

新疆番茄热风干燥工艺实验研究

(中国农业大学食品科学与营养工程学院,北京 100083) 薛文通 王浩

摘要:对新疆番茄进行一系列烘干实验,确立了新疆番茄较佳的脱水加工工艺。

关键词:新疆番茄,护色工艺,干燥工艺

中图分类号:TS255.52 文献标识码:B

文章编号:1002-0306(2004)10-0088-03

番茄,又称西红柿,果实味道鲜美,营养丰富,色泽亮红,是全球最受欢迎和种植最为广泛的蔬菜作物之一。新疆得天独厚的光、热、水资源条件非常适宜加工番茄的种植。新疆番茄因为具有“三高二少”的资源优势而闻名于世;“三高”是:红色素含量高,可溶性固形物含量高,单产高;“二少”是:病虫害少,霉菌少。由于栽培种植的区域性,贮藏和运输条件成为一种障碍,而番茄干制为其提供了方便。但目前由于条件限制,当地脱水番茄多用自然晾晒和烘房进行干燥,生产出来的产品不符合干燥工艺和卫生要求,产品质量难以保证。而热风干燥是一种简便易行的替代方法。本实验将对新疆番茄进行一系列干燥实验,并确立较佳的干燥工艺,这会对新疆脱水番茄产品质量的提高提供一些有益的借鉴作用。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

新疆番茄,食盐,磷酸, Vc。

干燥实验台 中国农业大学干燥实验室自制;烘箱 DGF20022B,中国重庆银河实验仪器有限公司;色差仪 CR-300,万能达香港有限公司;电子天平 FA1004型,上海天平仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 原料选择 要求大小适中(高 5.4~5.8cm,直径 4.2~4.6cm),表面光滑无伤痕,果皮鲜红,成熟度一致。

1.2.2 番茄预处理 番茄经清洗后进行热力去皮,然后切成均匀四份,最后放入护色液中浸泡(自配)

20min。

1.2.3 实验方案 见表 1。

1.2.4 干燥 取一定量番茄平铺在料盘上进行烘干,每 0.5h 称重一次,烘至 0.5h 内重量不变为止。然后,测定出脱水番茄的色值、Vc 含量、复水率和含水率,并根据物料的含水率计算出干燥速率,最后再综合这四项指标确定最佳干燥工艺。

1.3 实验指标

1.3.1 物料水分含量(湿基) $w=(m_t-m_d)/m_t$

式中 m_t —干燥时刻为 t 时物料的重量;
 m_d —物料的干物质重量,用烘箱法求得。

1.3.2 干燥速率 $R=(w_0-w_t)/t$

式中 w_0 —新鲜物料的含水量;
 w_t —干燥时刻为 t 时物料的含水量;
 t —干燥时间。

1.3.3 色泽 番茄色值(Tc)

$$Tc = \frac{2000 \times \cos\theta}{L}, \quad \cos\theta = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

其中 a 值越大,颜色越接近纯红色; b 值越大,颜色越接近纯黄色; L 有两极,分别表示黑($L=0$)和白($L=100$),各种灰-白位于两极之间。

1.3.4 复水性能($R_{复}$) $R_{复}=G_{复}/G_{鲜}$

式中 $G_{复}$ —干制品复水后沥干重量;
 $G_{鲜}$ —干制品在制干前相应的鲜物料重量

1.3.5 干制品中 Vc 含量 采用滴定法测定。

2 结果与分析

2.1 各指标较佳工艺参数

番茄干燥制品的指标主要有 Vc 含量、色泽、复水性能和干燥速率,影响指标的因素主要有风温、风速和装载量。为此,本实验采用均匀设计方法,选择均匀设计表 $U_{12}(12^{12})$ 中 1、3、4 三列安排三因素混合水平实验,实验方案及结果见表 1。

