

高压处理对橡实淀粉凝胶体质构特性的影响

钟秋平^{1,2}, 谢碧霞¹, 王 森¹, 李安平¹, 李清平², 邓文清², 邓小清²

(1. 中南林业科技大学资源与环境学院, 湖南 长沙 412006

2. 中国林业科学院亚热带林业实验中心, 江西 分宜 336600 3. 益阳市林业科学研究所, 湖南 益阳 413000)

摘 要: 用 TA-XT2i 质构仪测定经高压处理橡实淀粉凝胶体质构特性。结果表明, 高压处理对淀粉凝胶体口感有显著影响; 淀粉加工过程中, 通过控制高压处理的含水率、压力大小和保压时间, 得到所需特性的淀粉; 高压处理各因素对淀粉凝胶体质构特性的影响力顺序为: 淀粉类型>含水率>保压时间>压力大小。

关键词: 高压处理; 橡实淀粉凝胶体; 质构特性

Study on Textural Properties of Acorn Starch Gel Affected by High Pressure Treatment

ZHONG Qiu-ping^{1,2}, XIE Bi-xia¹, WANG Sen¹, LI An-ping¹, LI Qing-ping², DENG Wen-qing², DENG Xiao-qing²

(1. College of Resources and Environment, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 412006, China

2. Experimental Centre of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fenyi 336600, China

3. Yiyang Research Institute of Forestry, Yiyang 413000, China)

Abstract: In this study, the effects rules of the high pressure treatment's on textural properties of acorn starch gel were studied by TA-XT2i instrument. The results showed that the high pressure treatment has the best significant effect on sense of taste of the starch gel, and the effect order of different factors on textural properties: acorn starches>containing water content>keeping pressure time>pressure of high pressure treatment.

Key words high pressure treatment; acorn starches gel; textural properties

中图分类号: TS231

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)03-0066-05

橡实是泛指除大量栽培种植板栗以外的壳斗科 (*Fagaceae*) 植物果实的总称, 其资源丰富, 主要用作提取淀粉和鞣料资源^[1]。近几十年来, 橡实的食用价值引起植物学家的兴趣, 国外有植物学家曾预言, 橡实将成为未来的“粮食作物”和天然保健食品, 一些科研单位和生产管理部门对橡实种质资源分布、加工利用做了一些研究, 与其它淀粉比较, 橡实淀粉具有良好的理化功能特性, 是很好的工业淀粉资源, 但要作为食用淀粉推广应用, 尚存在一些问题, 如口感差, 糊化温度较高, 酶解率偏低等。食品的高压处理技术是将食品放入液体介质中, 在 100~1000MPa 的压力作用一段时间后, 使食品中的酶、蛋白质、淀粉等生物高分子物质分别失活、变性、糊化, 同时杀死微生物的生物过程^[2], 高压处理改变淀粉及其制品的质构、口感、糊化等特性^[3-5], 具有广泛的应用前景^[6-7]。本实验研究

高压处理对橡实淀粉凝胶体质构特性的影响规律, 为应用丰富橡实淀粉资源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

橡实淀粉制取自福建永安锥栗; 栓皮栎、小红栲、茅栗摘于湖南衡山。淀粉制作方法见参考文献[8]。

1.2 仪器与设备

HPP1L-500L/800MPa 型超高压机 包头科发新型高技术食品机械有限公司; TA-XT2i 质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司。

1.3 淀粉的高压处理

采用正交 $L_{16}(4^5)$ 试验设计, 为防止各因素的最大或最小都碰在一起, 各因素的水平排序采用随机抽签决定水平编号, 结果见表 1。再根据正交试验设计表头, 将

收稿日期: 2007-03-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(C020605)

作者简介: 钟秋平(1964-), 男, 博士研究生, 主要从事林业科学研究。E-mail: fyzqp92@163.com

表1 高压处理试验因素、水平的筛选结果

Table 1 Factors and levels of high pressure treatment test

水平	因素			
	淀粉品种	含水率(%)	压力大小(MPa)	保压时间(h)
1	小红栲	40	50	60
2	锥栗	70	350	5
3	茅栗	55	150	10
4	栓皮栎	10	500	30

