

超高压下食品组分与包装材料的相互影响

Interaction between food components and packaging materials with HPP

程欣^{1,2} 唐亚丽^{1,2,3} 王淑娟^{1,2} 方艳¹

CHENG Xin^{1,2} TANG Ya-li^{1,2,3} WANG Shu-juan^{1,2} FANG Yan¹

(1. 江南大学机械工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江苏 无锡 214122;

3. 江南大学中国包装总公司食品包装技术与安全重点实验室, 江苏 无锡 214122)

(1. Department of Packaging Engineering of Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced of Food Manufacturing Equipment and Technology, Wuxi,

Jiangsu 214122, China; 3. Key Laboratory of Food Packaging Techniques & Safety of China National Packaging Corporation of Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:研究超高压技术对薄膜的结构和性能产生的影响及超高压作用下薄膜与食品模拟物的相互作用。对以大豆蛋白、油脂等食品组分为内容物的尼龙/聚乙烯(PA/PE)、聚酯/聚乙烯(PET/PE)两种聚合物包装材料进行超高压处理,并贮藏一定周期,测定不同压强及保压时间下食品内容物与包装材料在不同贮藏周期内的相互影响。结果表明:贮藏周期一定,经过超高压处理的两种聚合物包装材料的性能要优于未经过处理的;在保压时间一定的情况下,增加压力会提升食品组分的货架期,压力越高,效果越明显;在压力一定的条件下,保压时间的变化并未对食品组分、包装材料产生规律性的影响。压力和贮藏周期的变化对食品组分和包装材料会产生一定的影响。

关键词:超高压处理;食品组分;包装材料;挥发性盐基氮;酸价

Abstract: To study the structure and property, the interaction between the material and the food simulant under High Pressure Processing (HPP). Two kinds of plastic films including PA/PE and PET/PE which have the contents of soy protein, fats and other food were processed under ultra-high pressure condition, stored a certain period and measured the interaction between the food contents and packaging materials under different pressure and dwell time. The results show that: the performance of high pressure treatment of two polymer packaging materials is better than the packaging materials which are not to be treated in a certain storage period; Holding time under certain circumstances, increasing the pressure is good to the shelf life of food contents, the higher the pressure, the more obvious the effect; Pressure under certain conditions, holding time does not

produced regularity impact on the food contents and packaging materials. Pressure and storage of period can produce influence on the food simulant and material.

Keywords: high pressure treatment; food contents; packaging materials; volatile basic nitrogen; acid value

随着消费者对食品质量和生活质量的重视,非热加工这种新兴的技术成为备受关注的热点之一。非热加工技术不仅能够保证食品安全卫生,而且食品从色、香、味、营养成分等方面得到了更大的提升^[1-3]。作为非热加工技术中最具潜力的保鲜技术之一,超高压处理技术(high pressure processing, HPP)不仅能使微生物失活,使酶钝化,延长食品货架期^[4],更好地保证食品良好的品质、风味和营养^[5-9]。超高压技术已经引起了越来越多的关注。目前,研究者们局限于 HPP 处理对聚合物包装材料的阻隔性能、机械性能等包装性能的影响,却忽略了不同的食品组分、贮藏环境等关键因素与不同 HPP 操作条件下的包装材料的相互影响规律。因此,研究在超高压处理后食品组分与包装材料的相互影响对评估食品的质量安全及货架期具有十分重要的意义。本研究拟选用 PA/PE 和 PET/PE 两种复合膜,通过测定不同包装内容物组分经过不同 HPP 处理下不同聚合物材料的包装性能,明确蛋白质、脂质等食品组分、时间等贮藏条件对超高压下聚合物包装材料的影响。测定一定的贮藏周期内,经过超高压处理后的不同的包装材料内食品模拟物的变化规律以及食品模拟物对包装材料的性能影响规律,对食品质量和货架期具有一定的指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

PA/PE 和 PET/PE 复合膜:食品级,江苏瑞盛塑料有限

基金项目:国家自然科学基金(编号:31101376)

