

文章编号:1673-1689(2005)06-0049-04

真空油炸胡萝卜脆片基本特性的研究

范柳萍, 张 慙, 肖功年, 陶 谦

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘 要: 真空油炸技术可用于生产高品质的果蔬脆片. 主要研究了油炸温度和真空度对胡萝卜片水分质量分数、脂肪质量分数、色泽及质构的影响. 试验表明: 随着油炸温度和真空度的升高, 其干燥和脂肪吸收速度相应提高, 且两者呈一定的相关性. 统计分析可知: 油炸温度和真空度并不显著性影响脆片的白度(L)、红度(a)、黄度(b)值($P>0.05$); 对于脆片的破碎力而言, 真空度具有显著性影响($P<0.05$), 而油炸温度不具有显著性影响($P>0.05$).

关键词: 真空油炸; 胡萝卜; 破碎力; 色泽

中图分类号: S 631.2

文献标识码: A

Study on the Quality of Vacuum-Fried Carrot Chips

FAN Liu-ping, ZHANG Min, XIAO Gong-nian, TAO Qian

(School of Food Science and Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: Vacuum frying is a common used method to produce high quality vegetable or fruit chips. The effect of frying temperature and vacuum degree on moisture content, oil content, color and texture of fried carrot chips were investigated in this study. During the vacuum frying, the rate of moisture removal and oil absorption increased with the increases of frying oil temperature and vacuum degree. Statistical analysis of the color data showed that there were no significant differences ($P>0.05$) in lightness (L), redness (a) and yellowness (b) of carrot chips as a function of vacuum degree and temperature. The breaking force of carrot chips decreased with the increases of frying temperature and vacuum degree. The statistical analysis also showed that there were no significant differences ($P>0.05$) in the breaking force as a function of temperature, but the breaking force was significantly ($P<0.05$) affected by the vacuum degree.

Key words: vacuum frying; carrot; breaking force; color

脱水干燥是众多农产品产后加工处理的一项重要技术, 它对于延长农产品的货架寿命、减少腐烂损失, 以及提高农产品的附加值均具有重要的意义. 传统的热风干燥是农产品加工中最常使用的技术, 但是热风干燥需要的时间较长, 产品易皱缩、变色, 营养损耗大. 油炸是一种以油脂作为传热介质,

使食品从表面到内部的热脱水和煮制相结合的过程. 具有效率高、能耗低、能给予食品以特殊的质构和香气以及消化吸收率高等特点, 但是常压油炸需要较高的温度(180°C), 食品的营养成分受到破坏, 色、香、味均受到影响, 甚至会产生一些对人体有害的物质. 真空油炸技术使食品处于负压状态下, 其绝

收稿日期: 2004-10-26; 修回日期: 2005-01-05.

基金项目: 江苏省自然科学基金项目项目(BK2004017)与宁波市青年博士基金项目(2004A610017)资助课题.

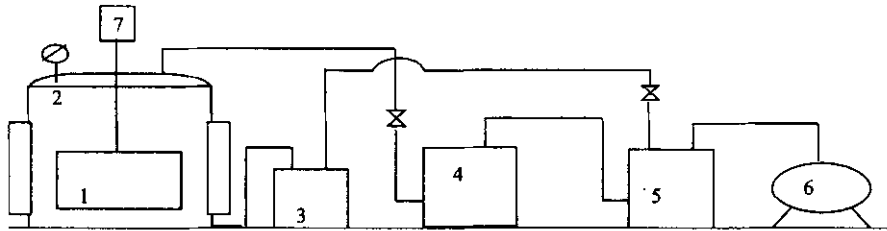
作者简介: 范柳萍(1972-), 女, 山西晋中人, 食品科学与工程博士研究生.

对压力低于大气压,在这种相对缺氧的情况下进行食品加工,可以减轻甚至避免氧化作用(例如脂肪酸败、酶促褐变和其他氧化变质等)所带来的危害^[1~3].

胡萝卜含有蔗糖、葡萄糖及丰富的 β -胡萝卜素,作者重点研究油炸温度、真空度及时间对胡萝卜脆片基本特性的影响,从而为其工业化生产提供一定的依据.

1 材料与方法

1.1 材料与仪器



1. 油炸管;2. 真空油炸锅;3. 贮油罐;4. 冷凝器;5. 汽水分离器;6. 真空泵;7. 电机

图 1 真空油炸设备简图

Fig. 1 Schematic map of the vacuum frying system

1.2 试验方法

1.2.1 预处理 胡萝卜经清洗、去皮、切片(3 mm)后,用质量分数 1%的 NaCl 溶液+质量分数 0.1%的柠檬酸溶液护色,在 95 ℃漂烫 2 min,冷却后沥干,在 50℃的质量分数为 30%的混合糖液(m (麦芽糖): m (糊精)=2:1)下浸渍 1 h,−18 ℃冷冻过夜,然后真空油炸.

