

包装材料

大豆蛋白液喷涂不均匀性研究

黄绍祥¹, 杨传民¹, 常淑英^{2,3}, 何思念¹, 郭杰¹

(1.天津商业大学, 天津 300134; 2.河北工业大学, 天津 300131;

3.天津电子信息职业技术学院, 天津 300350)

摘要: **目的** 研究不同喷涂参数下大豆蛋白喷涂不均匀性, 以提升蔬菜复合纸的热封效果。**方法** 利用摄像机采集喷涂试样, 并运用 Matlab 编程对喷涂后的硫酸纸进行图像处理分析, 得出大豆蛋白涂层所占的面积比, 最后运用 Origin 分析不同喷涂参数对大豆蛋白涂层所占面积比的影响。**结果** 当液压或气压在 120~220 Pa 时, 大豆蛋白涂层所占的面积比随液压或气压的变化先增后减; 当流量在 35~60 mL/min 时, 大豆蛋白涂层所占的面积比随流量的变化先增加再持平, 最后减少; 在同一参数的不同横向测试点下, 大豆蛋白涂层所占的面积比在喷涂区域两端较小, 中间较大。**结论** 液压、气压及流量对大豆蛋白液喷涂不均匀性有很大影响, 且单个因素下液压 160 Pa、气压 180 Pa 或流量 50 mL/min 时, 喷涂效果更好。

关键词: 大豆蛋白; 不均匀性; 喷涂; 面积比; 图像处理

中图分类号: TB484.1; TS206.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)05-0101-04

Unevenness of Soybean Protein Liquid Spraying

HUANG Shao-xiang¹, YANG Chuan-min¹, CHANG Shu-ying^{2,3}, HE Si-nian¹, GUO Jie¹

(1.Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China; 2.Hebei University of Technology, Tianjin 300131, China;

3.Tianjin Electronic Information College, Tianjin 300350, China)

ABSTRACT: The work aims to research the unevenness of soybean protein spraying under different spraying parameters, so as to improve heat sealing effects of vegetable composite paper. The spraying samples were collected by the camera, and the images of vegetable parchment after spraying were processed and analyzed by Matlab programming. The area ratio of soybean protein coating was obtained. Finally, the influence of different spraying parameters on soybean protein coating area ratio was analyzed by Origin. When hydraulic pressure or air pressure was 120~220 Pa, the area ratio of soybean protein coating increased first and then decreased with the change of hydraulic pressure or air pressure. When the flow rate was 35~60 mL/min, the area ratio of soybean protein coating increased first and then leveled up, and finally decreased with the change of flow rate. At different transverse test points of the same parameter, the area ratio of soybean protein coating was relatively small at both ends of spraying area and relatively large in the middle of spraying area. Hydraulic pressure, air pressure and flow rate have a great impact on the soybean protein liquid spraying unevenness, and under a single factor, when the hydraulic pressure is 160 Pa, air pressure is 180 Pa or flow rate is 50 mL/min, the spraying effect is better.

KEY WORDS: soybean protein; unevenness; spraying; area ratio; image processing

随着科学技术的发展以及人们对环保问题的日益关注, 利用可食性包装材料代替塑料是食品包装工

业发展的必然趋势。作为一种无废弃物的资源型包装技术, 可食性包装完美地解决了包装材料和环境保护

收稿日期: 2016-09-26

基金项目: 天津市自然科学基金(15JCZDJC34100); 天津市高等职业技术教育研究会课题(XV307)

作者简介: 黄绍祥(1989—), 男, 天津商业大学硕士生, 主攻食品包装机械。

通讯作者: 杨传民(1959—), 男, 天津商业大学教授、博导, 主要研究方向为包装机械和包装材料。

之间的矛盾,使资源得到最大限度的利用^[1-2]。蔬菜基材料具有来源丰富、可再生、无污染等优点^[3]。蔬菜纸作为具有可食性、可循环及绿色环保的食品包装用纸,已成为食品、药品和包装等领域研究的热点^[4-5]。纯蔬菜纸不易热封合,且力学性能极差,因此解决这个问题的最佳方案是采用大豆蛋白液。大豆蛋白具有较好的成膜性和生物降解性,喷涂成膜过程直接决定着成膜质量^[6-8]。邵才等的研究^[9-10]将大豆蛋白液与蔬菜纸复合,实现了蔬菜纸复合纸的热封和,覆膜质量的好坏直接影响热封和效果。