作者简介:程欣(1990—),女,江南大学在读硕士研究生。

E-mail: chengxinlala@163.com

通讯作者:唐亚丽

收稿日期:2015-03-01

公司；

大豆蛋白粉:生物试剂,阿拉丁试剂上海有限公司；

橄榄油、三油酸甘油酯、氧化镁、硼酸、盐酸:化学纯,阿拉丁试剂上海有限公司。

1.2 仪器与设备

超高压处理装置:HPP600Mpa/5L 型,包头科发高压科技有限责任公司；

封口机:HST-H3 型,济南兰光机电技术有限公司；

测厚仪:CHY-C2 型,济南兰光机电技术有限公司；

智能拉力机:PC 型,济南兰光机电技术有限公司；

透湿性测试仪:TSY-T1 型,济南兰光机电技术有限公司；

公司；

凯式定氮仪:Kjeltec 2200 型,带 750 mL 蒸馏管,瑞典福斯特卡公司。

1.3 试验方法

1.3.1 试样处理 将 PA/PE 和 PET/PE 复合材料制成 8 cm×8 cm 的袋子,分别取大豆蛋白、橄榄油、三油酸甘油酯等食品模拟物 15 mL 进行灌装填充并封口。

1.3.2 试验方法 本试验选用 200,300,400,500 MPa 的压力处理试验样品。将封好的试样放入超高压装置的处理腔内,浸没于传压介质水中,在室温(23±2)℃下分别处理 5,10,15 min,升压时间在 30~90 s 内,泄压时间为 6 s。处理完成后将样品置于室温下贮藏,大豆蛋白试样贮藏 35 d,每 7 d 为一周期进行取样检测。因油脂发生氧化反应较慢故将橄榄油试样和三油酸甘油酯试样贮藏 40 d,每 10 d 为一周期进行取样检测。同时将未经超高压处理的同样装有食品组分的试样作为对照组,每个处理平行 3 次。

1.3.3 测定方法 将不同的超高压处理后的 PA/PE 和 PET/PE 试样进行力学性能测试。厚度测试按照 GB 6672—2001 进行测试;拉伸强度按照 GB 13022—1991 进行测试;水蒸气透过率按照 GB 1037—1988 在温度 38℃,相对湿度 85% 的环境下测定;蛋白质挥发性盐基氮按照 GB 5009.5—2010 用半微量定氮法测定;橄榄油和三油酸甘油酯酸价的测定方法按照 GB 5009.37—2003 中用氢氧化钾滴定法测定。

1.3.4 统计分析 采用 SPSS21.0 软件进行数据分析,试验结果采用表格形式或图的变化趋势来表示,当 P<0.05 时差异显著。

2 结果与讨论

2.1 超高压条件对大豆蛋白的影响

由图 1 可知,随着周期的不断递增,不同 HPP 操作条件下的 PA/PE 包装内大豆蛋白质挥发性盐基氮的量在不断增加。大部分超高压条件下挥发性盐基氮的量随着压力的增加而呈现递减的趋势,其中 400 MPa 和 500 MPa 压力条件下并没有依照此规律而变化,这可能由于不同超高压压力条件下聚合物包装材料受力方向和热运动情况不同而导致变

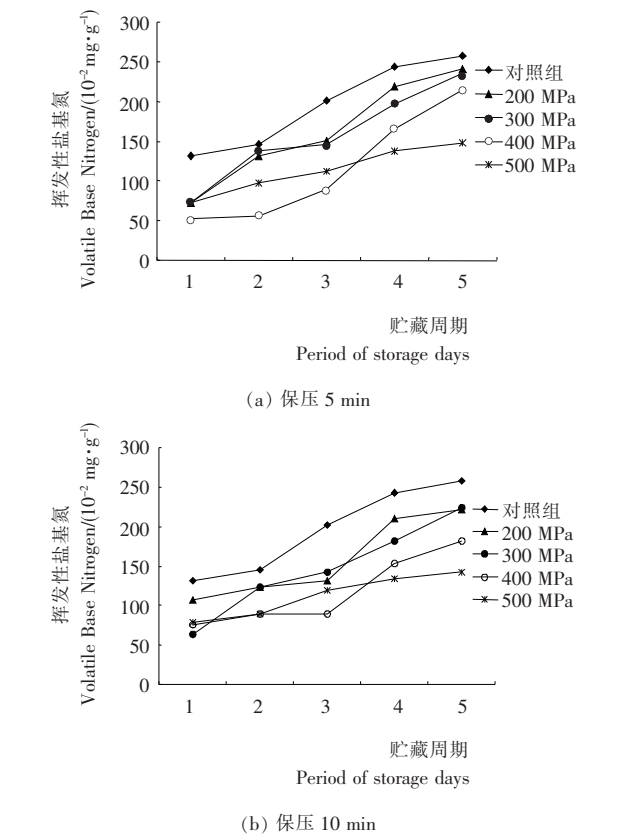


图 1 不同压力及保压时间下 PA/PE 内的挥发性盐基氮的量的变化

Figure 1 The change of total volatile basic nitrogen under different pressures and holding time in PA/PE

