

干燥温度对大豆分离蛋白/羧甲基纤维素复合膜性能的影响

张超, 郭晓飞, 李武, 马越, 赵晓燕*

(北京市农林科学院蔬菜研究中心, 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

摘要: 研究干燥温度对大豆分离蛋白/羧甲基纤维素复合膜的影响。结果显示90℃干燥复合膜的厚度较其他复合膜显著降低($p < 0.05$), 密度显著提高($p < 0.05$), 其抗拉伸强度是30℃干燥复合膜的2.64倍($p < 0.05$)、水蒸气透过率仅为30℃干燥复合膜的78%($p < 0.05$)。干燥温度90℃显著提高复合膜的性能。

关键词: 干燥温度, 大豆分离蛋白, 复合膜, 拉伸强度, 透明度

Effect of drying temperature on properties of soybean protein-isolate/carboxymethylcellulose composite films

ZHANG Chao, GUO Xiao-fei, LI Wu, MA Yue, ZHAO Xiao-yan*

(Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China), Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: The effect of drying temperature on properties of soybean protein isolate/carboxymethyl cellulose composite films was evaluated. The drying temperature of 90℃ lowered the thickness of the composite films and enhanced their density significantly ($p < 0.05$). The tensile strength and water vapor permeability of the composite films dried at 90℃ was 2.64 time and 78% of those of the composite films dried at 30℃, respectively. The drying temperature of 90℃ improved the performance of the composite films effectively.

Key words: drying temperature; soybean protein isolate; composite film; tensile strength; transparency

中图分类号: TS201

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)10-0317-03

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.10.058

由于“白色污染”日益严重, 具有可降解特性的可食用膜逐渐成为研究热点^[1-4]。研究发现大豆分离蛋白(Soybean protein-isolate, SPI)复合膜在较低干燥温度下获得均一的内部结构^[5]; 然而在较高的干燥温度下, SPI复合膜内部均一性降低, 但原料分子之间交联作用加强^[6]。本研究考察干燥温度对SPI/羧甲基纤维素(carboxymethylcellulose, CMC)复合膜性能的影响, 以期为提高SPI/CMC复合膜的性能提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

GS5000型SPI 食品级, 山东谷神科技股份有限公司; CMC 食品级, 北京霞光食品添加剂有限公司; 硬脂酸 食品级, 上海延峰油脂化工有限公司; 甘油 纯度 $\geq 99\%$, 国药集团化学试剂北京有限公司。

Model CD-6 BS测厚仪 Mitutoyo Co., 日本; T-10 basic手持分散机 IKA公司, 德国; TA.XT plus物性分析仪 Stable Micro Systems™, Godalming, Surrey, 英国; PERMATRAN-W Model 1/50 G水蒸气透过率仪、Mocon OX-TRAN Model 2/61氧气透过测定仪 MOCON公司, 美国; CM3700d型色差分析仪 Konica Minolta有限公司, 日本; UV-1800型分光光度计 岛津公司, 日本; HR1861型食品粉碎机 Philips电器中国有限公司, 中国; DHG-9240A型电热恒温鼓风干燥箱 北京雅士林实验设备有限公司, 中国; RT 5 power型磁力搅拌器 IKA公司, 德国; KQ-500DE型超声波振荡仪 昆山市超声仪器有限公司, 中国。

1.2 复合材料的制备

将SPI和CMC分别溶于去离子水中, 室温下搅拌

收稿日期: 2014-08-04

作者简介: 张超(1978-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事农产品加工方面的研究。

* 通讯作者: 赵晓燕(1969-), 女, 博士, 研究员, 主要从事蔬菜深加工方面的研究。

基金项目: 北京市优秀人才(2010D00202000012); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项新学科培养(KJXC20140204)资助。

24h,将SPI与CMC溶液按1:1(固形物质量为2%,w/v)的比例进行混合,添加SPI和CMC质量25%(w/w)的甘油和6%(w/w)的硬脂酸,搅拌30min后再分散处理5min;混合液超声脱气20min后倾倒至平板,置于30℃的烘箱中干燥成膜36~40h,揭膜后将其置于25℃环境,湿度为55%±3%的饱和硝酸镁干燥器中贮藏48h以上。

1.3 厚度和密度的测定

依据GB/T 6672-2001^[8]测定复合膜的厚度,每张膜对称选取12个点测定,以平均值表示复合膜的厚度。密度为单位体积复合膜质量与体积之比,称取单位面积膜的质量,以质量除以面积与厚度的乘积,单位为g/cm³。