1.2.2 真空油炸 真空度为 0.08 MPa,选择不同的温度(80,100,120 ℃)分别油炸 1,2,3,4,5,8,12,15,20,25,30,35,40 min,确定温度对胡萝卜片水分、脂肪质量分数的影响.然后,固定温度为 100 ℃,选择不同的真空度(0.06,0.08,0.095 MPa)分别油炸 1,2,3,4,5,8,12,15,20,25,30,35,40 min,确定真空度对胡萝卜片水分、脂肪质量分数的影响.每次试验胡萝卜用量 100 g,色拉油 5 L.

1.2.3 水分测定(以干基计) 按照 GB 5009.3-85^[4]进行.

1.2.4 脂肪测定(以干基计) 按照 GB 5009.6-85^[4]进行.

1.2.5 质构测定 采用 TA-XT2i 物性测定仪,P/0.25 s 不锈钢圆球,距离 5 mm,前进速度为 8 mm/s,破碎速度为 5 mm/s,后退速度为 8 mm/s.

1.2.6 色差测定 采用 WSC-S 型全自动测色色差计测定脆片的颜色.工作条件为:D₆₅光源,测色光斑直径为 10 mm,以标准白板为标准样,标准白板在 D₆₅光源下 X、Y、Z 值分别为 92.78,94.64,104.27.采用亨特均匀表色系统测定 L、a、b 值表示

胡萝卜(雁脖红萝卜):购于无锡青山市场;大豆色拉油:市售;氯化钠、麦芽糖、糊精:均为分析纯试剂.

真空油炸设备(见图 1):无锡南丰轻化设备有限公司产品;干燥箱:上海进医疗器械厂产品;SZC-B 脂肪测定仪:上海纤检仪器有限公司产品;WSC-S 色差计:上海精密科学仪器有限公司产品;TA-XT2i 物性测定仪:英国 Stable Micro System 公司产品.

脆片的颜色,重复 3 次.其中 L 表示白度,红度 a 值表示色泽红/绿,黄度 b 值表示黄/蓝.

2 结果与讨论

2.1 水分质量分数

在真空油炸过程中,水分的变化符合传统干燥技术的降速干燥规律.由图 2 可知,在相同的温度(100 ℃)下,真空度为 0.095 MPa 时,胡萝卜片蒸发速度最快,油炸 15 min,其水分质量分数达到 4.3%(干基),已除去初始水分的 95%,之后干燥速度趋于缓慢;真空度为 0.08 MPa 油炸 20 min,其水分质量分数为 6.8%(干基);而真空度 0.06 MPa 时,油炸 30 min,其水分质量分数达到 6.2%(干基),之后干燥速度逐渐趋于缓慢.根据克劳修斯—克拉佩龙方程,真空度为 0.06 MPa 时,纯水的沸点大约为 77 ℃,真空度为 0.08 MPa 时,纯水的沸点大约为 61 ℃,真空度为 0.095 MPa 时,纯水的沸点只有 36 ℃,由于其它溶质的存在,胡萝卜片中水分的沸点稍稍高于上述沸点值,因此,高真空度降低了胡萝卜片中的水分沸点,从而有效地提高胡萝卜片的干燥速度.

在相同的真空度(0.08 MPa)下,温度对胡萝卜脆片中水分蒸发速度的影响见图 3,温度为 80 ℃时,油炸 15 min,其水分质量分数仍高于 10.0%(干基),油炸 20 min 后,干燥速度趋于缓慢;100 ℃油炸 20 min,水分质量分数降到 6.8%(干基),然后

呈缓慢下降趋势;当 120 ℃ 油炸 15 min,水分质量分数快速降到 5.0%(干基)以下,之后水分呈缓慢下降趋势.