化不同,对内容物产生的影响也不同。在前 3 个周期内 400 MPa 压力下表现出较好的保价作用,而第 4、5 周期,500 MPa 压力下时,挥发性盐基氮的量相对于其他 HPP 处理条件下的量少且周期变化比较平稳,因而有利于大豆蛋白的贮藏。

由图 2 可知,在相同压力条件下,保压时间的变化对大豆蛋白的挥发性盐基氮的量的变化并未产生规律性的影响,即保压时间与大豆蛋白的保质期并未产生直接联系。而图 3 中 PET/PE 包装材料内的挥发性盐基氮的变化与 PA/PE 的变化差别并不十分显著,变化特征与 PA/PE 十分相似,但是在总体上 PET/PE 包装内的挥发性盐基氮的量要普遍高于 PA/PE,这与材料本身的性质有关。

2.2 不同超高压条件下油脂与包装材料的相互影响

2.2.1 不同超高压条件下橄榄油酸价的变化 由表 1 可知,随着贮藏周期的增加,橄榄油的酸价都是呈逐渐增长的趋势。但是两种聚合物包装材料内的橄榄油的酸价在前两个周期内并没有发生很大的波动。经过超高压处理后,酸价明显低于未经过超高压的酸价值。同条件下 PA/PE 内橄榄油的酸价测量值要小于 PET/PE,且两种材料都在 400 MPa 和 500 MPa 条件下酸价值最低,说明压力越大越有利于油脂的贮藏。同时还可以看出:压力一定的条件下,保

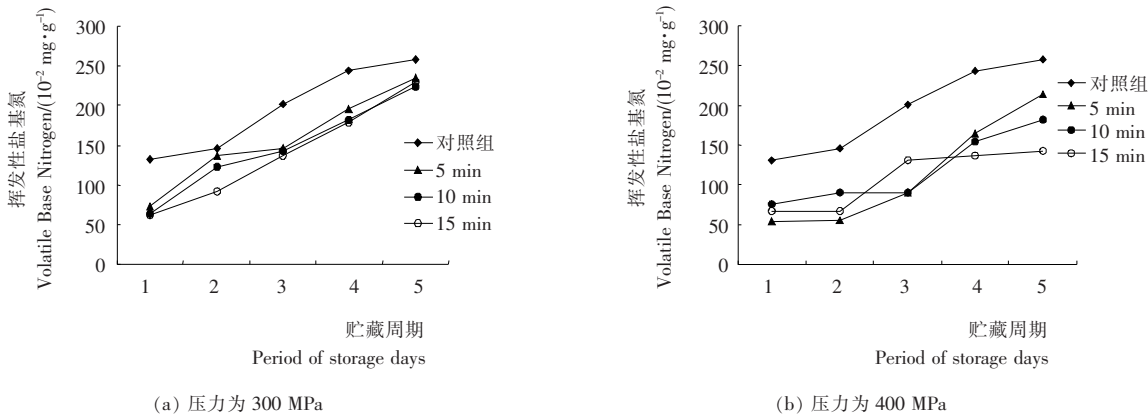


图 2 不同保压时间下 PA/PE 内的挥发性盐基氮的量的变化
Figure 2 The change of total volatile basic nitrogen under different holding time in PA/PE

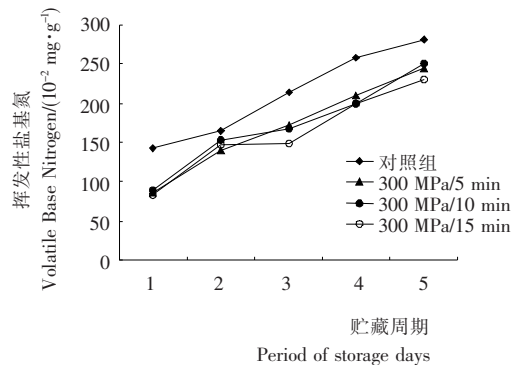


图 3 不同保压时间条件下 PET/PE 内的挥发性盐基氮的量的变化
Figure 3 The change of total volatile basic nitrogen under different holding time in PET/PE

