

冻融处理对胡萝卜膨化效果的影响研究

卢亚婷^{1,2}, 罗仓学¹, 张 雯¹, 史 超³

(1. 陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西西安 710021;

2. 陕西农产品加工技术研究院, 陕西西安 710021;

3. 空军工程大学, 陕西西安 710051)

摘 要:以胡萝卜为原料, 结合压差膨化技术, 研究冻融前处理对胡萝卜膨化效果的影响。以膨化后产品的脆度和色泽为指标, 通过对冷冻温度、冷冻时间、融冻温度、冻融次数及其协同作用影响因素的实验分析, 来探究冻融处理对胡萝卜膨化效果的影响, 确定胡萝卜压差膨化冻融前处理工艺参数。结果表明: 冷冻温度和冷冻时间对脆度均具有显著影响($p < 0.05$); 冻融次数对脆度的影响较为显著。优选胡萝卜冻融处理参数为: 冷冻温度 -18°C , 时间120min, 融冻温度 $(80 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 时融冻一次, 膨化后产品的脆度均值达到211.1N/s, 明亮度 L^* 值为46.99, 产品品质较好。

关键词:胡萝卜脆片, 冻融, 压差膨化

Study on the effect of freeze-thaw on puffed carrot slices

LU Ya-ting^{1,2}, LUO Cang-xue¹, ZHANG Wen¹, SHI Chao³

(1. College of Life Science & Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China;

2. Shaanxi Research Institute of Agricultural Products Processing Technology, Xi'an 710021, China;

3. Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

Abstract: The relative effect of freeze-thaw on the pre-treatment process of carrot slices was conducted at the puffing process. Four factors including freezing temperature, freezing time, thawing temperature, freeze-thaw frequency and the compound synergy were tested on carrot slices under the same puffing conditions by explosion puffing drying technology. Among the tests, the effect of four factors had been analyzed and the parameters of freeze-thaw processing about carrot slices had been optimized. The results showed that freezing temperature and freezing time had significant influences on friability ($p < 0.05$), thawing frequency had significant impact on friability, the optimized parameters of freezing and thawing processing were at the freezing temperature -18°C for 120min then at the thawing temperature of $(80 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ for once, the puffed carrot slices showed a better quality, the friability was 211.1N/s, L^* value was 46.99.

Key words: carrot slices; freeze-thaw; explosion puffing

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)14-0170-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.14.029

变温压差膨化干燥技术是近几年兴起的一种新型果蔬干燥技术, 它是利用相变和气体的热压效应原理, 使被加工物料内部的液体迅速升温汽化、增压膨胀, 并依靠气体的膨胀力带动组织中高分子物质的结构变化, 从而使之成为具有网状结构特征且定型的多孔状物质^[1]。变温压差膨化干燥技术结合了真空冷冻干燥产品品质好的优点, 克服了真空低温油炸膨化不耐贮藏的缺点, 膨化后的产品具有较高的优越性^[2]。随着膨化干燥产品市场需求量的不断增大, 有关变温压差膨化干燥技术方面的研究也成为时下研究的热点。目前的研究概括起来主要集中在

改善产品品质方面, 其中国内学者毕金峰、何新益及国外学者Nath A等在2006~2013年间先后针对不同的果蔬如苹果、土豆、哈密瓜、大枣等开展了工艺优化、关键因素探析、前处理对品质结构影响等研究^[2-8], 在一定程度上推动了变温压差膨化干燥技术的进步。其中变温压差膨化技术用于胡萝卜脆片方面的研究也并不少见^[9-10], 但是膨化后产品的品质并不理想, 其原因主要在于胡萝卜的结构和组分不同于其他易脱水的果蔬, 这种致密的结构和高淀粉含量影响了膨化产品的品质^[11]。冻融包括冻结和解冻两个过程, 可用于改善压差膨化产品的品质^[12]。郭婷^[13]、黄宗海等^[14]发现冻融处理有利于提高甘薯的脆度和色泽, 还可以提高干燥速率^[12]。因此, 本研究以胡萝卜为对象, 较为系统地探讨了冻融处理对胡萝卜压差膨化效果的影响, 旨在改善胡萝卜脆片的品质, 为变温压差膨化果蔬脆片关键技术提供理论依据。

