

文章编号:1009-038X(2004)01-0040-05

胡萝卜脆片真空油炸脱水工艺的优化

范柳萍, 张 懋, 邵爱芳

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘要: 研究了不同预处理条件及油炸温度、真空度、时间对胡萝卜脆片品质的影响. 通过响应面分析可知: 油炸温度、真空度及油炸时间显著地影响胡萝卜脆片中水分与脂肪质量分数、脆度, 其最佳油炸工艺条件为温度 100~110 °C, 真空度 0.08~0.09 MPa, 时间 15 min.

关键词: 真空油炸; 胡萝卜; 水分; 脂肪

中图分类号: S 631.2

文献标识码: A

Optimization of Vacuum Frying Dehydration of Carrot Chips

FAN Liu-ping, ZHANG Min, SHAO Ai-fang

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

Abstract: The effects of pretreatment and processing condition such as temperature, vacuum degree and time, an dehydration of carrot chips were studied. Statistical analysis with Responses Surface Regression showed that moisture content, oil content and breaking force of carrot chips were significantly effected by frying temperature, vacuum degree and frying time. The optimum conditions were: vacuum frying temperature, 100 °C~110 °C; vacuum degree, 0.08~0.09 Mpa; and frying time, 15 min.

Key words: vacuum frying; carrot; moisture; oil

真空油炸是将油炸和脱水作用有机地结合在一起的技术. 由于样品处于负压状态, 在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]. 从而使产品最大限度保持其天然风味^[5~7].

胡萝卜含有蔗糖、葡萄糖及丰富的 β 胡萝卜素, 而 β 胡萝卜素对维持人体正常视力、基因表达、胚胎发育以及免疫功能等有着重要的作用. 采用真空油炸技术对胡萝卜进行加工, 可以有效地防止营养成分的损失, 保持原有的色泽和风味.

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

胡萝卜(雁脖红萝卜): 购于无锡市青山农贸市场; 大豆色拉油: 市售; 氯化钠、麦芽糖、麦芽糊精, 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: 上海前进医疗器械厂产品; SZC-B 脂肪测定仪: 上海纤检仪器有限公司产品; TA-XT2i 物性测定仪: 英国 Stable Micro System 公司产品.

收稿日期: 2003-07-30; 修回日期: 2003-10-28.

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.
万方数据

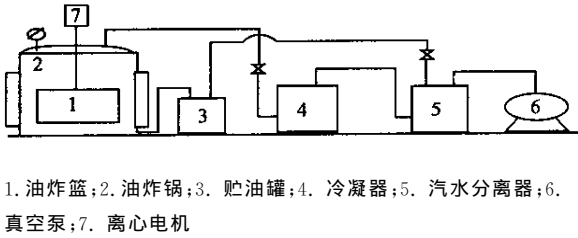


图 1 真空油炸设备简图

Fig. 1 Schematic of the vacuum frying system

1.2 试验方法

1.2.1 工艺过程 胡萝卜经清洗、去皮、切片(3 mm)后,用质量分数为 1% 的 NaCl,0.1% 的柠檬酸溶液护色,95 ℃ 漂烫 2 min,冷却后沥干,在 50 ℃ 条件下用质量浓度为 300 g/dL 的复合糖液(m (麦芽糖): m (糊精)=2:1)下浸渍 1 h,在 -18 ℃ 冷冻 12 h,然后真空油炸。

1.2.2 预处理 3 种预处理方法分别如下:胡萝卜片漂烫后直接进行真空油炸;胡萝卜片经过漂烫、糖液浸渍后油炸;胡萝卜经过漂烫、糖液浸渍、冷冻后油炸。

1.2.3 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 5, 8, 12, 15, 20, 25, 30 min,确定真空度对胡萝卜片水分、脂肪含量的影响。然后,固定温度为 80 ℃,选择不同的真空度(0.06, 0.08, 0.095 MPa)分别油炸 5, 8, 12, 15, 20, 25, 30 min,确定温度对胡萝卜片水分、脂肪含量的影响。油炸结束后将油炸篮脱离油面,在真空条件下以 300 r/min 离心脱油 10 min。每次油炸试验中,胡萝卜片用量为 100 g,色拉油为 5 L。

1.2.4 水分的测定 按照 GB5009.3-85^[4]。

1.2.5 脂肪的测定 按照 GB50096-85^[4]。

1.2.6 质构测定 采用 TA-XT2i 物性测定仪,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。

2 结果与讨论

2.1 预处理对胡萝卜片结构的影响

各种方法预处理的胡萝卜均在温度为 100 ℃,真空度 0.095 MPa 条件下油炸 10 min,然后进行光镜切片分析,从而在细胞水平上了解胡萝卜片复水后细胞结构的变化情况。