压时间并未对酸价的变化产生规律性的影响。

2.2.2 不同超高压条件下橄榄油包装材料的性能变化 由表 2 可知,PET/PE 和 PA/PE 的拉伸强度在经过不同超高压处理后的变化是相对比较稳定的。随着周期的增加拉伸强度有所下降,但趋势并不明显。两种材料的拉伸强度在 500 MPa 的压强条件下达到了最大。伴随着压力的降低,拉伸强度也呈现比较规律的下降趋势,但是不同压力条件下差别并不是十分显著。相对于未经过超高压的对照组,经过超高压处理后的材料的拉伸强度都有明显的变化。超高压会改变聚合物包装材料的结晶度,结晶度越高,拉伸强度往往就越好。但是也取决于材料本身的性质,材料不同方向受力情况和热运动情况不同,取向度会随着材料本身的性能而会发生相应的改变。

食品包装材料的阻隔性是最重要最直接的性质。包装

表 1 不同超高压条件下的橄榄油酸价的变化[†]
Table 1 The change of Olive oil acid value with HPP

包装材料	超高压条件		不同贮藏周期的酸价/(mg · g ⁻¹)			
	压力/MPa	保压时间/min	1	2	3	4
PET/PE	0.1	0	1.40±1.5 ^b	1.46±1.3 ^b	1.61±2.1 ^b	1.69±3.3 ^a
	300	5	1.15±2.0 ^b	1.35±3.5 ^a	1.42±0.5 ^a	1.53±1.9 ^a
	400	5	1.27±0.3 ^a	1.29±2.5 ^a	1.31±2.2 ^a	1.45±3.3 ^a
	500	5	1.11±2.1 ^a	1.23±1.3 ^a	1.32±3.3 ^a	1.41±2.7 ^a
	300	10	1.26±1.3 ^b	1.38±1.8 ^a	1.44±3.7 ^a	1.52±3.6 ^a
	400	10	1.18±0.7 ^a	1.21±3.4 ^a	1.34±5.1 ^a	1.46±3.4 ^a
	500	10	1.09±3.2 ^a	1.22±2.9 ^a	1.31±2.1 ^a	1.43±5.2 ^a
PA/PE	0.1	0	1.29±2.0 ^b	1.35±3.2 ^b	1.44±1.9 ^b	1.53±1.8 ^a
	300	5	1.26±1.9 ^b	1.32±2.6 ^b	1.36±2.7 ^b	1.49±2.1 ^a
	400	5	1.09±0.5 ^a	1.18±4.1 ^a	1.26±4.8 ^a	1.48±3.5 ^a
	500	5	1.15±3.1 ^b	1.18±4.1 ^b	1.26±5.7 ^a	1.38±0.8 ^a
	300	10	1.24±0.7 ^a	1.28±1.1 ^a	1.38±4.9 ^a	1.52±1.7 ^a
	400	10	1.15±3.2 ^a	1.21±1.2 ^a	1.29±2.6 ^a	1.44±4.1 ^a
	500	10	1.18±2.7 ^b	1.23±1.3 ^b	1.24±4.0 ^b	1.38±2.4 ^a

[†] 同一行上标的字母为差异显著(P<0.05)。

表 2 不同超高压条件下两种材料的拉伸强度变化[†]