文中研究大豆蛋白液在硫酸纸上的喷涂效果及其影响因素,采用扇形喷涂电子脉冲喷枪喷涂工艺,研究不同液压、气压以及流量对大豆蛋白喷涂不均匀性的影响,通过对采集后的图像进行计算分析,并利用 Origin 软件绘制不同参数对大豆蛋白涂层所占的面积比的影响,从而分析其对喷涂不均匀性的影响。

1 实验

1.1 材料与仪器设备

主要材料:大豆蛋白粉, CAS9010-10-0, 山东万福得有限公司;蒸馏水,优级纯,上海景纯水处理技术有限公司;聚羧酸盐、羧甲基纤维素钠,天津商业大学自制;甘油,食品级,河北丰佳生物科技有限公司;舒可曼食用红色素,广东福正东海食品有限公司。主要仪器设备:电子脉冲喷涂设备,斯普瑞喷雾系统上海有限公司;电动搅拌器,WH7401-60型,天津市威化实验仪器厂;电热恒温水浴锅,DK-98-IIA,天津泰斯特仪器有限公司;流延机,天津商业大学自制;摄像机,佳能中国有限公司。

1.2 试样的制备

将大豆蛋白、蒸馏水以及食用红色素加入四口圆底烧瓶中,并在 80 °C 恒温水浴加热搅拌 60 min 后,加入羧甲基纤维素钠(质量分数为 1%)、聚羧酸盐(质量分数为 1%)、甘油,再搅拌约 30 min,即制得大豆蛋白喷涂液^[11]。将硫酸纸贴在流延机钢带上,且正上方喷枪正对硫酸纸的中心,从而保证喷涂过程扫过的区域是相同的。将制备好的大豆蛋白母液加入储液罐中,调节流延机的带速恒定为 12 mm/s,恒温烘箱 80 °C,打开喷涂操作系统,运行流延机,进行喷涂。这个过程采用喷涂表面随即干燥的方法,实现大豆蛋白液与硫酸纸复合,防止喷液的滑流。

不同喷涂参数下的实验条件:电子脉冲喷涂设备的气压为 200 Pa,带速为 12 mm/s,流量为 50 mL/min,改变液压(120, 140, 160, 180, 200, 220 Pa); 液压为 160 Pa,带速为 12 mm/s,流量为 50 mL/min,改变气压(120, 140, 160, 180, 200, 220 Pa); 液压为

160 Pa, 气压为 180 Pa, 带速为 12 mm/s, 改变流量(35, 40, 45, 50, 55, 60 mL/min)。在以上条件下进行实验喷涂,采集图像后,计算涂层所占的面积比,从而对大豆蛋白液喷涂不均匀性进行评价。

1.3 图像采集与处理

取烘干后的硫酸纸,在喷枪走过每张硫酸纸相同位置的横向区域剪下 45 cm×4 cm 的样条,见图 1,并在样条上横向每隔 5 cm 处剪裁 5 cm×4 cm 的长方形纸片,利用摄像机进行图片采集,原始图像见图 2。