根据上述实验结果进行多元线性回归,得到各实验指标 y_1 (Vc 含量)、 y_2 (色值)、 y_3 (干燥速率)、 y_4 (复水比)的回归方程及统计检验(F、R)值,结果见表 2。

收稿日期:2004-06-11

作者简介:薛文通(1963-),男,教授,研究方向:农产品加工贮藏。

表1 番茄热风干燥工艺实验方案及结果

实验号	A 装载量(g/cm ²)	B 干燥温度(°C)	C 风速(m/s)	复水比 R _复	色泽(分)	干燥速率 V(g/h)	Vc(mg/100g)
1	1(0.3)	1(60)	1(0.4)	4.37	70.62	4.66	11.86
2	1	2(70)	2(0.6)	4.41	72.30	8.08	11.97
3	2(0.6)	3(80)	3(1.1)	4.76	66.91	23.8	11.76
4	2	4(90)	1	4.36	57.1	20.94	8.71
5	3(0.8)	1	2	4.47	74.80	18.94	12.42
6	3	2	3	4.53	71.64	27.43	12.36
7	4(1.0)	3	1	4.39	61.01	25.74	9.95
8	4	4	2	4.45	58.61	43.06	9.10
9	5(1.2)	1	3	4.54	78.52	40.80	13.84
10	5	2	1	4.38	68.12	27.75	10.35
11	6(1.4)	3	2	4.50	62.16	40.90	10.94
12	6	4	3	4.57	60.87	66.00	10.13

表2 番茄热风干燥不同指标回归方程及统计检验

指标	回归方程	F	R
Vc(mg/100g)	$Y_1 = -0.184x_1 - 0.107x_2 + 2.491x_3 + 17.548$	49.91	0.97
色泽(分)	$Y_2 = -0.975x_1 - 0.538x_2 + 7.352x_3 + 102.936$	63.58	0.98
干燥速率 V(g/h)	$Y_3 = 30.130x_1 + 0.465x_2 + 18.024x_3 - 45.128$	35.62	0.97
复水比	$Y_4 = -0.0467x_1 + 0.003736x_2 + 0.362x_3 + 4.042$	23.74	0.95

从方程的 F 检验表明,复水比、色值、干燥速率和 Vc 含量回归方程均与实际情况拟合良好。

为了确定装载量、风温和风速对番茄干燥的最佳组合值,需分别对复水比、色值、干燥速率和 Vc 等四个指标各自进行优化计算。令 $X=(x_1, x_2, x_3)$ 代表工艺参数解集, $Y=(y_1, y_2, y_3, y_4)$ 代表指标集合,各指标值越大,表示 Vc、色素和组织结构在干燥中受到的不可逆破坏越小,干制品的复水性能越好,而且干燥速率越高。在实验范围内寻求最佳工艺组合,得到各单目标最优解如下:

$y_{1max}=13.81, X_1=(0.3, 60, 1.1)$ 为 Vc 含量最大时的工艺条件。说明装载量少,风温低,风速大时, Vc 含量较高;干燥时间、风速和风温对番茄中 Vc 含量影响较大,这主要是因为长时间高温干燥会促进 Vc 的氧化,造成番茄干制品中 Vc 含量降低。

$y_{2max}=78.45, X_1=(0.3, 60, 1.1)$ 为色值最大时的工艺条件。说明装载量少,风温低,风速大时,色值较大。装载量和风温越大,色值越小,可能是因为装载量过大,干燥温度过高会使番茄长时间处于高温环境,增加了色素的损失,导致番茄色值的降低。

$y_{3max}=58.73, X_1=(1.4, 90, 1.1)$ 为干燥速率最大时的工艺条件。说明装载量大,风温高,风速大时,干燥速率较大。装载量越小,风温和风速愈低,干燥速率越小,这是因为番茄在这样的条件下水分蒸发较少,干燥时间延长,导致干燥速率降低。