Table 2 The change of tensile strength of PET/PE and PA/PE with HPP

包装材料	超高压条件		不同贮藏周期的拉伸强度/MPa			
	压力/MPa	保压时间/min	1	2	3	4
PET/PE	0.1	0	26.1±5.5 ^a	24.0±2.0 ^a	23.3±2.2 ^a	21.7±4.3 ^a
	300	5	33.2±2.0 ^a	31.7±3.2 ^a	30.2±5.5 ^a	29.2±2.9 ^a
	400	5	34.6±2.3 ^a	35.0±2.9 ^a	32.9±4.7 ^a	30.2±5.3 ^b
	500	5	39.7±7.3 ^a	34.3±5.4 ^b	33.2±8.2 ^b	29.8±4.1 ^b
	300	10	32.6±1.4 ^a	31.7±6.8 ^a	29.8±4.1 ^a	29.0±2.6 ^a
	400	10	34.7±0.7 ^a	34.3±5.4 ^a	33.2±8.2 ^a	29.8±4.1 ^b
	500	10	39.1±5.8 ^a	38.2±2.7 ^a	36.5±6.1 ^b	34.4±6.9 ^b
PA/PE	0.1	0	23.1±2.5 ^a	21.9±3.0 ^a	20.7±1.9 ^a	19.6±4.8 ^a
	300	5	28.1±2.9 ^a	26.2±1.6 ^a	25.8±2.8 ^a	23.6±2.9 ^b
	400	5	31.9±1.5 ^a	27.7±4.3 ^a	25.0±4.0 ^b	23.8±6.5 ^b
	500	5	34.6±4.4 ^a	33.4±7.2 ^a	29.8±7.5 ^a	26.1±5.38 ^b
	300	10	29.4±3.7 ^a	25.3±2.9 ^b	24.0±5.9 ^b	22.1±4.7 ^b
	400	10	32.2±7.4 ^a	28.6±0.7 ^a	28.3±3.6 ^a	24.9±4.3 ^b
	500	10	35.5±10.1 ^a	32.3±2.9 ^a	28.7±5.0 ^b	25.5±3.6 ^b

† 同一行上标的字母为差异显著(P<0.05)。

内容物的货架期与水分含量息息相关,所以具有优良保存性能的包装应具有较好的阻隔性能。图 4 和图 5 分别为不同超高压条件下的 PET/PE 和 PA/PE 的透湿性能的变化。超高压压力增加会使材料受到压力,致使体积收缩减小。原因是超高压处理过程中,对材料施加一定的压力会导致其体积减小^[10],卸压后材料经过恢复过程后的状态有所不同致使材料性能发生变化。同时超高压对材料的结晶性能会产生一定的影响,因而材料的渗透性能也会改变。由图 4、5 可知,经过超高压处理后的聚合物包装材料的渗透系数相对未经过处理的对照组有显著的变化,说明超高压操作条件对材料产生一定的有利的影响。但是 300,400,500 MPa 下 PET/PE 和 PA/PE 的渗透系数有随压力增加而变小的趋势,但差异不显著,说明压力的变化和保压时间的改变对两

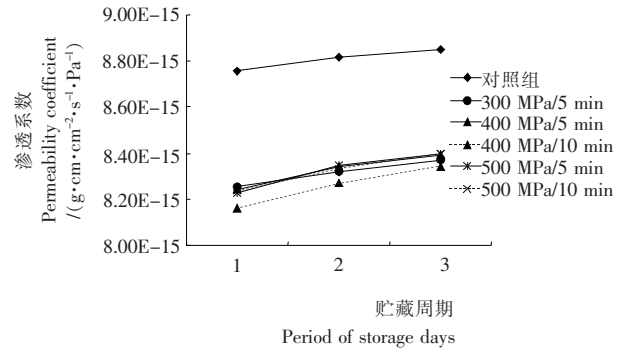


图 4 不同超高压条件下 PET/PE 的透湿性能变化

Figure 4 Water vapor transmission rates for PET/PE before and after HPP processing

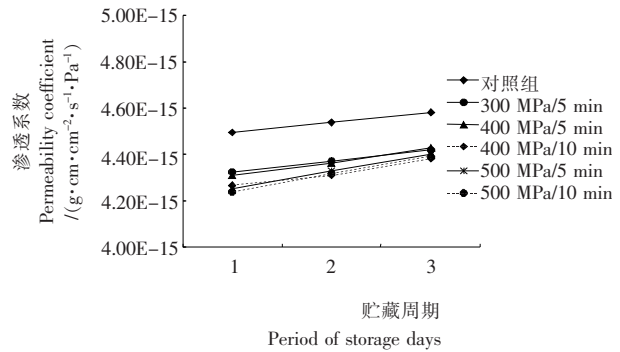


图 5 不同超高压条件下 PA/PE 的透湿性能变化

Figure 5 Water vapor transmission rates for PA/PE before and after HPP processing