漂烫后直接油炸的胡萝卜脆片表面严重皱缩,复水后细胞结构明显扩大,有不规则趋向,形成不均匀的多孔结构(见图 2a)。这是因为真空油炸过程中,胡萝卜片表面水分的快速蒸发导致了表面的皱缩,进而阻止了内部水分的扩散。当内部水达到沸点时,胡萝卜片内的自由水以及部分结合水会突然蒸发,从而形成了较大的不均匀的孔隙。

经过漂烫、糖液浸渍后油炸的胡萝卜脆片表面稍有皱缩、起泡现象,细胞结构稍有扩大,形成了稍均匀的多孔结构(见图 2b)。经过漂烫、浸渍、冷冻后油炸的胡萝卜脆片表面平整,可以观察到均匀的多孔结构(见图 2c)。糖液浸渍可以通过渗透脱水作用去除掉一部分水分,从而减少表面皱缩。胡萝卜片经过冷冻处理后,其内部的水分迅速形成冰晶,油炸时冰晶受热汽化成气体,以爆喷汽化形式逸出,形成均匀整齐的多孔结构。

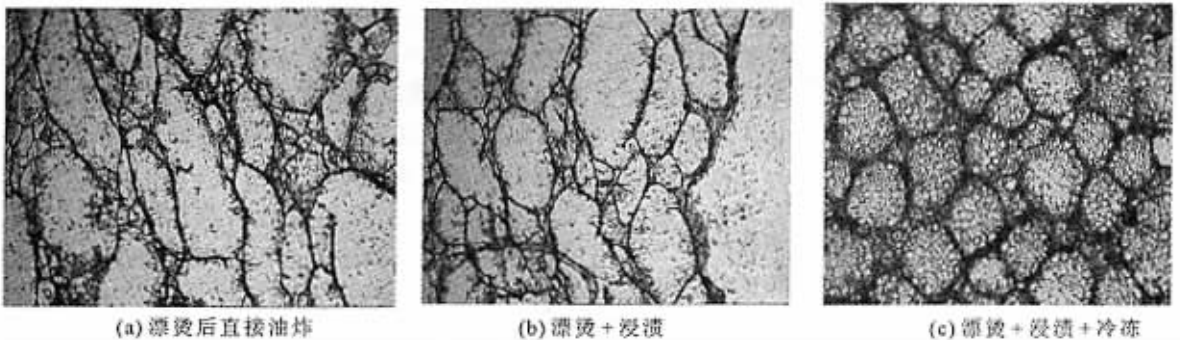


图 2 不同预处理真空油炸脱水胡萝卜脆片的光镜切片(40×10 倍)

Fig. 2 Light micrographs of vacuum frying carrot chips prepared with different pretreatments

2.2 油炸温度、真空度以及时间对胡萝卜脆片品质的影响

油炸过程中,水分的损失与传统的干燥规律相一致。图 3 和图 4 显示了温度对胡萝卜脆片水分和脂肪的影响。在相同的真空度(0.08 MPa)条件下,

80 ℃ 油炸 15 min 后,水分质量分数大于 10%,油炸 25 min 后,干燥速度趋于缓慢,但水分质量分数仍大于 2%;100 ℃ 油炸 15 min 后,水分质量分数快速降到 3% 以下,然后呈缓慢下降趋势;120 ℃ 油炸 15 min 后,水分质量分数小于 2%,然后水分呈缓慢下

降趋势,这属于传统干燥过程降速干燥阶段.由图4可以看出,脂肪质量分数随油炸温度和时间的提高而增加,同水分变化规律相似,80℃油炸25 min后,脂肪吸收趋于缓和.温度为100℃和120℃时,油炸15 min后,脂肪吸收速度减慢.在真空油炸过程中,胡萝卜片外表面水分快速蒸发,形成了水分分布梯度,同时,内部水分也逐渐蒸发,产生压力梯度,使胡萝卜片外表面逐渐干燥,失去了亲水性,周围的油脂就会吸附到脆片上并进入其内部,因而脂肪的质量分数与水分蒸发量有关.胡萝卜真空油炸过程中水分蒸发和脂肪吸收规律同 Rice, P.、Gamble, M. H. 和 M. K. Krokida 等人的研究相一致^[2,3].