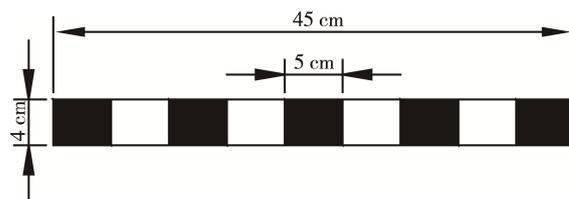


图 1 45 cm×4 cm 的样条

Fig.1 45 cm×4 cm spline

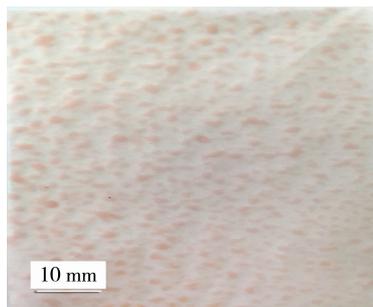


图 2 原始图像

Fig.2 Original image

从采集的图像中心区域截取相同尺寸的图像,图片尺寸为 1089×1634,见图 3。利用 Matlab 图像处理功能^[12-14]对截取的图像分析处理:涂层部分为红色(图 3 中深色部分),非涂层部分为白色(图 3 中浅色部分),统计图片中红色涂层部分像素点个数,然后除以整个图片的像素总数,即得到大豆蛋白涂层所占面积比,从而可以得出喷涂的不均匀性及各因素对喷涂效果的影响。

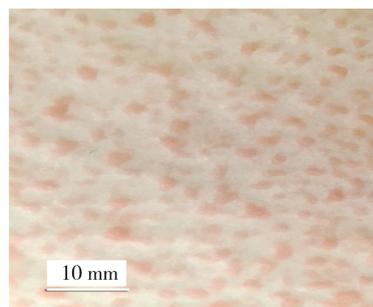


图 3 截取图像

Fig.3 Clipping image

2 结果与分析

2.1 液压

在喷涂气压为 200 Pa，流量为 50 mL/min，流延机带速为 12 mm/s 时，不同液压下大豆蛋白涂层所占的面积比见图 4a。相同液压下横向测试点的大豆蛋白涂层所占面积变化很大，说明喷枪扫过的区域喷涂不均匀。当液压小于 160 Pa 时，大豆蛋白涂层所占的面积比随液压的增大而增大，当液压大于 160 Pa 时，大豆蛋白涂层面积比随液压的增大而减小。不同液压状态下大豆蛋白涂层所占的面积比的平均值分别为 0.6402, 0.7011, 0.7832, 0.6049, 0.4985, 0.3257, 方差分别为 0.009 098, 0.011 15, 0.012, 0.010 46, 0.011 27, 0.013 11, 平均值变化很大，方差变化小，说明不同的液压条件对大豆蛋白喷涂不均匀性影响