$y_{4max}=4.762, X_1=(0.3, 90, 1.1)$ 为复水比最大时的工艺条件。说明装载量少,风温高,风速大时,复水比大。装载量越大,复水率越小,可能是由于装载量过大会造成干燥时间的延长,增加了番茄组织结构的变化程度,从而导致番茄复水性下降。

2.2 综合优化计算

以上优化都是针对某一指标进行的,各指标所获得的优化组合各不相同,而在生产应用时需要综合考虑四个指标的影响,以便确定出某一较佳组合,因而有必要对上述三因素进行综合优化。

本实验用线性加权法来确定评价函数 F,令 $F=\lambda_1y_1+\lambda_2y_2+\lambda_3y_3+\lambda_4y_4$, 式中 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ 为按照 Vc 含量、色值、干燥速率、复水比的重要程度给定的一组加权系数,满足 $\lambda_1>0, \lambda_2>0, \lambda_3>0, \lambda_4>0$, 且 $\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4=1$ 。综合优化计算时,权重大小依次为 Vc 含量、色泽、干燥速率、复水比。为此,取 $\lambda_1=0.4, \lambda_2=0.3, \lambda_3=0.2, \lambda_4=0.1$ 。这样,目标函数为 $F=0.4y_1+0.3y_2+0.2y_3+0.1y_4$, 求其最大值。计算上式,解得 $X=(1.4, 60, 1.1)$ 对应的指数集为 $Y=(13.61, 77.38, 44.78, 4.60)$ 。根据综合优化的参数条件,进行实验验证,当 $X=(1.4, 60, 1.1)$ 时,测得各指标为 $Y=(12.91, 74.38, 40.66, 4.53)$, 与优化时的预测值接近,因此上述优化结果正确。

3 结论

3.1 进行三因素混合水平均匀设计实验,所获得的各指标工艺要求实际上并不相同。对于复水性能,装载量 $0.3g/cm^2$ 、风温 $90^\circ C$ 及风速 $1.1m/s$ 时为佳;对于色泽,装载量 $0.3g/cm^2$ 、风温 $60^\circ C$ 及风速 $1.1m/s$ 时为佳;对于干燥速率,装载量 $1.6g/cm^2$ 、风温 $90^\circ C$ 及风速 $1.1m/s$ 时为佳;对 Vc 含量,装载量 $0.3g/cm^2$ 、风温 $60^\circ C$ 及风速 $1.1m/s$ 时为佳。

3.2 以 Vc 含量、色泽、干燥速率、复水比为权重大小次序,进行综合优化计算,获得的较优因子组合为:装载量为 $1.4g/cm^2$ 、风速 $1.1m/s$ 、温度 $60^\circ C$ 。

参考文献:

(下转第 92 页)

表4 采用配方五挂涂巧克力实验

样品外形尺寸(cm)	重量(g)	挂巧克力后重量(g)	蛋白质(%)	总糖(%)	脂肪(%)
7.0×2.5×1.5	23	30.0	24.2	29.6	24.4
7.0×2.3×1.4	21	28.5	23.7	29.3	22.9
7.0×2.4×1.5	22	29.0	24.0	29.4	23.6

干燥后样品柔软,有弹性,总蛋白质为25.4%,总糖为29.5%,而配方六、七样品成型后手感发粘,不易干燥,略有豆腥味,虽然总的蛋白质含量较高,为26.5%~27.3%,但不易切割成块,柔软程度较差。

从以上的总结分析可以看出,配方四、五的样品较为理想,状态较好。但配方五的总糖含量低于配方四,且总蛋白质也较高,所以,我们最终确定最佳配方为配方五,并进行了小批量涂巧克力外衣实验,结果如表4。

从表4中可以看出,由于整个样品制作过程均为手工操作,所以,样品的大小及挂涂巧克力的多少不等。在实验过程中做到砂糖、琼脂溶解要彻底,琼脂过滤干净,以防杂质带到产品中影响口感。另外,成型后,待坯料冷却彻底,具有一定的硬度后,再进行分割切块,这时切块后的坯料均匀、整齐、无毛边,易于干燥成型。