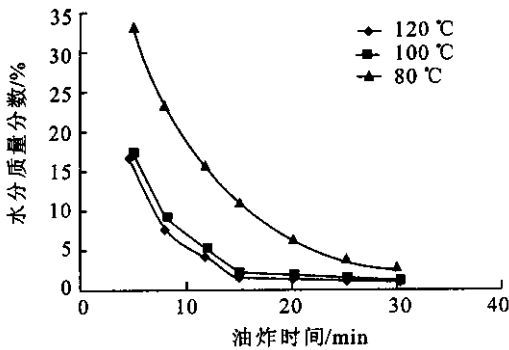


图3 温度对胡萝卜脆片水分质量分数的影响

Fig. 3 The effect of frying time on moisture content of carrot chips

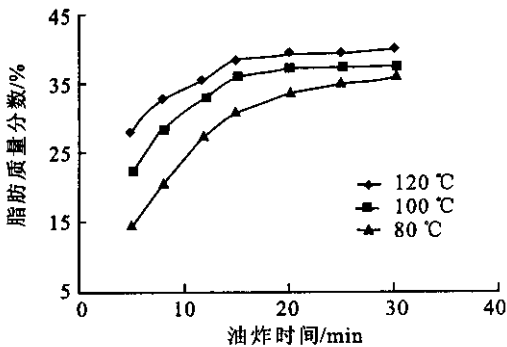


图4 温度对胡萝卜脆片脂肪质量分数的影响

Fig. 4 The effect of frying time on oil content of carrot chips

图5和图6显示了真空度对脆片水分和脂肪质量分数的影响.在相同的温度(80℃)下,高真空度提高了胡萝卜片的水分蒸发及脂肪的吸收速度.真空度为0.095 MPa时,油炸15 min后,水分和脂肪的变化趋势变缓,真空度为0.06 MPa和0.08 MPa时,油炸20 min后,水分和脂肪的变化趋势变缓.真空度为0.06 MPa时,水的沸点为77℃左右,真空度为0.08 MPa时,水的沸点为61℃左右,而真空

度为0.095 MPa条件下水的沸点大约为36℃,因此,在高真空度下,胡萝卜只需稍微加热,水分就可快速蒸发,提高了胡萝卜的干燥速度.水分的快速蒸发以及酥脆外壳的快速形成会导致更多的油脂吸附到胡萝卜片表面,破真空后,压力的变化会促使表面吸附的油脂快速流入胡萝卜脆片的孔隙中去.因此,在油炸初期,高真空度提高了脂肪的含量.

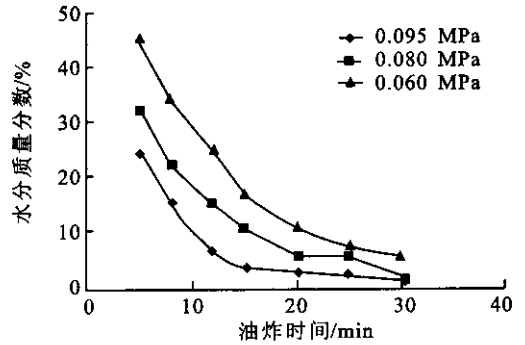


图5 真空度对胡萝卜脆片水分质量分数的影响

Fig. 5 The effect of frying time on moisture content of carrot chips

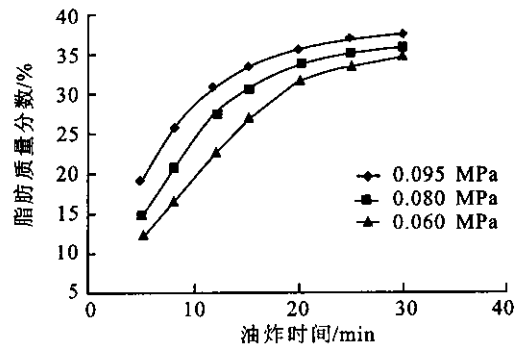


图6 真空度对胡萝卜脆片脂肪质量分数的影响

Fig. 6 The effect of frying time on oil content of carrot chips

2.3 真空油炸胡萝卜脆片的优化设计

通过上述试验可以看出,温度、真空度及时间都影响到胡萝卜油炸过程中水分、脂肪的变化.对果蔬脆片来讲,脆度是一个很重要的指标,作者通过检测脆片的破碎力来反映其脆度,破碎力越小表明脆度越大.因此,本试验设计三因素三水平的响应面分析进一步优化工艺条件.根据以上试验结果,选择温度范围 X_1 为 90, 105, 120℃ (-1, 0, 1), 真空度 X_2 为 0.065, 0.08, 0.095 MPa (-1, 0, 1), 时间 X_3 为 10, 15, 20 min (-1, 0, 1), 考察指标有水分质量分数 (Y_1)、脂肪质量分数 (Y_2) 及破碎力 (Y_3), 结果见表1. 采用回归方程 $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{33} X_3^2 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3$, 以及 SAS'RSREG 程序对表1

数据进行处理,回归系数及方差分析结果见表 2,方程的相关系数 R^2 值分别达到了 0.942 7,0.930 9 和 0.938 3,说明方程的因变量与全体自变量之间的回归效果显著,可用于对试验进行分析和预测.当 $X_3 = 0$ 时, $y_{1,2,3} = f(X_1, X_2)$ 的响应面图见图 7.