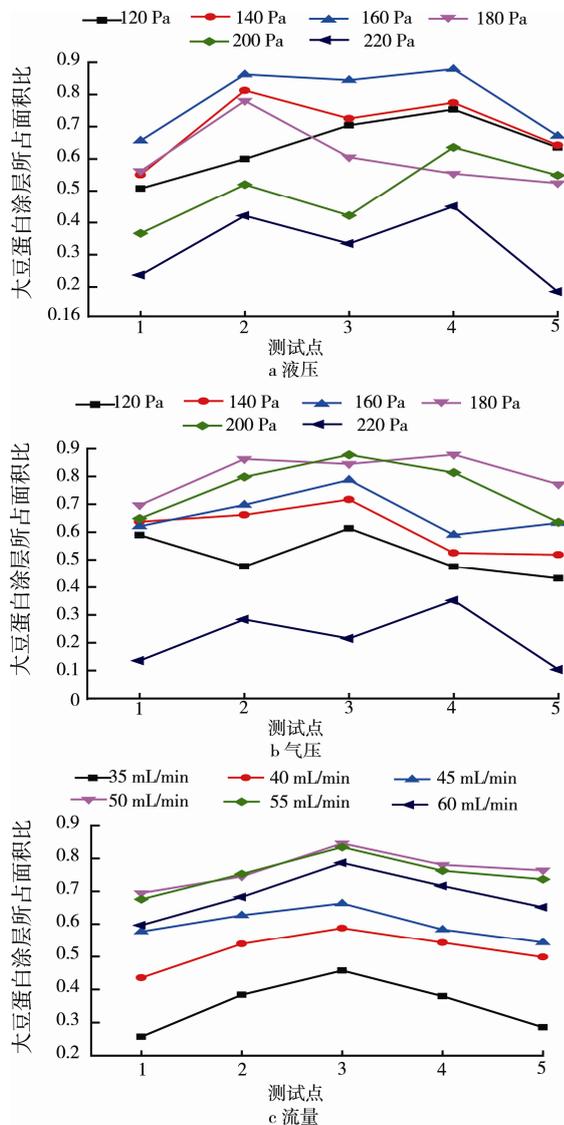


图 4 不同参数对喷涂不均匀性的影响

Fig.4 Effect of different parameters on the spray uniformity

比较小，中间大豆蛋白涂层所占的面积比较大，产生很大，且在喷涂区域两端，大豆蛋白涂层所占的面积这种现象的原因是喷嘴雾化不均匀以及液滴到达纸面的时间不同。为了达到更好的热封效果，液压在 160 Pa 左右时的喷涂效果最佳。

2.2 气压

在喷涂液压为 160 Pa，流量为 50 mL/min，流延机带速为 12 mm/s 时，不同气压下大豆蛋白涂层所占的面积比见图 4b。相同气压下横向测试点的大豆蛋白涂层所占面积变化很大，说明喷枪扫过的区域喷涂不均匀。当气压小于 180 Pa 时，大豆蛋白涂层所占的面积比随气压的增大而增大，当气压大于 180 Pa 时，大豆蛋白涂层所占的面积比随气压的增大而减少。不同气压状态下，大豆蛋白涂层所占的面积比的平均值分别为 0.5167, 0.6118, 0.6658, 0.8112, 0.7549, 0.2775, 方差分别为 0.006 331, 0.007 635, 0.006 165, 0.005 793, 0.0115, 0.0278, 平均值变化很大，方差变化小，说明不同气压对大豆蛋白喷涂不均匀性影响很大，且在喷涂区域两端大豆蛋白涂层所占的面积比较小，中间大豆蛋白涂层所占的面积比较大，产生这种现象的原因是喷涂雾化不均匀以及液滴到达纸面的时间不同。为了达到更好的热封效果，气压在 180 Pa 左右喷涂效果最佳。

2.3 流量

喷涂液压为 160 Pa，气压为 180 Pa，流延机带速为 12 mm/s 时，不同流量下大豆蛋白涂层所占的面积比见图 4c。相同流量下的横向测试点的大豆蛋白涂层所占面积变化很大，说明喷枪扫过的区域喷涂不均匀。当流量小于 50 mL/min 时，大豆蛋白涂层所占的面积比随流量的增大而增大，当流量为 50 ~ 55 mL/min 时，大豆蛋白涂层所占的面积比趋于不变，当流量为 55 ~ 60 mL/min 时，大豆蛋白涂层所占的面积比随流量的增大而减小。侯红^[15]等实验证明，当流量小于 55 mL/min 时，喷涂雾化角增大；当流量大于 55 mL/min 时，喷涂雾化角减小。在不同流量条件下，大豆蛋白涂层所占的面积比的平均值分别为 0.3527, 0.5205, 0.5987, 0.7661, 0.7525, 0.6868, 方差分别为 0.006 573, 0.003 233, 0.002 191, 0.003 031, 0.003 25, 0.005 07, 平均值变化很大，方差变化小，说明不同流量对大豆蛋白喷涂不均匀性影响很大，且在喷涂区域两端的大豆蛋白涂层所占的面积比较小，中间大豆蛋白涂层所占的面积比较大，产生这种现象的原因是喷涂雾化不均匀以及液滴到达纸面的时间不同。为了达到更好的热封效果，流量在 50 mL/min 左右时喷涂效果最佳。

3 结语

利用 Matlab 软件对采集图像的处理,以及 Origin 软件对提取数据的绘制,得出各项参数对大豆蛋白喷涂不均匀性的影响。结论表明,当液压或气压在 120 ~ 220 Pa 时,大豆蛋白涂层所占的面积比随液压或气压的变化均先增后减,而流量在 35 ~ 60 mL/min 时,大豆蛋白涂层所占的面积比的变化趋势则是随流量的变化先增加再持平,最后减少;在同一参数的不同横向测试点位下,大豆蛋白涂层所占的面积比均是不同的,且在喷涂区域两端的大豆蛋白涂层所占的面积比较小,中间大豆蛋白涂层所占的面积比较大。基于以上结论得出,液压、气压及流量对大豆蛋白喷涂不均匀性有很大影响,且单个因素下,液压 160 Pa、气压 180 Pa 或流量 50 mL/min 时,喷涂效果更好。