1.4 抗拉伸强度测定

采用美国实验材料学会的测定方法^[9]。将样品裁成25mm×80mm,初始夹具之间距离为45mm,拉伸触发力5g,拉伸速率1mm/s,测试重复五次以上,求抗拉伸强度平均值。计算参照公式(1)。

$$TS = \frac{F}{a \times b} \quad \text{式(1)}$$

式中,TS为抗拉伸强度,MPa;F为材料断裂所承受最大拉力,N;a为材料的厚度,mm,b为材料宽度,mm。

1.5 水蒸气透过率的测定

依据ASTM标准方法进行测试^[10]。样品测试面积为5cm²,高纯氮气吹扫材料的两侧,渗透侧和干燥侧的湿度分别为50%和15%。样品测定三次,求其平均值。计算参照公式(2)。

$$WVP = \frac{WVPR \times a}{\Delta P} \quad \text{式(2)}$$

其中,WVP为样品水蒸气通过率,g·m/m²·d;WVPR为水蒸气的传递速率g/m²·d·MPa;ΔP为材料两侧的压差,0.1MPa;a为材料厚度,m。

1.6 透光性测定

将每张膜裁成矩形放入分光光度计的比色皿中,以空气为参比;每张膜测定三次,求其平均值。膜的透光性参照公式(3)。

$$T = \frac{\log T_{600nm}}{a} \quad \text{式(3)}$$

其中,T为样品的透光性;T_{600nm}为材料在600nm下的透光率,a为材料的厚度,m。

1.7 颜色测定

使用测色仪中LAB颜色系统表征样品的颜色,所有样品重复测试三次以上,以平均值表示样品颜色^[2]。

1.8 统计分析

利用Origin 8.0对图像进行绘制;SAS 9.1.3(美国SAS公司)对数据进行统计分析,Duncan检验进行多重比较。

2 结果与讨论

2.1 SPI/CMC复合膜

表1显示干燥温度对复合膜基本参数的影响。当干燥温度为90℃时,SPI/CMC复合膜厚度显著低于其他温度下干燥获得复合膜的厚度($p < 0.05$),而复合

膜的密度显著高于其他温度下干燥获得复合膜的密度($p < 0.05$)。

表1 干燥温度对SPI/CMC复合膜基本参数的影响

Table 1 Effect of drying temperature on basic parameters of SPI/CMC composite films

干燥温度(℃)	厚度(μm)	密度(g/cm ³)
30	143.2±18.7 ^b	1.06±0.12 ^a
60	139.9±14.6 ^b	1.07±0.14 ^a
90	111.8±16.5 ^a	1.38±0.11 ^b
120	149.6±5.27 ^b	1.02±0.08 ^a

注:数值为(平均值±标准偏差);在同一列中,数值后不同字母代表数据间差异显著($p < 0.05$);表2同。

2.2 SPI/CMC复合膜拉伸强度

图1为干燥温度对SPI/CMC复合膜拉伸强度的影响。随着干燥温度提高,复合膜抗拉伸强度呈现先增加后降低的趋势,当干燥温度为90℃时,SPI/CMC复合膜的拉伸强度显著高于其他温度条件下的拉伸强度($p < 0.05$),达到30℃干燥复合膜抗拉伸强度的2.64倍。原因可能在于90℃促使SPI球状结构的伸展,使分子间结构更加紧凑和致密^[11-12]。

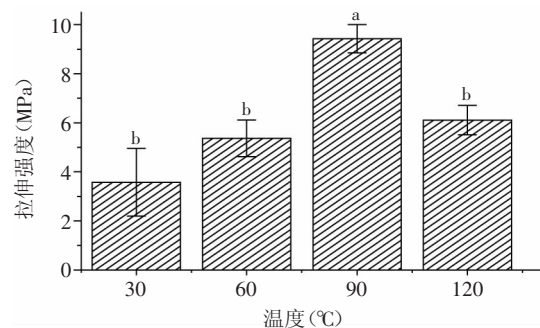


图1 干燥温度对SPI/CMC复合膜拉伸强度的影响

Fig.1 Effect of drying temperature on tensile strength of SPI/CMC composite films

注:不同小写字母表示差异显著, $p < 0.05$;图2同。

2.3 SPI/CMC复合膜水蒸气透过率

图2显示随着干燥温度升高,复合膜水蒸气透过率呈现先下降后上升的趋势。当干燥温度为90℃时,复合膜的水蒸气透过率显著低于其他温度条件

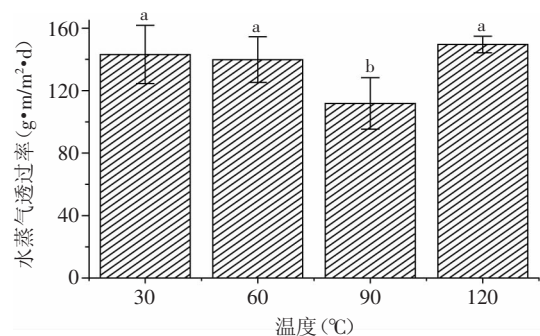


图2 干燥温度对SPI/CMC复合膜水蒸气透过率的影响

Fig.2 Effect of drying temperature on water vapor permeability of SPI/CMC composite films