种材料的透湿性能没有产生明显的影响。

2.2.3 不同超高压条件下三油酸甘油酯酸价的变化 由表 3 可知,经过超高压处理后的 PET/PE 内的三油酸甘油酯的酸价均低于未经过超高压处理的对照组,随着压力增加,变化比较明显,且在 400,500 MPa 压力条件下酸价大部分都处在或接近最低值并显著低于对照组。由显著性分析结果可知,在前 2 个周期内各处理组的酸价变化值不大,原因可能是三油酸甘油酯的氧化速度比较慢,在第 3 周期时开始发生氧化现象。当三油酸甘油酯氧化反应比较明显时,压力起到明显的作用,压力越大,酸价值越小,氧化反应越缓慢,在 400 MPa 和 500 MPa 压力条件下最为显著(P<0.05)。不同压力条件下 PA/PE 内三油酸甘油酯酸价的变化见表 5,同样在 400,500 MPa 压力条件下酸价大部分都处在或接近最

表 3 不同压力条件下三油酸甘油酯酸价的变化[†]

Table 3 The change of Glycerol trioleate acid value with HPP

包装材料	超高压条件		不同贮藏周期的酸价/(mg·g ⁻¹)			
	压力/MPa	保压时间/min	1	2	3	4
PET/PE	0.1	0	4.21±1.3 ^c	4.47±3.7 ^b	5.05±8.2 ^b	5.32±4.1 ^a
	200	5	3.82±0.4 ^c	4.29±5.7 ^c	4.91±2.1 ^b	5.18±3.0 ^a
	300	5	3.93±5.9 ^b	4.17±3.3 ^b	4.87±3.8 ^a	5.12±3.8 ^a
	400	5	3.51±2.6 ^c	3.87±4.1 ^b	4.66±1.3 ^b	5.00±1.4 ^a
	500	5	3.70±7.2 ^c	4.01±4.4 ^c	4.60±2.6 ^b	4.92±5.0 ^a
	200	10	3.70±2.1 ^c	4.43±1.9 ^c	4.97±2.2 ^b	5.20±1.9 ^a
	300	10	3.79±0.5 ^b	3.87±5.8 ^b	4.91±2.9 ^a	5.02±2.9 ^a
	400	10	3.59±1.9 ^c	4.01±1.0 ^b	4.83±4.1 ^a	5.00±3.1 ^a
	500	10	3.76±1.5 ^d	3.93±2.4 ^c	4.94±1.7 ^a	5.03±4.4 ^a
	200	15	3.56±6.2 ^b	4.15±3.1 ^b	4.60±4.7 ^b	4.99±2.2 ^a
	300	15	3.90±2.7 ^c	3.90±7.6 ^b	4.75±5.5 ^a	5.00±2.5 ^a
	400	15	3.59±1.9 ^d	3.98±0.4 ^c	4.69±3.5 ^a	4.89±6.2 ^a
	500	15	3.82±4.7 ^c	4.12±4.5 ^b	4.71±2.9 ^a	4.81±3.3 ^a
	0.1	0	3.84±2.1 ^b	4.63±2.1 ^b	5.16±4.8 ^b	5.58±5.2 ^a
	200	5	3.45±2.4 ^c	4.07±1.8 ^c	4.57±2.3 ^b	5.22±2.2 ^a
PA/PE	300	5	3.57±1.5 ^d	4.29±3.1 ^c	4.69±4.0 ^b	5.16±0.5 ^a
	400	5	3.37±2.4 ^c	4.11±4.2 ^b	4.40±1.5 ^b	5.19±1.1 ^a
	500	5	3.24±0.8 ^d	4.15±2.8 ^c	4.66±3.5 ^b	5.12±5.2 ^a
	200	10	3.51±3.3 ^c	4.15±1.5 ^c	4.92±1.3 ^b	5.29±1.7 ^a
	300	10	3.70±0.4 ^d	4.10±0.3 ^c	4.97±3.6 ^b	5.24±3.4 ^a
	400	10	3.62±1.1 ^d	4.03±1.9 ^c	4.74±4.0 ^b	5.16±1.5 ^a
	500	10	3.57±1.7 ^d	4.04±1.4 ^c	4.63±3.8 ^b	5.09±4.6 ^a
	200	15	3.73±2.5 ^c	4.40±3.5 ^b	4.81±2.6 ^b	5.31±5.2 ^a
	300	15	3.82±0.9 ^d	4.29±1.1 ^c	4.67±3.6 ^b	5.25±2.5 ^a
	400	15	3.70±2.1 ^d	4.17±0.7 ^c	4.43±2.4 ^b	5.19±2.4 ^a
	500	15	3.53±4.3 ^d	4.15±5.2 ^c	4.55±5.4 ^b	5.16±1.4 ^a