收稿日期: 2013-11-25 * 通讯联系人

作者简介: 卢亚婷(1979-), 女, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 果蔬深加工及综合利用。

基金项目: 咸阳市科技计划项目(2012K06-08); 陕西省科技厅自然科学基金项目(2012JM2005)。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

胡萝卜原料 适合于加工的三红品种,购于西安市未央区祥云果品批发市场。

TA-XT PLUS 21/50型物性分析仪 英国Stable Micro System公司;变温压差膨化干燥设备 自行研制;CM-5型分光测色仪 日本柯尼卡美能达;BC/BD-428A型冷冻柜 海尔公司;1000B型扫描电子显微镜 中科院仪器厂;Fw-400型万能粉碎机 北京中兴伟业有限公司。

1.2 变温压差膨化干燥工艺参数

实验中,胡萝卜原料清洗去泥沙,横向切片2~4mm,按照实验设计方案进行冻融实验,冻融处理之后进行变温压差膨化干燥,干燥具体参数为:膨化温度 $(98\pm 2)^{\circ}\text{C}$,膨化压力 $(0.3\pm 0.02)\text{MPa}$,抽真空干燥温度 $(75\pm 2)^{\circ}\text{C}$,抽真空干燥时间 $(70\pm 5)\text{min}$,原料量 $(5\pm 0.1)\text{kg/m}^2$ 。

1.3 分析检测方法

1.3.1 脆度的测定 T.P.A测定法。TA-XT PLUS 21/50型分析仪参数设置如下:测前速度 1.0mm/s ,测试速度 1.0mm/s ,测后速度 10.0mm/s ,测试下压距离 3mm ,数据采集速率 200次/s ,探头为P/0.25s。仪器自动测定应力的变化,给出应力时间变化曲线。脆度值:曲线上最大力的峰值与达到最大力所用时间的比值,单位为“N/s”,数值越大,脆性越好。

1.3.2 色泽的测定 CM-5分光测色仪进行测定。 L^* 值表示色泽的明亮度, L^* 值的范围为0~100, $L^*=0$ 表示黑色, $L^*=100$ 表示白色, L^* 值越大,表示亮度越高、褐变越轻, L^* 值越小,表示褐变越严重。 a^* 表示红绿,+表示偏红,-表示偏绿。 b^* 表示黄蓝,+表示偏黄,-表示偏蓝。

1.3.3 电子显微镜(SEM)观察 膨化干燥后的样品粉碎、过200目筛后,按照四分法取样约 0.01g ,把样品均匀的粘在导电胶上,去除多余的样品,然后把导电胶贴在托盘上放进真空舱中抽真空,抽完真空后喷金,喷金结束进行电子显微镜观察。

1.4 实验设计

1.4.1 冷冻温度的选择 在查阅大量文献的基础上,以室温 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的样品为对照,选择冷冻温度为 -3°C 、 -18°C 、 -25°C ,冷冻 480min 后,在预热的膨化罐中自然融冻一次,温度 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$,时间为 5min 。

1.4.2 冷冻时间的选择 结合胡萝卜特点,查阅文献,在冷冻温度为 -25°C 下,冷冻 50 、 80 、 120 、 240min 之后在预热 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的膨化罐中融冻一次,时间为

5min 。

1.4.3 融冻条件的选择 融冻一次: -25°C 条件下冻结 480min 的原料,分别在 -3°C 、 0°C 、 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 条件下自然完全解冻;融冻二次:融冻1次后的原料在 -25°C 条件下再次冻结 480min 之后,在融冻温度为 -3°C 、 0°C 、 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下再次完全解冻。

1.4.4 冻-融条件的验证 结合单因素实验结果,以未经过冻融处理的胡萝卜为对照,按照冷冻温度 -18°C ,冷冻 120min 后, $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下融冻到完全解冻(约 5min),置于膨化罐中加压膨化,做三组验证实验。