各因素的每列中的数字换成相应的水平实际数值。

1.4 凝胶的制备和测定

将取样品用蒸馏水配成质量分数为10%的淀粉乳100ml,充分搅拌至淀粉分散,放入95℃水浴中搅拌加热,至淀粉糊化后用塑料薄膜封口,继续加热30min,取出置20℃的培育箱内24h后,用TA-XT2i质构分析仪测定淀粉凝胶质构(texture profile analysis,TPA),实验参数设定如下:距离格式压缩(strain);用5mm厚的平底探头;测前速度1.0mm/s;测量速度1.0mm/s;测后速度1.0mm/s,压缩距离20mm,两次压缩的间隔为1s。从图1质构曲线上可以得到8个参数值:弹性(springiness,第二次压缩时间占第一次压缩时间的百分数)、硬度(hardness,是第一次压缩所用的最大压力)、黏结性(cohesiveness,是第二次峰面积与第一次峰面积的比值)、黏附性(adhesiveness,是两峰间的负面积)、黏合性(gumminess,是硬度和黏结性的乘积值)、咀嚼性(chewiness,是黏合性和弹性的乘积值)、回复性

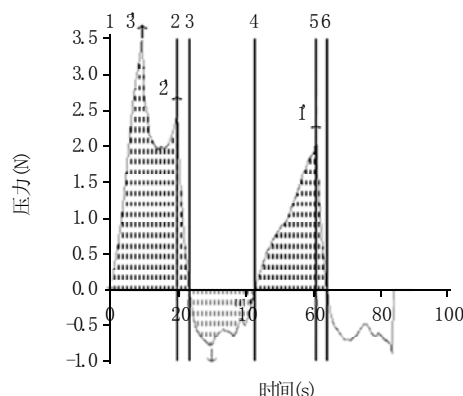


图1 淀粉质构曲线

Fig.1 Curve of texture profile analysis

(resilience,是2~3的面积与1~2的面积之比)、及脆性(fracturability,是凝胶结构破坏所需的最小压力)。每个样品重复测定3次。

1.5 数据统计分析

用国际通用软件SAS9.1.3的ANOVA进行数据分析,方差分析结果如表2。对一般显著以上的因子Fisher's LSD再进行深入分析,研究其影响规律,结果如图2~4。

2 结果与分析

2.1 高压处理对凝胶体质构特性的影响

表2 高压处理对淀粉凝胶体质构特性影响方差分析结果

Table 2 Analysis of variance of effects of high pressure treatment on textural properties of starch gel

测试指标	误差来源	自由度	方差和	均方差	F值	Pr > F
硬度	高压处理	12	977160.10	81430.01	11.63***	<0.0001
	淀粉类型	3	740138.7	246712.9	35.23***	<0.0001
	含水率	3	126943.40	42314.47	6.04***	0.002
	压力大小	3	22392.370	7464.124	1.07	0.376
	保压时间	3	87685.61	29228.54	4.17**	0.0126
	随机误差	35	245095.400	7002.726		
脆性	高压处理	12	1646702.0	137225.2	35.96***	<0.0001
	淀粉类型	3	1303507.0	434502.4	113.85***	<0.0001
	含水率	3	147983.30	49327.78	12.93***	<0.0001
	压力大小	3	58944.20	19648.07	5.15***	0.0047
	保压时间	3	136267.30	45422.44	11.9***	<0.0001
	随机误差	35	133573.400	3816.382		
黏附性	高压处理	12	2123765.0	176980.4	3.76***	0.0011
	淀粉类型	3	1478755.0	492918.4	10.48***	<0.0001
	含水率	3	116812.40	38937.48	0.83	0.4876
	压力大小	3	220426.70	73475.56	1.56	0.216
	保压时间	3	307770.9	102590.3	2.18	0.1077
	随机误差	35	1646511.00	47043.19		
弹性	高压处理	12	0.079267	0.006606	4.65***	0.0002
	淀粉类型	3	0.072289	0.024096	16.95***	<0.0001
	含水率	3	0.001175	0.000392	0.28	0.8426
	压力大小	3	0.003351	0.001117	0.79	0.51
	保压时间	3	0.002452	0.000817	0.57	0.6353
	随机误差	35	0.049751	0.001421		