† 同一行上标的字母为差异显著(P<0.05)。

低值。由分析的结果显示前 3 个周期内经过相同保压条件下经过超高压处理的三油酸甘油酯的酸价的变化比较显著,压力越高这种趋势越为明显,这与橄榄油酸价的变化趋势不相一致,说明内容物不同,受到超高压力作用后的变化不同。在贮藏周期内,500 MPa/5 min 的试样的酸价值要低于对照组 15%,三油酸甘油酯的变质速度减慢,有利于食品的保质作用。不同压力下 PA/PE 内酸价的变化较 PET/PE 内酸价的变化相对显著,说明超高压操作条件下聚合物包装材料不同,与内容物相互作用产生的影响不同。但保压时间对三油酸甘油酯的酸价并未产生规律性的影响,即保压时间与油脂的保质期并未产生直接联系。

3 结论

通过对不同食品组分、贮藏条件等与不同 HPP 操作处理条件下两种复合包装薄膜性能的相互影响研究,可以得出

以下结论:

- (1) 在一定的贮藏周期内,经过超高压处理的含有食品组分如蛋白质、脂质的聚合物包装材料的性能要优于未经过超高压处理的。如经过超高压处理后两种材料的拉伸强度在试验最高压力 500 MPa 的条件下达到了最大值。
- (2) 包装材料的渗透系数有所下降,说明超高压操作条件对材料性能产生一定的有利的影响。
- (3) 提高超高压处理压力可以使内容物的变质速度减慢,相对于蛋白质和橄榄油的变化,三油酸甘油酯变化比较明显,在 400 MPa 和 500 MPa 效果最为显著。
- (4) 贮藏后,超高压处理组的试样的变质速度明显低于对照组,500 MPa/5 min 下 PA/PE 内三油酸甘油酯的酸价值降低了 15%,可以更好的保持内容物的品质。

(下转第 226 页)

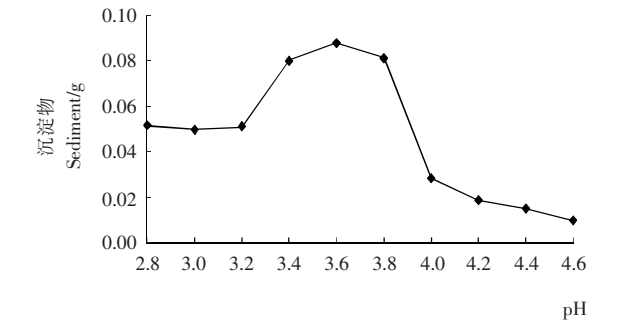


图 7 辣椒蛋白质溶解度与 pH 的关系

Figure 7 Effect of pH on solubility of pepper protein

3 结论

(1) 提取辣椒蛋白质, 超声辅助碱法比单一碱法提取效果好, 同等条件下, 大幅度提高了提取率。

(2) 用超声碱法提取蛋白质的最佳工艺条件是: 碱液浓度 0.3 mol/L, 料液比 1 : 25(*m* : *V*), 碱提温度 60 ℃, 超声提取时间 120 min。此条件下辣椒蛋白质的提取率达到 86.41%, 粗提取物中蛋白质质量分数为 60.09%, 并测得辣椒蛋白质的最佳等电点为 pH 3.6, 为辣椒渣蛋白质的提取及应用提供了理论依据。

参考文献

1 刘向前, 冯爱国, 李春艳. 辣椒营养成分开发利用研究进展[J]. 农业工程, 2013, 3(1): 48~51.

2 李军明. 辣椒的营养保健价值[J]. 中国食物与营养, 2010(2): 68~71.

3 赵国群, 张伟, 张桂. 辣椒粕发酵生产单细胞蛋白的菌种筛选研究[J]. 中国酿造, 2009, 28(7): 109~111.

4 杨清香, 葛亮, 潘锋, 等. 辣椒资源开发利用状况[J]. 农产品加工·学刊, 2010(10): 80~82.