1.5 数据处理

各条件下的实验结果测量5次,实验数据采用SPSS17.0统计软件进行单因子方差分析,Duncan式多重比较,各表中数值以平均值 $\pm$ 标准差表示,以 $p<0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 冷冻温度对膨化效果的影响

冷冻过程本质上是冰界面与细胞之间的耦合传热传质过程,因为物料在冻结过程中,随着水分的冻结和迁移,物料内部溶质浓度发生变化,从而引起物料内部组分在细胞间的扩散,导致细胞微观结构的变化^[5]。冷冻温度直接影响着冷冻速率,因此实验中研究了不同冷冻温度处理后产品的膨化效果。

由表1可以看出,当冷冻温度在 -3°C ~ -18°C 时,产品的脆度随温度的降低显著增大,而亮度值逐渐降低, a^* 值和 b^* 值均为正,且在低于 0°C 之后随着温度的降低而增大,其原因在于胡萝卜的理论共晶温度为 -18°C ^[16-17],当冷冻温度处于其预冻温度范围内时,胡萝卜片内部开始出现水分的冻结形成晶核,直至全部冻结。冻结过程中水由液态转变为固态,在胡萝卜组织内部出现因晶体膨胀而体积增大,融冻膨化后的胡萝卜片,水分迅速逸出,因此脆度增大。冻结过程中水由液态转变为固态^[18],体积的增大破坏了原料内部的结合力,结晶体的存在破坏了物料内部的组织结构和酶系,当膨化升温时加速了物料的褐变,红绿值 a^* 和黄蓝值 b^* 缓慢增大,因此亮度值逐渐降低。而当冷冻温大于 -3°C 时,因为该温度没有达到开始冻结的温度点,物料体积和状态均无显著变化,当冷冻温度在 -25°C 时,物料已经处于完全冻结状态,即在共晶点附近,物料体积不会随着温度的持续降低而有明显的变化,因此温度大于 -3°C 和小于 -18°C 时,脆度变化幅度较小。经过拟合,脆度与冷冻温度之间的拟合方程为: $y=108.31x+0.5644$,其中 $R^2=0.9306$;亮度值与温度之间的拟合方程为 $y=54.73e-0.0584x$,

表1 不同冷冻温度对膨化效果的影响

Table 1 Effect of freezing temperature on the puffing

冷冻温度($^{\circ}\text{C}$)	脆度(N/s)	L^*	a^*	b^*
0	112.62 $\pm$ 12.50a	51.51 $\pm$ 0.62b	26.22 $\pm$ 0.24b	6.89 $\pm$ 4.36c
-3	142.21 $\pm$ 14.32b	49.89 $\pm$ 0.36b	17.18 $\pm$ 0.12a	3.62 $\pm$ 3.95a
-18	222.23 $\pm$ 8.23c	45.69 $\pm$ 0.78a	20.50 $\pm$ 0.22a	3.69 $\pm$ 2.13a
-25	232.47 $\pm$ 5.02c	44.19 $\pm$ 1.23a	20.92 $\pm$ 0.21a	4.65 $\pm$ 2.68b

注:表中每行字母不同表示数据间有显著性差异($p<0.05$);表2同。

表2 不同冷冻时间对膨化效果的影响
Table 2 Effect of freezing time on the puffing

冷冻时间 (min)	脆度 (N/s)	L^*	a^*	b^*
50	142.62±13.50a	52.06±0.12c	19.56±0.20a	6.07±1.21b
80	156.53±8.20b	51.61±0.22c	19.20±0.34a	5.94±3.12b
120	200.78±6.32c	46.23±0.54b	20.31±0.65b	7.62±3.21c
240	221.32±8.20c	44.32±0.68a	19.87±0.86a	4.23±2.22a
480	228.22±7.40c	43.23±0.32a	20.24±0.42b	9.89±3.61d

其中 $R^2=0.9608$ 。结合多重比较的结果可以看出,冷冻温度为 -18°C 时,对脆度的影响显著($p<0.05$)。因此,在冷冻时间为480min时,选择冷冻温度为 -18°C 为宜。

