

热风和微波真空联合干燥甘蓝试验

徐艳阳¹, 张 慇¹, 陈亦辉², 钟齐丰²

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036; 2. 海通食品集团有限公司, 浙江 宁波 315300)

摘 要: 对甘蓝进行热风和微波真空联合干燥试验, 目的是缩短热风干燥时间, 提高产品质量。结果表明: 联合干燥缩短了干燥时间约 48.33%, 提高了产品的营养成分保存率、叶绿素保存率; 微波真空干燥使产品质构疏松。

关键词: 联合干燥; 热风; 微波真空; 甘蓝

中图分类号: TS 255.3

文献标识码: A

Studies on Combination Drying of Wild Cabbage with Hot-Air and Vacuum Microwave

XU Yan-yang¹, ZHANG Min¹, CHEN Yi-hui², ZHONG Qi-feng²

(1. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. Haitong Food Group Ltd. Co, Ningbo 315300, China)

Abstract: Wild Cabbage was dehydrated by a combination of hot-air drying and vacuum microwave drying. The objective was to reduce drying time and improve the products quality. It showed that total combination drying time was reduced 48.33%, and retention rate of nutrient components and chlorophyll was improved by this method. Meanwhile, vacuum microwave drying made products' texture loosen.

Key words: combination drying; hot-air; vacuum microwave; wild cabbage

目前,我国大多脱水蔬菜加工企业采用常压热风干燥技术生产,虽然操作简单,产量大,成本较低,但产品的档次、营养成分保存率也较低,在国际市场上没有竞争力。同时,常压热风干燥蔬菜,一般要用 2/3 加工时间来除去物料最后 1/3 的水分,并会破坏蔬菜中的热敏性成分,溶质发生迁移,使物料表面形成硬壳和发生褐变;而微波系统与真空系统相结合的微波/真空干燥技术充分利用了微波和真空的优点,既能加快干燥速度,又能降低干燥温度,具有低温、快速、高效的特点,对于解决热风干燥的缺点和干燥热敏性物料极具发展潜力^[1~3]。

甘蓝,别名圆白菜、卷心菜,为十字花科植物,全国各地均有栽培。据分析,甘蓝的营养成分含量丰富,抗坏血酸和钙的含量为黄瓜的 3 倍、西红柿的 5 倍,还含有微量元素钼、锰、硒、吲哚衍生物等,具有防治癌症的作用^[4,5]。脱水甘蓝为浙江海通食品有限公司的出口创汇产品,但在生产中存在干燥时间过长、质量差、档次低等问题。因此,作者应用微波真空干燥新技术,进行热风与微波真空联合干燥加工技术研究,为实际生产提供指导。

收稿日期:2003-03-06; 修回日期:2003-09-09.

基金项目: 国家星火计划项目(2002EA701011)资助课题。

作者简介: 徐艳阳(1972-)女,吉林公主岭人,讲师,食品科学与工程博士研究生。

1 材料与方法

1.1 试验材料

“京丰”甘蓝:浙江海通集团食品股份有限公司提供。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程 原料选择→预处理(洗涤、切分、烫漂、冷却、糖渍、离心)→联合干燥→挑选、包装→贮藏

操作要点:切分规格 40 mm×40 mm;烫漂温度:90~95 ℃;糖渍:100 kg 原料 10 kg 葡萄糖。

1.2.2 联合干燥方式 热风干燥→微波真空干燥。

1.2.3 检测项目及方法 水分含量:烘干法^[6];抗坏血酸含量:2,6-二氯酚酚滴定法^[7];叶绿素含量:Arnon 法^[8,9];颜色:全自动测色色差计;色泽、质地、风味、口感:感官评定法。

热风干燥的脱水甘蓝感官质量标准:色泽接近甘蓝的淡绿色,无褐变,具有甘蓝的风味,无异味,

质地较硬,无杂质。

微生物指标^[10]:包括菌落总数(SN0168—92)、大肠菌群(SN0169—92)、致病菌的检测:沙门氏菌(SN0170—92),金黄色葡萄球菌(SN0172—92)。

