辑:檀彩莲)