2.2 冷冻时间对膨化效果的影响

冷冻的耦合传热传质过程是建立在时间体系上的二维过程^[15],因此冷冻时间的影响不容忽视。

由表2可以看出,当冷冻时间在80~120min时,物料的脆度随着时间的延长显著增强,亮度值显著降低,当冷冻时间大于120min时,物料的脆度随着时间的延长增幅减小,亮度值降低幅度减小。其原因在于: -25°C 低于胡萝卜共晶温度以下 7°C ,因此,物料能够在较短的时间内完全冻结,物料中的水分由液态转变为固态,随着冷冻程度的推进,细胞内的水分逐渐向外迁移,细胞经历着膨胀和高的渗透压作用^[15],因此膨化后的脆度显著增大,体积的增大损伤到细胞,导致色泽劣变,因此亮度值显著降低。而当物料全部冻结之后,物料中的水已经是固态的,不会随着冻结时间的延长而有显著变化。因此脆度增幅较小,亮度值降低幅度减小。表中 a^* 值和 b^* 均为正,其中红绿值 a^* 随冷冻时间变化的幅度相对于 b^* 值变化幅度小,表明冷冻时间对产品黄蓝值 b^* 的影响大于红绿值 a^* 的影响。

经过拟合,脆度与冷冻时间之间的拟合方程为: $y=58.238\ln(x)+134.13$,其中 $R^2=0.925$;亮度值与冷冻温度之间的拟合方程为: $y=-2.495x+54.975$,其中 $R^2=0.9203$ 。结合多重比较的结果可以看出,在冷冻温度为 -25°C 条件下,冷冻时间为120min时,对脆度的影响显著($p<0.05$)。因此,选择冷冻时间为120min为宜。

2.3 融冻温度和次数对膨化效果的协同影响

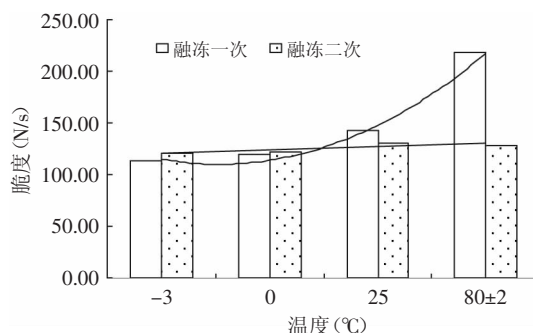


图1 融冻温度和次数对膨化脆度的协同作用

Fig.1 Synergistic effect of thawing temperature and frequency on the friability

融冻是原料解除冷冻状态的一个复杂过程,融冻速率的快慢,取决于冻结时的状态、融冻外部条件和原料的特性。由图1比较物料经过一次融冻后的脆度和二次融冻后的脆度可以看出,在 $-3\sim 0^\circ\text{C}$ 融冻范围内,二次比一次的脆度略有增大,在 $0\sim (80\pm 2)^\circ\text{C}$ 范围内,一次融冻后的脆度显著大于二次融冻脆度。原因在于: $-3\sim 0^\circ\text{C}$ 是物料解冻的最适温度^[19],对物料的损伤如汁液的渗漏^[18],组织的坍塌等是最小,因此经过二次融冻后,脆度略有增大。 $0\sim (80\pm 2)^\circ\text{C}$ 远离物料的共晶温度,尽管能够在最快的时间内解冻,但是短时间内的细胞骤缩带来的损伤较大,细胞内的液体也不能在短时间内达到动态平衡,导致汁液外漏,而膨化中,水分是膨化过程的内部动力,因此二次融冻后的物料因为组织坍塌,水分渗漏而导致脆度显著小于一次融冻。在处理温度相同的条件下,对不同融冻次数后的产品脆度进行单因素方差分析,结果表明:融冻次数对产品脆度的影响较为显著($p<0.05$)。