表2 干燥温度对SPI/CMC复合膜光学性能的影响
Table 2 Effect of drying temperate on optics of SPI/CMC composite films

干燥温度(°C)	<i>L</i>	<i>a</i> *	<i>b</i> *	T
30	(50.0±0.98) ^a	(-0.79±0.17) ^a	(2.06±0.94) ^b	(7.01±0.36) ^d
60	(45.5±2.00) ^b	(-0.74±0.13) ^a	(2.62±0.92) ^b	(8.43±0.06) ^c
90	(43.9±0.49) ^b	(-0.75±0.09) ^a	(2.22±0.40) ^b	(13.36±0.65) ^a
120	(50.5±3.75) ^a	(-1.31±0.21) ^b	(5.75±1.84) ^a	(9.50±0.27) ^b

下复合膜的水蒸气透过率($p < 0.05$)。90°C干燥复合膜的水蒸气透过率显著低于其他复合膜($p < 0.05$),仅为30°C干燥复合膜水蒸气透过率的78%。

2.4 SPI/CMC复合膜光学性能

表2为干燥温度对SPI/CMC复合膜颜色和透光性的影响。90°C干燥的复合膜的透光性最强,显著高于其他温度干燥获得的复合膜($p < 0.05$)。复合膜在30°C和120°C干燥时的*L*值显著高于60°C和90°C干燥的复合膜($p < 0.05$);复合膜在120°C干燥下的*b**值显著高于其他复合膜($p < 0.05$),原因在于较高的温度引发美拉德反应或焦糖化反应,生成的产物引起复合膜颜色发黄^[7]。

3 结论

在90°C干燥的SPI/CMC复合膜的结构最为致密、拉伸强度最高、水蒸气透过率最低、透明度最高。90°C干燥的复合膜性能较30°C干燥的复合膜性能显著提高。因此,干燥温度90°C更加靠近膜内部结构均一和分子间交联作用加强之间的平衡点。

参考文献

- [1] Jiménez A, Fabra MJ, Talens P, et al. Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids[J]. Food Hydrocolloids, 2012, 26(1): 302-310.
- [2] Ghanbarzadeh B, Almasi H, Entezami AA. Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11(4): 697-702.
- [3] Zhang C, Ma Y, Guo K, et al. High-Pressure Homogenization Lowers Water Vapor Permeability of Soybean Protein Isolate - Beeswax Films[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,

2012, 60(9): 2219-2223.

- [4] Wolf KL, Sobral PJA, Telis VRN. Physicochemical characterization of collagen fibers and collagen powder for self-composite film production[J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(7): 1886-1894.
- [5] Zhang C, Ma Y, Ma D, et al. Development of soybean protein-isolate edible films incorporated beeswax, Span 20, and glycerol [J]. Journal of Food Science, 2009, 75: C493-C497.
- [6] Denavi G, Tapia-Blacido DR, Anon MC, et al. Effects of drying conditions on some physical properties of soy protein films[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(3): 341-349.
- [7] Su JF, Huang Z, Yuan XY, et al. Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 79(1): 145-153.
- [8] GB/T 6672-2001. 塑料薄膜与薄片厚度的测定-机械测量法[S], 2001.
- [9] ASTM D 882-01. Standard test methods for tensile properties for thin plastic sheeting[S]. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2001.
- [10] ASTM F 1249-05. Water vapor transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor[S]. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2005.
- [11] Jangchud A, Chinnan MS. Properties of peanut protein film: sorption isotherm and plasticizer effect[J]. LWT, 1999, 32(2): 89-94.
- [12] Lodha P, Netravali N. Thermal and mechanical properties of environment-friendly 'green' plastics from stearic acid modified-soy protein isolate[J]. Industrial Crops and Products, 2005, 21: 49-64.

(上接第316页)

- 酸-包合工艺参数对结晶物的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 125-131.
- [11] Maria DL, Vind J, Oxenbøll KM, et al. Phospholipases and their industrial applications[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2007, 74(2): 290-300.

- [12] GU Haibo, MA Xueyi, WU Jingbo, et al. Concentration of α -Linoleic Acid of Perilla Oil by Gradient Cooling Urea Inclusion [J]. Agricultural Sciences in China, 2009(6): 685-690.
- [13] 寇秀颖, 于国萍. 脂肪和脂肪酸甲酯化方法的研究[J]. 食品研究与开发, 2005, 25(2): 46-47.