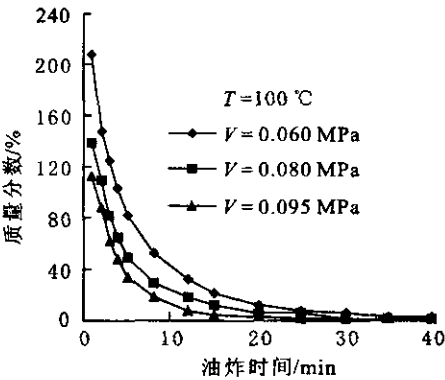


图 2 真空度对脆片水分质量分数的影响

Fig. 2 Effect of vacuum degree on moisture content of carrot chips

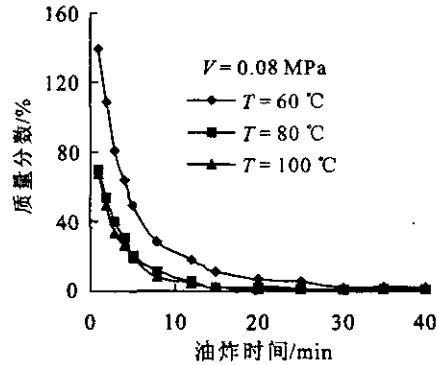


图 3 温度对脆片水分质量分数的影响

Fig. 3 Effect of frying temperature on moisture content of carrot chips

2.2 脂肪质量分数

在油炸过程中,脂肪的吸收是一个复杂的过程,其质量分数和分布与预处理技术以及油炸工艺有关. Ufheil 等人研究土豆油炸过程中脂肪的吸收规律表明,脂肪首先吸附在其表面,最终的脂肪质量分数决定于冷却过程中粘附和沥除的平衡作用^[5]. 作者主要研究温度和真空度对胡萝卜片中脂肪质量分数的影响. 在不同温度和真空度条件下,脂肪质量分数随着油炸温度和真空度的上升而提高(结果见图 4 和图 5). 在相同的真空度(0.08 MPa)下,温度 80 ℃、100 ℃时,油炸 20 min 后脂肪质量分数分别达到 36%(干基)和 37%(干基),之后上升逐渐变缓;而温度为 120 ℃时,油炸 15 min 后脂肪质量分数就达到 39%(干基),而后呈缓慢上升趋势. 在相同的温度(100 ℃)下,真空度为 0.06 MPa 油炸 30 min,脂肪质量分数达到 37%(干基);真空度为 0.08 MPa 油炸 20 min,其脂肪质量

分数为 36%(干基),之后缓慢上升;而真空度为 0.095 MPa 时,油炸 15 min 后脂肪质量分数就达到 37%(干基),之后吸收速率趋于缓慢. 脂肪吸收规律与上述讨论的水分蒸发规律相一致,脂肪质量分数的提高与胡萝卜片中水分的减少成正比. 这是由于胡萝卜片中含有自由水和结合水,当处于高真空度和高温环境下,自由水以气泡的方式快速蒸发,当油炸继续进行时,外表面逐渐变干,其疏水性随之增强,故油脂可以吸附到脆片表面. 当脆片从油炸锅取出时,气孔中的蒸汽冷凝,从而使外界环境的压力高于脆片气孔内压力,其压力差促使吸附在表面的油脂进入其内部,但是脆片中较高的水分可以阻止表面油进行其内部.

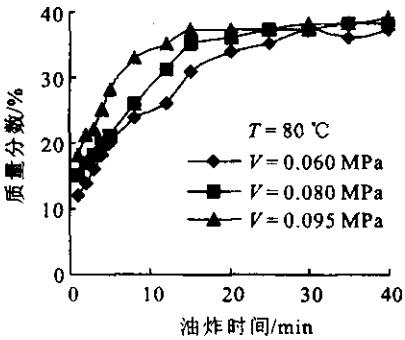


图 4 真空度对脆片脂肪质量分数的影响

Fig. 4 Effect of vacuum degree on fat content of carrot chips

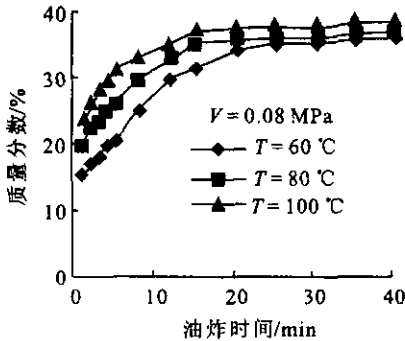


图 5 温度对脆片脂肪质量分数的影响

Fig. 5 Effect of frying temperature on fat content of carrot chips

2.3 色泽

油炸脆片的质量很大程度上可以从其色泽上进行判断. Sahin 研究油炸土豆脆片色泽时指出,其 L、b 值随油炸时间呈指数级下降趋势, a 值随着油炸时间的延长而提高^[6]. Howard 等人认为胡萝卜片的 L 值受加工温度的影响,高温会导致产品变暗, a、b 值与胡萝卜片中的胡萝卜素质量分数有关^[7]. 作者通过全自动测色色差计测定温度和真空度对胡萝卜脆片色差的影响. 在不同温度和真空度