(续表2)

测试指标	误差来源	自由度	方差和	均方差	F 值	Pr > F
黏结性	高压处理	12	0.441690	0.036807	15.76***	<0.0001
	淀粉类型	3	0.355263	0.118421	50.72***	<0.0001
	含水率	3	0.024470	0.008157	3.49**	0.0256
	压力大小	3	0.038076	0.012692	5.44***	0.0036
	保压时间	3	0.023881	0.007960	3.41**	0.028
	随机误	35	0.081726	0.002335		
黏合性	高压处理	12	119169.300	9930.778	11.29***	<0.0001
	淀粉类型	3	91554.23	30518.08	34.7***	<0.0001
	含水率	3	14971.680	4990.559	5.67***	0.0028
	压力大小	3	906.3007	302.1002	0.34	0.794
	保压时间	3	11737.130	3912.375	4.45***	0.0095
	随机误	35	30781.7700	879.4791		
咀嚼性	高压处理	12	117404.200	9783.681	13.28***	<0.0001
	淀粉类型	3	90161.78	30053.93	40.79***	<0.0001
	含水率	3	14401.820	4800.606	6.52***	0.0013
	压力大小	3	829.8976	276.6325	0.38	0.7712
	保压时间	3	12010.670	4003.557	5.43***	0.0036
	随机误	35	25785.5400	736.7298		
回复性	高压处理	12	0.013204	0.001100	2.66**	0.012
	淀粉类型	3	0.004760	0.001587	3.84**	0.0178
	含水率	3	0.001611	0.000537	1.3	0.2904
	压力大小	3	0.00309	0.00103	2.49*	0.0763
	保压时间	3	0.003743	0.001248	3.02**	0.0428
	随机误	35	0.014476	0.000414		

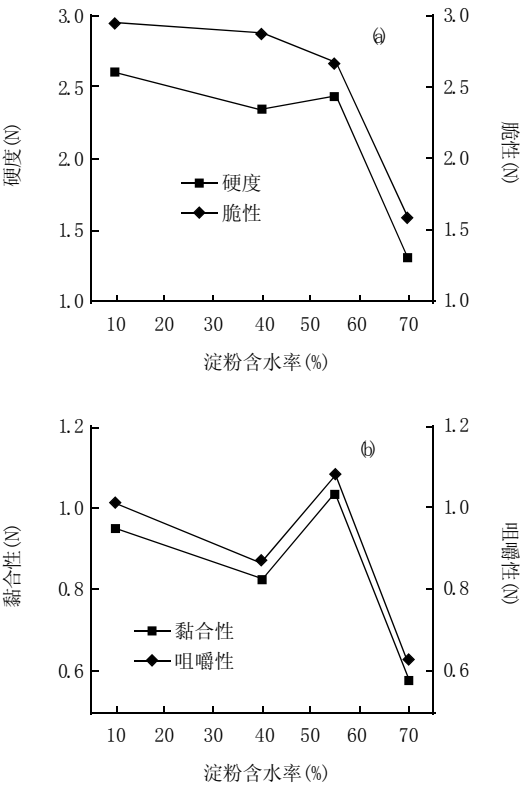
注：***99% 极显著水平；**95% 显著水平；*90% 一般性显著水平。

表 2 是高压处理对淀粉凝胶体质构特性各参数影响的方差分析结果。从表 2 中最后一列可以看出，高压处理对淀粉凝胶体的硬度、脆性、黏附性、弹性、黏结性、黏合性、咀嚼性影响的相伴概率值 Pr 都小于 0.01，回复性影响的相伴概率值 Pr 为 0.012，由此可见，高压处理对淀粉凝胶体的硬度、脆性、黏附性、弹性、黏结性、黏合性、咀嚼性影响达到极显著水平，对回复性影响达到显著水平，同理根据高压处理的各因子影响的相伴概率值 Pr，得出含水率对硬度、脆性、弹性、黏合性、咀嚼性有极显著影响，对黏结性、回复性有显著影响；压力大小对脆性、黏结性、咀嚼性有极显著影响，对回复性有一般显著影响；保压时间对脆性、黏合性有极显著影响，对硬度、黏结性、回复性有显著影响。