表 1 响应面分析实验结果

Tab. 1 The result of response surface analysis

编号	X_1	X_2	X_3	$Y_1/\%$	$Y_2/\%$	Y_3/g
1	-1	-1	0	4.21	29.38	1 094
2	-1	1	0	1.86	35.31	423.07
3	1	-1	0	2.98	34.15	531.90
4	1	1	0	1.12	39.82	270.67
5	0	-1	-1	5.01	28.63	976.00
6	0	-1	1	2.34	34.97	505.37
7	0	1	-1	4.37	30.15	551.24
8	0	1	1	1.28	38.73	288.63
9	-1	0	-1	5.41	28.77	721.39
10	1	0	-1	3.12	33.54	461.24
11	-1	0	1	2.15	35.67	421.07
12	1	0	1	1.97	37.13	383.07
13	0	0	0	2.21	35.65	398.67
14	0	0	0	2.37	34.93	400.23
15	0	0	0	2.18	34.27	406.21

2.3.1 水分和脂肪的质量分数 由表 2 可知: X_1 , X_2 , X_3 和 $X_3 \times X_3$ 显著地影响胡萝卜片中的水分质量分数 ($P \leq 0.05$),水分质量分数随着真空度、温度的升高以及时间的延长而下降. X_1 , X_2 , X_3 显著影响胡萝卜片中的脂肪质量分数 ($P \leq 0.05$),脂肪质量分数随着真空度、温度的升高,时间的延长而上升.当 X_3 固定时(取值 15 min),油炸温度高于 100 $^{\circ}\text{C}$,真空度高于 0.08 MPa 时,胡萝卜片水分质量分数低于 3%;温度高于 110 $^{\circ}\text{C}$,真空度高于 0.095 MPa 时,脂肪质量分数就大于 40%.当 X_2 固定时(取值 105 $^{\circ}\text{C}$),油炸时间小于 15 min,真空度小于 0.0

时间大于 18 min,真空度高于 0.08 MPa 时,水分质量分数低于 2%,脂肪质量分数大于 37%.当 X_1 固定时(取值 0.08 MPa),油炸时间小于 15 min,温度低于 91.5 $^{\circ}\text{C}$ 时,胡萝卜片水分质量分数高于 3%,其脂肪质量分数小于 32%;时间大于 18 min,温度高于 105 $^{\circ}\text{C}$ 时,水分质量分数低于 2%,脂肪质量分数大于 37%.因此,选择温度 100~110 $^{\circ}\text{C}$,真空度 0.08~0.09 MPa,油炸 15 min 可以获得较好品质的胡萝卜片,即具有较低的脂肪(35%左右)和水分(<3%)质量分数.

表 2 回归系数取值

Tab. 2 The coefficient of regression

系数	Y_1	Y_2	Y_3
a_0	2.25	0.029	401.87
a_1	-0.56*	-0.001 9*	-125.58*
a_2	-0.99***	-0.001 8*	-196.70***
a_3	-0.76***	-0.002 8***	-138.97**
a_{11}	0.20	0.000 2	47.21
a_{22}	0.33	0.000 7	130.83*
a_{33}	0.29c	0.001 1	47.61
a_{12}	0.36	0.000 6	102.43
a_{13}	0.29	0.001 0	55.54
a_{23}	-0.08	0.000 5	52.01
R^2	0.942 7	0.930 9	0.938 3

注:***表示 $P \leq 0.001$; **表示 $P \leq 0.01$; *表示 $P \leq 0.05$.

2.3.2 破碎力 如表 2 所示, X_1 , X_2 , X_3 和 $X_2 \times X_2$ 显著影响胡萝卜片的脆度 ($P \leq 0.05$),时间 15 min,当温度高于 100 $^{\circ}\text{C}$,真空度大于 0.08 MPa 时,其破碎力小于 400 g,胡萝卜片具有较好的脆度.水分和破碎力的等高线图显示了胡萝卜片的脆度随水分质量分数的减少而增加.油炸 15 min,胡萝卜片水分质量分数低于 2%时,其破碎力小于 400 g.