条件下,胡萝卜片油炸 20 min 的色泽变化见表 1。 L 值随着温度、真空度的提高而下降, a 和 b 值呈随机性变化。这是由于两方面作用相互平衡的结果,一方面是高温、高真空度导致了胡萝卜素降解,另一方面是胡萝卜片的脱水浓缩导致其色泽加深。其统计分析结果表明:温度和真空度对胡萝卜片的 L 、 a 、 b 值的影响并不显著(结果见表 2)。这主要是由于真空可以实现相对的低温干燥,而且油炸锅内的氧气含量大幅度减少,油炸食品不易褪色、变色、褐变,可以较大幅度地保持原料本身的颜色。

表 1 不同油炸温度和真空度条件下胡萝卜脆片的 L 、 a 、 b 值

Tab. 1 The color values of carrot hips under different temperature and vacuum degree				
温度/ ℃	真空度/ MPa	L 值	a 值	b 值
60	0.095	42.12±1.7	23.47±1.6	20.54±0.9
80	0.095	41.31±1.8	22.98±1.3	19.12±0.8
100	0.095	37.97±1.9	18.73±2.1	16.48±1.3
60	0.08	44.02±2.1	22.59±1.2	16.66±0.8
80	0.08	43.11±2.7	24.07±1.3	20.83±2.3
100	0.08	40.84±1.9	20.85±1.4	19.24±0.8
60	0.06	45.06±2.9	23.46±2.3	20.82±1.5
80	0.06	42.64±2.4	27.65±1.3	18.65±0.9
100	0.06	41.37±2.8	19.29±1.9	19.40±1.2

表 2 胡萝卜脆片色泽和质构的方差分析
Tab. 2 ANOVA results of the color and breaking force of carrot chips

方差来源	自由度	平方和	均方	F	P
温度和真空度对 L 值的影响					
温度	2	17.80	8.90	3.21	0.147 2
真空度	2	5.17	2.59	0.93	0.464 7
温度和真空度对 a 值的影响					
温度	2	18.96	9.48	2.13	0.234 1
真空度	2	8.76	4.38	0.99	0.448 7
温度和真空度对 b 值的影响					
温度	2	18.96	9.48	2.13	0.234 1
真空度	2	8.76	4.38	0.99	0.448 7
温度和真空度对破碎力的影响					
温度	2	44 171.55	22 085.77	3.92	0.114 1
真空度	2	140 151.63	70 075.81	12.44	0.019 2

万方数据

2.4 质构

在油炸过程中,胡萝卜片中大部分水分的蒸发导致其质构发生很大变化。Sulaeman 等人研究指出:胡萝卜片在常压油炸时,油炸温度、炸用油类型和温度的交互作用对其质构具有显著性影响^[7]。作者用脆度来反映其质构变化,并用破碎力来表征其脆度,破碎力越小表明其脆度越大。不同油炸温度和真空度对破碎力的影响如图 6 所示,随着油炸温度和真空度的提高,胡萝卜片的破碎力减小。其统计分析显示(结果见表 2),油炸温度对破碎力的影响并不显著($P>0.05$),但真空度显著地影响其破碎力($P<0.05$)。

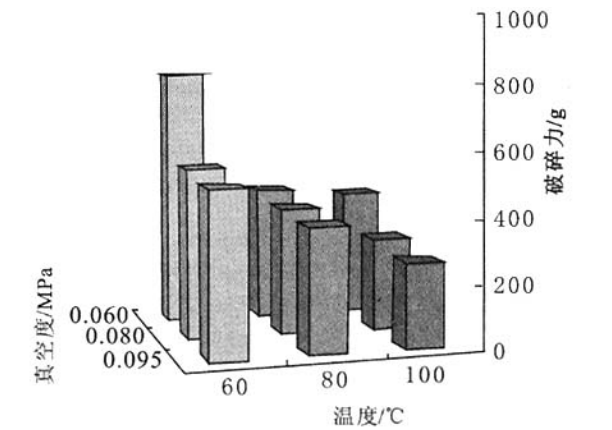


图 6 不同温度和真空度下胡萝卜片的破碎力
Fig. 6 The breaking force under different temperature and vacuwm degree

3 结 论

- 1) 在真空油炸过程中,水分的变化符合传统干燥技术的降速干燥规律。高温、高真空度可以提高胡萝卜片的干燥速度。
- 2) 脂肪吸收规律与上述讨论的水分蒸发规律相一致,脂肪质量分数的提高与胡萝卜片中水分的减少成正比。
- 3) 在不同温度和真空度条件下,胡萝卜片油炸 20 min 的色泽 L 值随着温度、真空度的提高而下降, a 和 b 值呈随机性变化。统计分析结果表明:温度和真空度对胡萝卜片的 L 、 a 、 b 值的影响并不显著($P>0.05$)。
- 4) 随着油炸温度和真空度的提高,胡萝卜片的破碎力逐渐减小,即其脆度逐渐提高。其统计分析显示,油炸温度对破碎力的影响并不显著($P>0.05$),但真空度显著地影响其破碎力($P<0.05$)。

(下转第 59 页)

[19] Migliore-Samour D, G Jollès. Casein, a prohormone with an immunomodulating role for the newborn[J]. **Experientia**, 1988, 44:188—193.