2.2 高压处理的含水率对橡实淀粉凝胶体质构特性影响的规律

图 2 反映了含水率对橡实淀粉凝胶体质构特性影响的趋势。从图 2(a)、图 2(b) 可以看出，淀粉凝胶体的硬度、脆性、黏合性、咀嚼性随含水率的增加而减小，从图 2(c) 可以备出，黏结性则相反，随含水率的增加而增加。高压处理对淀粉的影响主要有两方面的原因，一是高压使分子结构发生改变和分子长链断裂，二是高压过程将机械能转化成热能使淀粉糊化变性，淀粉糊化须

自由水参加，含水量越高，其糊化越趋于彻底，从而使橡实淀粉凝胶特性随高压处理的含水率变化而变化。



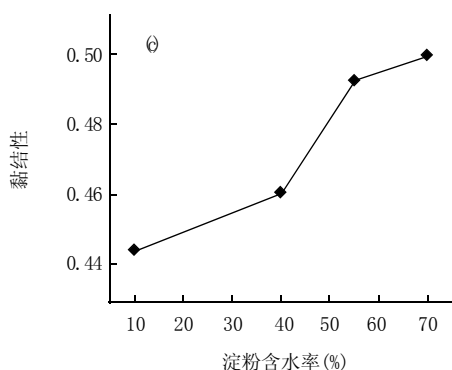


图2 含水量对质构特性的影响

Fig.2 Effects of water content of starches on textural properties of gel

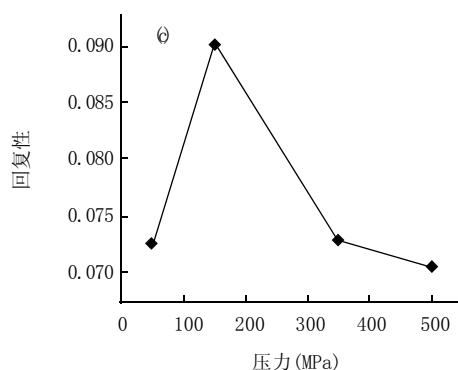


图3 压力对凝胶特性的影响

Fig.3 Effects of by pressure on textural properties

2.3 高压处理的压力大小对橡实淀粉凝胶体质构特性影响的规律

压力大小对橡实淀粉凝胶体质构特性影响的规律如图3。从图3(a)可以看出,淀粉凝胶体的黏结性大小随压力增加而增加;从图3(b)可以看出,压力大小对淀粉凝胶体脆性的影响曲线呈“V”字。在350MPa以下,淀粉凝胶体脆性大小随压力增加而降低,350MPa以上,粉凝胶体脆性大小随压力增加而升高;从图3(c)可以看出,压力大小对淀粉凝胶体回复性的影响曲线呈马鞍形。在150MPa以下,淀粉凝胶体回复性大小随压力增加而上升,在150MPa以上,淀粉凝胶体脆性大小随压力增加而降低。产生图形复杂的原因有两个,一是高压使淀粉分子结构发生改变和分子长链产生断裂,当