(上接第 182 页)

进行食品加工选择超高压处理时, 应该全面地考虑不同的食品组分、贮藏环境等关键因素与不同 HPP 操作条件下的包装材料的相互影响规律才可以获得对 HPP 加工有现实指导意义的聚合物包装材料性能参数标准, 为评估产品的货架期提供可靠的依据。关于超高压处理后食品组分与包装材料的相互影响的研究还不够完善, 得到有效的标准来评估食品的质量安全及货架期的研究还需要进一步的试验。

参考文献

1 Matser A M. Advantages of high pressure sterilization on quality of food products[J]. Trends in Food Science and Technology, 2004, 15(4): 79~85.

2 Morris C, Brody A L, Wicker L, et al. Non-thermal food processing /preservation technologies: a review with packaging implications[J]. Packaging Technology and Science, 2007, 20(7): 275~286.

3 徐绍虎, 崔爽. 无菌包装食品冷杀菌技术研究进展[J]. 包装工程, 2010(31): 113~116.

5 牛瑞, 秦胜利. 蛋白质分离纯化技术研究进展[J]. 化工科技市场, 2010, 33(4): 16~18.

6 黄礼勇, 焦利卫, 魏占姣. 一种用辣椒渣提取抗氧化物质的方法, 中国: 102127448A[P]. 2011—07—21.

7 高彦祥, 辛晓艳, 袁芳. 一种从辣椒渣中提取黄酮类化合物和总酚的方法, 中国: 102492007A[P]. 2012—06—13.

8 王岸娜, 刘小彦, 吴立根, 等. 蛋白质的提取、纯化及性质研究概述[J]. 中国食品工业, 2008(6): 56~58.

9 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB 5009.5—2010 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

10 陆晨. 茶渣中蛋白质的提取、脱色及改性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.

11 黄国平. 玉米醇溶蛋白的超声波提取、改性与释药性能的研究[J]. 广州: 华南理工大学, 2004.

12 许英一, 江成英, 吴红艳. 超声波辅助碱法提取紫花苜蓿叶蛋白的工艺研究[J]. 食品工业, 2013, 34(8): 14~16.

13 潘晶, 张晖, 王立, 等. 棉籽蛋白两步法提取及其功能性质研究[J]. 中国油脂, 2010, 35(7): 19~23.

14 沈遂清, 黄光荣, 王向阳, 等. 茶渣中蛋白质的碱法提取工艺研究[J]. 中国食品学报, 2008, 7(6): 108~112.

15 Anshamillah, James A Hourigan, Colin F Chesterman. Application of carbohydrases in extracting protein from rice bran[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1997, 74(2): 141~146.

16 Shih F F, Daigle K. Use of enzymes for the separation of protein from rice flour[J]. Cereal Chemistry, 1997, 74(4): 437~441.

17 朱科学. 小麦胚蛋白质及其酶解产物的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2006.

18 杨国伟, 危晴, 刘卉, 等. 超声波辅助提取锁阳多糖的工艺研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 141~144.

19 张铁, 刘晓兰, 郑喜群. 利用碱提酸沉法从膨化玉米黄粉中提取谷蛋白[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 123~125.

2010(31): 113~116.

4 邱伟芬, 江汉湖. 食品超高压杀菌技术及其研究进展[J]. 食品科学, 2001(5): 81~83.

5 Perera N, Gamage T V, Wake ling L, et al. Color and texture of apples high pressure processed in pineapple juice[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(1): 39~46.

6 Oey I, Vander Plancken I, Van Loey A, et al. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems[J]. Trends in Food Science and Technology, 2008, 19(6): 300~308.

7 张波波, 王丹, 马越, 等. 超高压和 UHT 对草莓汁中多酚氧化酶活性的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 145~148.

8 段虎, 王祎娟, 马汉军. 超高压处理对肉和肉制品食用品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 151~154.

9 宋丹丹, 马永昆, 宋万杰, 等. 超高压对胡萝卜—草莓复合汁中酶和微生物的影响[J]. 食品与机械, 2007, 23(6): 39~41.

10 Lambert Y, Demnneau G, Largeteau A, et al. Packaging for high-pressure in the foodindustry [J]. Package Science and Technology, 2003(13): 63~71.