干燥温度要严格控制在 $55\pm 5^{\circ}\text{C}$,干燥时间为10~12h,干燥温度、时间不易过高,过快,以防坯料干裂,影响挂涂巧克力后产品的外观形态,致使样品的最终重量大小有所不同。

2 样品检验结果

见表5。

表5 定型样品检验报告结果

检验项目	标准要求	实测值	单项结论
水分(%)	≤13	12.10	合格
总糖(%)	28~32	29.60	合格
脂肪(%)	≤15	10.10	合格
蛋白质(%)	≥20	25.20	合格
砷 As(mg/kg)	≤0.5	<0.1	合格
铅 Pb(mg/kg)	≤1.0	<0.2	合格
铜 Cu(mg/kg)	≤10.0	<2.0	合格
菌落总数(个/g)	≤10000	110	合格
大肠菌群(个/g)	≤90	<30	合格
致病菌	不得检出	未检出	合格

3 检验结果分析

从检验结果可以看出,样品中的蛋白质为

25.20%、脂肪为10.10%、总糖为29.60%,均达到了设计要求。经专家品尝认定,该产品食之柔软,不油腻,甜度香气适中,能够被广大消费者所接受。

4 保质期实验

按配方加工样品,用铝箔纸包装成小包装(每块净重 $23\pm 2\text{g}$),再用铝箔纸包装成大包装(每包12块),室温下放置4个月(2月22日~6月22日)后进行检验,结果如表6。

表6 样品保质4个月后的检测结果

检测项目	菌落总数(个/g)	大肠菌落(个/g)	致病菌
实测值	240	<30	未检出

5 结果与讨论

科学的配方、合理的工艺是加工该产品的关键,从配方五中可看出,提高大豆蛋白粉及花生粉用量是我们研制该产品的初衷。因为大豆蛋白和花生蛋白组成的优质蛋白极易被人体消化吸收,同时提高了产品的总蛋白质含量。在该休闲食品中添加大豆蛋白质和花生蛋白质,不仅可补充人体氨基酸的不足,而且提高了蛋白质的利用率,使PERC(蛋白质效率比)增加。

大豆中的胰蛋白酶抑制剂、血球凝聚素等抗营养因子在该食品加工过程中均经热处理而被破坏,不会产生抗营养因子等问题。但不同的热处理方法效果会有一些差别,因此我们在设计工艺时,尽量选择营养损失少、耗能少、效果好的加工方法。

参考文献:

- [1] 于长青.现代食品营养学[M].东北林业大学,2001.
- [2] [美]M 李切西尔.加工食品营养价值手册[M].北京:中国轻工业出版社,1985.
- [3] 刘邻谓.食品化学[M].中国农业出版社,1985.
- [4] 郑云兰.大豆营养分析技术[M].黑龙江省科技出版社,1996.

(上接第89页)

- [1] 张敏.特种脱水蔬菜加工贮藏和复水专论[M].北京:科学出版社,1997.31~70.
- [2] 李里特.食品物性学[M].北京:中国农业出版社,1998.287~350.
- [3] 闫志江.对新疆番茄酱生产发展的思考[J].中国农垦经济,2000(4):6.
- [4] 李远志,胡晓静,张文明,等.胡萝卜薄片热风与热泵结合干

- 燥工艺及特性研究[J].食品与发酵工业,2002,26(1):3~6
- [5] 胡上序,陈得钊.观测数据的分析与处理[M].杭州:浙江大学出版社,1996.269~274.
- [6] 王成芝,张敏,张凤东.脱水蔬菜干前预处理工艺的实验研究[J].中国农机化,1997(1):304~307.
- [7] 黄伟坤.食品分析与检验[M].北京:中国轻工业出版社,1997.8~100.