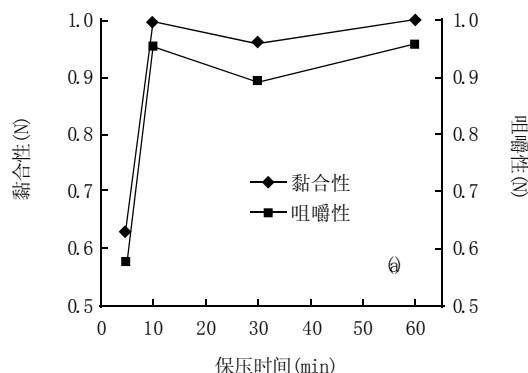
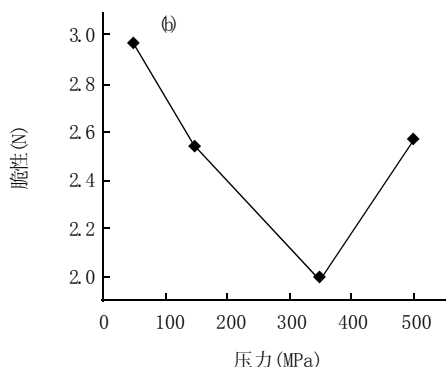
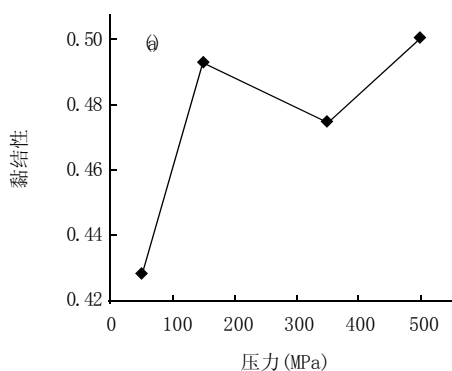
压力还不能使淀粉分子长链断裂时,压力增加,分子结构构象改变,分子结构变小变紧;当压力超过淀粉分子结构最大承受力时,淀粉分子的长链就会断裂;二是淀粉凝胶特性的指标多,不同的指标与分子结构的关系不一样。

2.4 高压处理的保压时间对橡实淀粉凝胶体质构特性影响的规律

保压时间对橡实淀粉凝胶体质构特性各指标的影响分为3类(图4),一类是如图4(a)和图4(b)所示,先随保压时间的增加而快速升高,达到一定时间后,其值基本不变,这些指标有黏合性、咀嚼性、脆性和硬度;二类是如图4(c)所示,保压时间对其(黏附性)影响曲线呈“V”字形,先随保压时间的增加而降低,达到最小值后,再随保压时间的增加而上升。三类是如图4(d)所示,先随保压时间的增加而保持不变,达到一定时间后,才开始慢慢下降,这些指标有黏结性和回复性。综合图3、4可知,图3(a)和图4(a、b)、图3(b)和图4(c)、图3(c)和图4(d)的规律极其相似,说明压力对淀粉特性的影响必须通过一定时间积累才能产生,在一定条件下压力不足时可以通过增加保压时间来补偿。