1.2.4 仪器与设备 Kangguang SC-80C 全自动测色色差计, VIS-723 型分光光度计,电热鼓风烘箱,电子天平, STJ-1 型蔬菜烘干机, WZD4S-01 型微波真空干燥机, SHZ-C 型循环水式多用真空泵, DJ-04 型中药粉碎机,高速组织捣碎机。

2 结果与分析

2.1 不同微波功率和干燥时间的关系

将热风干燥至不同含水率的甘蓝,在不同微波功率下干燥至水分在 5% 以下,微波功率为 2 台设备的最大功率以下(分别为 3 800 kW,2 800 kW)和最大功率的一半(分别为 1 900 kW,1 400 kW),真空度为设备的最低真空度,每盘装载量为 1 kg/m²,记录干燥时间,结果见表 1。

表 1 不同微波功率下干燥的甘蓝感官评定

Tab. 1 The result of sensory evaluation for cabbage dried by different microwave power

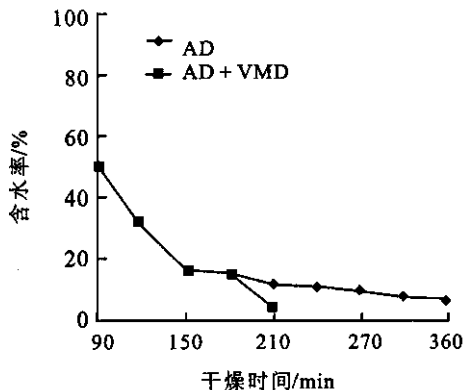
样品	微波功率/kW	真空度/kPa	干燥时间/min	感官评定结果
Y1	1900	91.3	30	有潮感,粘手,色泽、风味正常,叶脉部偶见气泡
Y2	1900	91.3	8	少部分产生微焦,叶脉部偶见气泡,口感疏松,产生大量焦片,
Y3	3800	91.3	4	口感极其疏松,有焦香味,叶脉部偶见气泡
Y4	1400	98.8	10	有潮感,口感较疏松,色泽、风味正常,叶脉部偶见气泡
Y5	2800	99.0	10	产生大量焦片,口感极其疏松,有焦香味,叶脉部偶见气泡

从表 1 可以看出,微波功率在 1 400~1 900 kW 之间干燥时间短,产品质量较好,但有气泡产生;功率越大所需时间越短。样品 Y1 的初始含水率为 49.31%,干燥时间较长,其余样品初始含水率均为 15%~20%,干燥时间较短,所以,微波真空干燥适于后期至终点的干燥,但产品偶有气泡产生,有待进一步研究解决。产生焦糊的原因可能与糖渗透脱水不均、微波加热的均匀性、物料本身的结构厚度有关,有待进一步探讨。感官评定结果表明:经微波真空干燥的样品与完全热风干燥的相比质地疏松,口感好,但产生气泡。

2.2 不同干燥方式对甘蓝干燥过程特性的影响

甘蓝经挑选、切分、清洗、漂烫、糖渍、离心等预处理后,分别进行热风干燥和热风微波真空联合干燥试验。前期干燥均为热风干燥,当物料的含水率为 15%~20%时,转为后期干燥分别为热风干燥和微波真空干燥。热风干燥温度为 60~85 ℃,气体流

动速度为 1.15 m/s,微波真空干燥功率为 1 900 kW,真空度为 91.3 kPa,物料含水率随干燥时间变化见图 1。



AD: 热风干燥; AD+VMD: 热风-微波真空联合干燥(下同)

图 1 含水率随干燥时间变化曲线

Fig. 1 Curve of cabbage's moisture content and drying time

由图 1 可以看出,AD 所需时间为 480 min,其终产品的含水率为 6.52%;AD+VMD 所需时间为

248 min, 其终产品的含水率为 4.08%, AD+VMD 与 AD 相比, 整个干燥时间缩短了 48.33%, 且终产品的含水率低于 5%。这与 Bonafonte 等^[11]的试验结果一致, 与热风干燥相比, 热风-微波真空联合干燥大大缩短了干燥时间。