参考文献:

- [1] 赵仲丽,莫尊理. 21 世纪的绿色食品包装材料——可食性包装材料[J]. 化学教育, 2009(6): 3—5.
ZHAO Zhong-li, MO Zun-li. The 21st Century Green Food Packaging Materials: Edible Packaging Materials[J]. Chemical Education, 2009(6): 3—5.
- [2] 赵京敏. 蔬菜纸加工工艺研究[D]. 济南: 山东轻工业学院, 2012.
ZHAO Jing-min. Study on the Processing Technology of Vegetable Paper[D]. Jinan: Shandong Institute of Light Industry, 2012.
- [3] MARTINSIM G. New Biocomposites Based on Thermoplastic and Bacterial Cellulose[J]. Composites Science and Technology, 2009(6): 2163—2168.
- [4] YIN S W, TANG C H, CAO J S, et al. Effects of Limited Enzymatic Hydrolysis with Trypsin on the Functional Properties of Hemp Protein Isolate[J]. Food Chemistry, 2008, 106(3): 1004—1013.
- [5] RODRIGUEZ A, BATLLE R, NERN C. The Use of Natural Essential Oils as Antimicrobial Solutions in Paper Packaging. Part II[J]. Progress in Organic Coatings, 2007, 60(1): 33—38.
- [6] 贾云芝, 陈志周. 可食性大豆分离蛋白膜研究进展[J]. 包装学报, 2011(3): 70—74.
JIA Yun-zhi, CHEN Zhi-zhou. Research Progress of Edible Soybean Protein Isolate[J]. Journal of Packaging, 2011(3): 70—74.
- [7] RHIM J W, MOHANTY K A, SINGH S P, et al. Preparation and Properties of Biodegradable Multilayer Films Based on Soy Protein Isolate and Poly(lactide)[J]. American Chemical Society, 2006, 45(6): 3059—3066.
- [8] TKACZYK A H, OTAIGBE J U, HO K L G. Bioabsorbable Soy Protein Plastic Composites: Effect of Polyphosphate Fillers on Biodegradability[J]. Journal of Polymers and the Environment, 2001, 9(1): 19—23.
- [9] 邵才, 杨传民, 王心宇. 大豆蛋白-芹菜复合纸力学性能及热封性能研究[J]. 包装工程, 2011, 32(5): 1—3.
SHAO Cai, YANG Chuan-min, WANG Xin-yu. Research on Mechanical Properties and Heat Seal Performance of Soybean Protein-celery Composite Paper[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(5): 1—3.
- [10] SHAO C, YANG C, WANG X, et al. Characterization of Soy Protein-celery Composite Paper Sheet: Rheological Behavior, Mechanical, and Heat-sealing Properties[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2012(5): 255—261.
- [11] 邵才. 芹菜基可食性包装纸性能及其食品品质评价的研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2012.
SHAO Cai. Edible Wrapper Based on Celery and Evaluation of Food Quality[D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2012.
- [12] 邓巍, 丁为民, 张浩. Matlab 在图像处理和分析中的应用[J]. 农机化研究, 2006(6): 194—198.
DENG Wei, DING Wei-min, ZHANG Hao. Application of Matlab in Image Processing and Analysis[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(6): 194—198.
- [13] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital Image Processing, Third Edition[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011.
- [14] 梁原. 基于 Matlab 的数字图像处理系统研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2008.
LIANG Yuan. The Research of Digital Image Processing system Based on Matlab[D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2008.
- [15] 侯红, 杨传民, 田少龙, 等. 蔬菜复合纸的大豆蛋白喷涂液雾化角度研究[J]. 包装工程, 2014, 35(3): 33—38.
HOU Hong, YANG Chuan-min, TIAN Shao-long, et al. Spray Angle of Soy Protein Spray Coating Dispersions for Vegetable Composite Paper[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(3): 33—38.