2.5 综合分析

用灰色关联度系统分析经高压处理的淀粉凝胶体的硬度、脆性、黏附性、弹性、黏结性、黏合性、咀



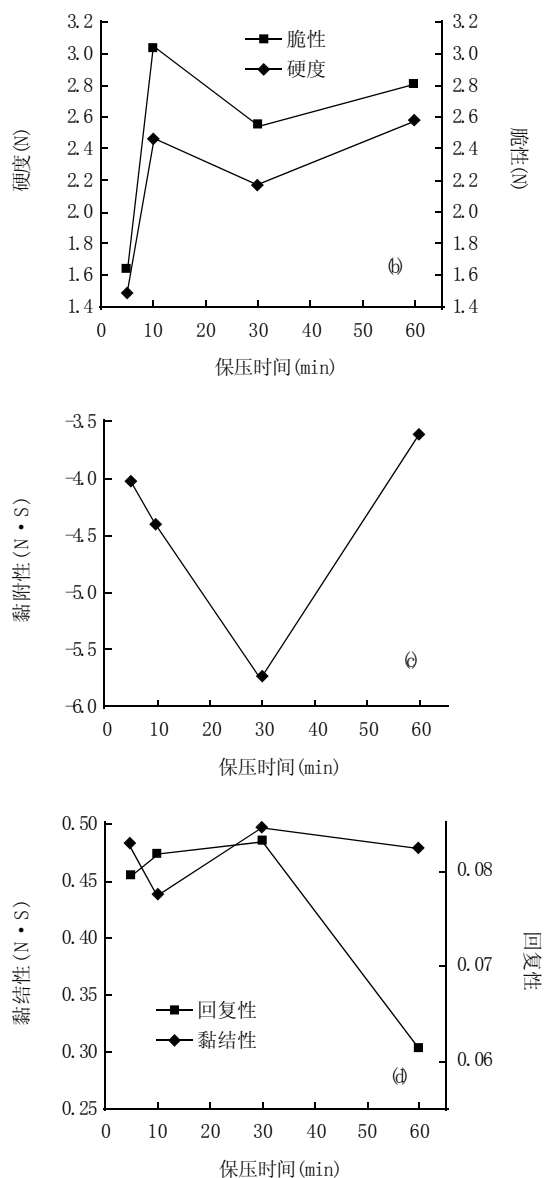


图4 保压时间对凝胶特性的影响

Fig.4 Effects of keeping pressure time on gel properties

嚼性、回复性等指标平均值得到高压处理各实验的关联度,将关联度经正交设计直观分析得高压处理各因素的极差值如表3。由表3可知,淀粉类型、含水率、压力大小和保压时间的极差值分别为0.199、0.091、0.033和0.042,即可得出高压处理各因素对淀粉凝胶体质构特性的影响力顺序为:淀粉类型>含水率>保压时间>压力大小。

3 结 论

3.1 由于淀粉凝胶的黏弹性、硬度等特性决定其“力

表3 高压处理正交试验结果

Table 3 Orthogonal test results of high pressure treatment

序号	淀粉类型	含水量(%)	大小(MPa)	时间(min)	关联度
1	小红栲	40	50	60	0.5935
2	小红栲	70	350	5	0.6585
3	小红栲	55	150	10	0.5732
4	小红栲	10	500	30	0.6786
5	锥栗	40	350	30	0.6198
6	锥栗	70	50	10	0.6234
7	锥栗	55	500	5	0.5896
8	锥栗	10	150	60	0.5887
9	茅栗	40	150	5	0.7243
10	茅栗	70	500	60	0.7045
11	茅栗	55	50	30	0.7363
12	茅栗	10	350	10	0.8710
13	栓皮栎	40	500	10	0.8770
14	栓皮栎	70	150	30	0.8300
15	栓皮栎	55	350	60	0.6918
16	栓皮栎	10	50	5	0.8180
X ₁	0.626	0.704	0.693	0.721	
X ₂	0.605	0.704	0.710	0.715	
X ₃	0.759	0.648	0.679	0.679	
X ₄	0.804	0.739	0.712	0.680	
极差	0.199	0.091	0.033	0.042	

学味觉”或“流变学味觉”等口感^[9],因此,高压处理对淀粉凝胶体口感有显著影响。

3.2 高压处理的各因子对淀粉的凝胶体质构特性也有一定程度影响,而且表现出多样性,可以得出在淀粉加工过程中,通过控制高压处理的含水率、压力大小和保压时间,得到所需特性的淀粉。

3.3 高压处理各因素对淀粉凝胶体质构特性的影响力顺序为淀粉类型>含水率>保压时间>压力大小。

参考文献:

- [1] 胡芳名, 李建安. 湖南省主要橡子资源综合利用的研究[J]. 中南林学院学报, 2000, 20(4): 41-45.
- [2] 张玉成, 王换玉. 高压食品加工技术[J]. 食品工业科技, 1995(5): 60.
- [3] 刘成梅, 万婕, 李资玲, 等. 瞬时高压处理后膳食纤维对面包品质的影响[J]. 食品工业科技, 2006(8): 54-55; 59.
- [4] 叶怀义, 杨素玲, 叶敬昊. 高压对淀粉糊化特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2005, 15(1): 10-13.
- [5] 叶怀义, 邵延文, 徐倩. 高压对玉米淀粉糊化特性的影响[J]. 食品科学, 1997, 18(10): 33-34.
- [6] 马力. 食品常温超高压处理的研究现状与发展前景[J]. 四川农业大学学报, 1996, 13(3): 381-386; 402.
- [7] 励建荣, 王泓. 超高压技术在食品工业中的应用及前景[J]. 现代食品科技, 2006(1): 177-179; 186.
- [8] 钟秋平, 谢碧霞, 李清平, 等. 橡实淀粉黏度特性的研究[J]. 中南林学院学报, 2005, 25(5): 60-62.
- [9] 杜先锋, 许时婴, 王璋. 淀粉凝胶力学性能的研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 16-19.