2.3 不同干燥方式对脱水甘蓝品质的影响

2.3.1 不同干燥方式对脱水甘蓝叶绿素保存率、抗坏血酸保存率的影响 蔬菜脱水后产品品质主要由色素保存、风味物质保存、营养成分保存、抑制褐变及外观控制 5 个方面决定^[12]。作者对叶绿素和抗坏血酸进行了测定, 并计算相应的保存率, 结果见表 2。

由表 2 可以看出, 抗坏血酸保存率经 t 检验, $f=2$ 时, $t_{(0.05,2)}=4.3027$, 实际 $t=4.985>4.3027$, 差异显著; 叶绿素保存率经 t 检验, $f=2$ 时, $t_{(0.05,2)}=4.3027$, 实际 $t=4.5890>4.3027$, 差异显著。AD+VMD 处理样的叶绿素保存率和抗坏血酸保存率均高于 AD 处理的样品。这与张京芳、

表 3 不同干燥方式的甘蓝制品颜色比较

Tab. 3 Color comparison of dehydrated cabbage products by different drying methods							
样 品	颜色值						
	L^*	a^*	b^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
AD	71.92	-9.08	34.54				
AD+VMD	66.67	-10.08	35.46	5.64	-5.25	-0.94	0.92
A2	66.48	4.63	28.30	16.01	-5.44	13.0	-6.24
Fre	82.92	-3.59	18.07	20.55	11.00	5.5	-16.46

注: A2 为 AD+VMD 处理焦糊过渡的样品; Fre 为新鲜甘蓝。

作者采用食品工业中常用的 CIEL*, a^*b^* 均匀色空间表色系统, L^* 代表亮度(黑—白), 其值越小表明褐变越严重。有研究表明 L^* 值与果蔬的褐变有关^[13]; a^* 代表红—绿色, 其值越小表明越绿; b^* 代表黄—蓝色, 其值越小表明越蓝。新鲜甘蓝的 L^* 为 82.92, 加工后的产品 L^* 值都变小, 说明加工处理对蔬菜亮度有损失, 其中, AD+VMD 处理比 AD 处理损失大。两种处理的 a^* 值均为负值, 表明呈绿色, 且 AD+VMD 处理比 AD 处理更绿; Fre 为新鲜甘蓝, 绿色值较小, 其原因可能与样品的含水率有关。A2 为 AD+VMD 处理焦糊过渡的样品, a^* 值为 +4.63, 表明呈红色, 同时其亮度值较小, 表明褐变严重。总的色差值 ΔE^* 比较表明, 与 AD 处理的样品相比, AD+VMD 处理的样品色差最小, 其次为 A2, Fre 鲜样。结果表明, 经热风+微波真空联合干燥的样品颜色好于热风干燥的样品, 其贮藏稳定性有待进一步研究。

2.3.3 不同干燥方式对脱水甘蓝制品微生物指标

Onayemi 等的观点一致, 即快速干燥能保留更多的叶绿素和营养成分不受损失^[13]。

表 2 不同干燥方式对脱水甘蓝叶绿素保存率、抗坏血酸保存率的影响

Tab. 2 Effect of different drying methods on the retention rate of chlorophyll and ascorbic acid for the dehydrated cabbage			
不同干燥方式	AD	AD+VMD	差异显著性
叶绿素保存率/%	76.09±1.4590	78.00±2.5272	*
抗坏血酸保存率/%	21.38±0.8136	27.05±1.1607	*

2.3.2 不同干燥方式对甘蓝颜色的影响 颜色是评价蔬菜食品质量的一个极为重要的因素, 也是首要因素。为了更客观地分析产品颜色, 作者应用 Kangguang SC-80C 全自动测色色差计定量测定颜色, 结果见表 3。

的影响 两种干燥方式的产品微生物指标检测结果表明, AD 和 AD+VMD 的产品微生物菌落总数 100 g 分别为 400 个, 375 个, 均符合国家食品卫生检验标准。其中, 菌落总数经 t 检验, $f=2$ 时, $t_{(0.05,2)}=4.3027$, 实际 $t=0.3041<4.3027$, 差异不显著; 大肠菌群均为阴性, 致病菌均为无。所以, AD+VMD 联合干燥在大大缩短干燥时间的同时, 微生物指标完全符合产品的卫生标准。