[20] Lahov E, W Regelson. Antibacterial and immunostimulating casein-derived substances from milk: casecidin, isracidin peptides[J]. **Fd. Chem. Toxic**, 1996, 34(1):131—145.

[21] 毕爱华. 医学免疫学[M]. 北京:人民军医出版社, 1995, 315—317.

[22] 谈寅飞. β -酪啡肽对仔猪胃泌素分泌、垂体细胞和 T 细胞功能影响的机理研究[D]. 南京:南京农业大学学位论文, 2000.

[23] Otani H, I Hata. Inhibition of proliferative responses of mouse spleen lymphocytes and rabbit Peyer’s patch cells by bovine milk casein and their digests[J]. **Journal of Dairy Research**, 1995, 62:339—438.

[24] Nakamura A, K Nagai, S Suzuki, *et al.* A novel method of screening for immunomodulating substances, establishment of an assay system and its application to culture broths of microorganisms[J]. **Journal of Antibiotics**, 1986, 39:1148—1154.

[25] Coste M, V Rochet, Jlé onil, *et al.* Identification of C-terminal paptides of bovine β -casein that enhance proliferation of rat lymphocytes[J]. **Immunology Letters**, 1992, 33:41—45.

[26] Kayser H, H Meisel. Stimulation of human peripheral blood lymphocytes by bioactive peptides derived from bovine milk proteins[J]. **FEBS Letters**, 1996, 383:18—20.

[27] Elitsur Y, G D Luk. Beta-casomorphin (BCM) and human colonic lamina propria lymphocyte proliferation[J]. **Clinical and Experimental Immunology**, 1996, 85:493—497.

[28] Yun S S, Y Sugita-Konish, S Kumagai, *et al.* Isolation of mitogenic glycophosphopeptides from cheese whey protein concentrate[J]. **Biosci. Biotech. Biochem**, 1996, 60(3):429—433.

[29] 潘翠玲,陈伟华,邹思湘,等. 蛋白酶解物对 10 日龄仔猪淋巴细胞转化的影响[J]. **畜牧与兽医**, 2003, 35(4):7—9.

[30] Miyauchi H, I Shinoda Y Fukuwatari, H Hayasawa. Immunostimulatory effect of bovine lactoferrin pepsin hydrolysate on murine splenocyte and Peyer’s patch cells[J]. **J Dairy Sci**, 1998, 80: 2330—2339.

[31] Wong K F, N Midleton, M Montgomery, *et al.* Immunostimulation of murine spleen cells by materials associated with bovine milk fractions[J]. **J Dairy Sci**, 1998, 81: 1825—1832.

[32] Yun S S, Y Sugita-Konish, S Kumagai, *et al.* Isolation of mitogenic glycophosphopeptides from cheese whey protein concentrate[J]. **Biosci. Biotech. Biochem**, 1996, 60(3):429—433.

(责任编辑:杨 萌)

(上接第 52 页)

参考文献:

[1] 张炳文,郝真红,杜红霞. 低温真空油炸技术综述[J]. **粮油食品科技**, 1997, 5: 10—15.

[2] 沈泽洞,黄键豪. 鲢鱼低温真空油炸的研究[J]. **食品工业科技**, 2001, 22: 26—29.

[3] 刘勤生,蔡振群. 果蔬脆片生产中冷冻及油炸条件对脆片质量的影响[J]. **食品科学**, 1998, 19: 19—23.

[4] 王肇慈. 粮油食品品质分析[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1999.

[5] Ufheil G, Escher F. Dynamics of oil uptake during deep fat frying of potato slices[J]. **Lebensm Wiss U Technol**, 1996, 29: 640—644.

[6] Howard L R, Braswell D D. Chemical composition and color of strained carrots as affected by processing[J]. **Journal of Food Science**, 1996, 61:327—330.

[7] Markowski, M. Air drying of vegetables: evaluation of mass transfer coefficient[J]. **Journal of Food Engineering**, 1997, 34:55—62.

(责任编辑:朱 明)