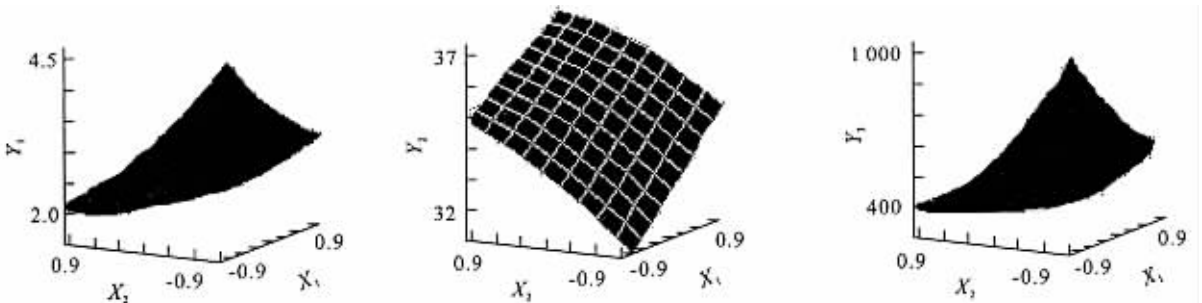


图 7 真空油炸胡萝卜片中水分、脂肪质量分数,破碎力随真空度、温度变化的响应面图

Fig. 7 The surface plots of moisture content, oil content and breaking force of vacuum fried carrot chips as affected by temperature, vacuum and time

3 结 论

真空油炸过程中,胡萝卜片中的水分质量分数、破碎力随油炸温度、真空度以及油炸时间的延长而下降。响应面分析表明:油炸温度、真空度以及

油炸时间显著地影响胡萝卜片中水分、脂肪质量分数及破碎力($P \leq 0.05$)。以胡萝卜片的脆度和脂肪质量分数作为品质评价的主要指标,其最佳油炸工艺为温度 $100 \sim 110 \text{ }^\circ\text{C}$,真空度 $0.08 \sim 0.09 \text{ MPa}$,时间为 15 min。

参考文献:

- [1] Rice P, Gamble M H. Modelling moisture loss during potato slice frying[J]. **International Journal of Food Science and Technology**, 1989,(24): 183-187.
- [2] Gamble M H, Rice P, Selman J D. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c. v. Record U. K. tubers[J]. **International Journal of Food Science and Technology**, 1987,(22): 233-241.
- [3] Krokida M K, Oreopoulou V. Water loss and oil uptake as a function of frying time[J]. **Journal of Food Engineering**, 2000,44: 39-46.
- [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] 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.
- [6] 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.
- [7] 高建华, 梁宇. 真空油炸甘薯脆片的研究[J]. 食品工业科技, 1999, 20:30-33.

(责任编辑:朱 明)

(上接第 39 页)

- [5] 毛友昌, 彭旦明. 2 种工艺制备的鲜竹沥药效学比较[J]. 江西中医学院学报, 2000,12(1):38-40.
- [6] 黄河. 浅谈竹沥的临床用法[J]. 湖北中医杂志, 1999,21(增刊):81.
- [7] 中村和善. 竹——魅力与市场开拓[M]. 东京:番株式会社, 1996. 16-23.
- [8] 黄健屏, 林亲雄, 宋贤聚. 竹醋 4 种分馏物的抑菌试验[J]. 中南林学院学报, 1999,19(3):82-84.
- [9] 渡部勋. 论竹炭、竹醋液的生产与销售[A]. 福冈县水产林务部林政课. 第 36 届日本全国竹子大会专集[C]. 福冈:全日本竹产业联合会福冈县特用林产振兴会, 1995. 1-2.
- [10] 张文标, 叶良明, 刘力德, 等. 竹醋液的组分分析[J]. 竹子研究汇刊, 2001,20(4):72-77.
- [11] 周德庆. 微生物学实验[M]. 上海:科学技术出版社, 1999.
- [12] 张伟, 袁耀武, 檀建新, 等. 竹叶防腐剂研究[J]. 添加剂与检测, 1999,6(2):37.
- [13] 池嶋 庸元. 竹炭・竹酢液のつくり方と使い[M]. 东京都:农山鱼村文化协会发行所, 1999. 1-102.
- [14] 池嶋 庸元. 竹炭は效く[M]. 东京都:致知出版社, 1999. 1-100.
- [15] 战广琴, 黄有凯, 李耀亭. 香茅醛对黑曲霉有关形态及结构影响的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2003,30(2):220-223.

(责任编辑:杨 勇)