3 结 论

- 1) 热风和微波真空联合干燥可以大大缩短干燥时间, 提高叶绿素和抗坏血酸的保存率;
- 2) 微波真空干燥使产品质地疏松, 口感好, 方便操作, 利于环保, 极具发展潜力, 杀菌效果尚需进一步验证;
- 3) 热风和微波真空联合干燥的工艺技术参数、产品出现的气泡、微波加热的均匀性问题, 有待深入研究;

研究工作仅限于初步探索, 对于联合干燥的经济效益、社会效益、生态效益尚需进一步探讨。

(下转第 95 页)

保鲜液成本很低。因此,本试验确定的荸荠贮藏保鲜技术是一种简单、实用的方法。

表 6 荸荠保鲜贮藏后营养成分的变化
Tab.6 Nutrient change in fresh keeping of Water Chestnut

项 目	贮 藏 前	贮藏 100 d
水 分	82.5	84.9
蛋白质	0.89	0.77
总糖	9.32	8.86
总酸 (以苹果酸计)	0.087	0.103
维生素 C	5.79×10^{-3}	5.27×10^{-3}

参考文献:

[1] 边文华,高俊杰,叶明,等.果品南北货实用手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1982.145—147.
[2] 中国水产学会普及与教育工作委员会.水产品营养与药用手册[M]. 北京:科学普及出版社,1988.31—45.
[3] 《罐头工业手册》编写组.罐头工业手册(第二分册)[M]. 北京:轻工出版社,1980.102—118.
[4] 绪安邦方.水果蔬菜贮藏概论[M]. 陈祖绒,李克志,高燕等译. 北京:农业出版社,1982.429—443.
[5] 黄伟坤.食品检验与分析[M]. 北京:轻工出版社,1989.11—62.
[6] 黄伟坤,赵国君,赖献桐,等.食品化学分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1979.121—124.
[7] 华南农学院.果品贮藏加工学[M]. 北京:农业出版社,1979.15—71.

(责任编辑:杨 勇)

(上接第 66 页)

参考文献:

[1] 赵丽芹,韩玉梅,杨勃,等.我国脱水蔬菜的生产现状及发展趋势[J]. 中国食物与营养,2000,(2):21—22.
[2] 张立彦,芮汉明.微波干燥食品技术[J]. 食品工业,1999,(1):45—47.
[3] 崔正伟,许时婴,孙大文,等.微波真空干燥的进展[J].粮油加工与食品机械,2002,(7):28—30.
[4] 中一贝.食物营养与健康(蔬菜篇)[M]. 北京:中国物资出版社,2001.16—22.
[5] 中国食品报[N]. 2002-12-28(3).
[6] 杨惠芬,李明元,沈文,等.食品卫生理化检验标准手册[M]. 北京:中国标准出版社,1997.39—40.
[7] 黄伟坤.食品检验与分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999.
[8] 上海植物生理学会.植物生理学实验手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1985.
[9] 王向阳,何爽.青菜色泽及叶绿素含量无损检测的研究[A]. 浙江省第三届青年学术论坛文集[C]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002.26—32.
[10] 斐山,钱中明.中华人民共和国专业标准[M]. 北京:中国标准出版社,1990.253—298.
[11] Bonafonte A B. Combined convective-microwave drying of agar gels: influence of microwave power on drying kinetics[J]. **Drying Technology**, 2002,20 (1):93—108.
[12] 张慙.特种脱水蔬菜加工贮藏和复水学专论[M]. 北京:科学出版社,1997.4—6.
[13] Onayemi O, Okeibuo, Budifu G I. Effect of blanching and drying methods on nutritional and sensory quality of leafy vegetables[J]. **Plant foods for human nutrition**, 1987, (37): 291—298.
[14] Gurbuz Gunes, Chang Y Lee. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents[J]. **Journal of Food Science**, 1997,62 (3):572—575.

(责任编辑:杨 勇)