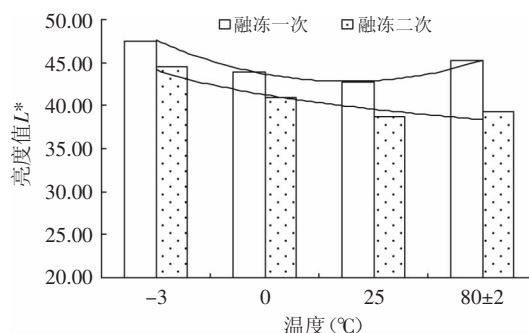


图2 融冻温度和次数对色泽的协同作用

Fig.2 Synergistic effect of thawing temperature and frequency on the color

由图2比较物料经过一次融冻和二次融冻后的亮度值可以看,二次融冻的亮度 L^* 值显著低于一次融冻的亮度 L^* 值。其中,随着融冻温度的升高,一次融冻后的亮度值逐渐降低达到42.69,之后出现增大的趋势,但低于 -3°C 时的亮度值;二次融冻的亮度值随着融冻温度的增大逐渐劣变。原因在于,二次融冻过程中,未冻结时细胞外水分通过细胞膜进入细胞,冻结到一定程度后,细胞内水分又往外迁移,解冻过程中,细胞内水分也向外迁移,细胞既经历膨胀又经历浓缩,对细胞的损伤更大^[15]。细胞的损伤促使了褐变的形成,因此二次融冻后的颜色劣变。一次融冻中,在温度为 $(80\pm 2)^\circ\text{C}$ 时亮度值有增大趋势的原因可能

在于,物料所需要的解冻时间小于水分迁移时间,使得水分还停留在物料内部,冷冻所导致体积膨胀的那一部分还被水分所充斥着,无法接触到氧气,因此亮度值略有增大,但低于 -3°C 时的亮度值,该推测还需进一步实验验证。

由以上分析可以看出,融冻一次的脆度和亮度值均优越于二次融冻,并且融冻时的温度越接近膨化温度,物料的颜色劣变越小,结合以上分析,选择融冻一次,融冻温度为 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 为宜。

2.4 冻-融条件的验证

实验结果见表3。

表3 冻-融条件下的验证实验结果
Table 3 Verification experiment result

序号	脆度(N/s)	相对偏差RD(%)	L^*	相对偏差RD(%)
I	202.62	4.0	48.23	2.6
II	220.21	4.3	47.68	1.5
III	210.47	0.3	45.08	4.1

由表3可以看出,三组验证实验的脆度平均值为211.1 N/s,明亮度 L^* 值的平均值为46.99,相对偏差均在5%以内,说明该冻-融条件处理后的膨化产品的品质均一,重现性好。与未经过处理的膨化产品相比较,其微观结构图见图3、图4。

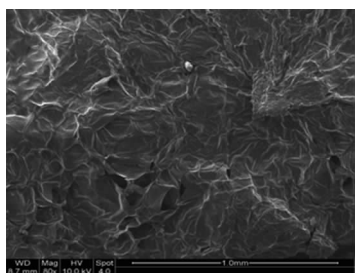


图3 未经冻融处理的膨化产品的SEM图

Fig.3 Puffed product SEM image of no freeze-thaw

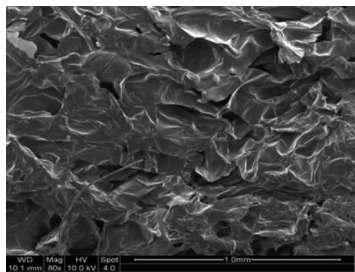


图4 冻融处理的膨化产品的SEM图

Fig.4 Puffed product SEM image of freeze-thaw

由图3和图4对比可以看出,经过冻融处理,膨化后的产品组织结构松散,有较多的空隙,因此,冻融处理对改善胡萝卜脆片的组织结构具有一定的促进作用。

除了实验中考察的以上因素之外,影响水分冻结效果的还有切片形状、品种等。物料品种不同,其主要成分含量不同,冻结的温度及效果不同^[18]。切片

形状的不同决定着物料的比表面积,比表面积的大小影响着显热散失的快慢,决定着物料冷冻的速率,体现在物料冻结晶核的大小上,间接影响着产品的质量。因此,实验中冷冻物料均以冷冻室单位面积冷冻量 $13\sim 15\text{kg}/\text{m}^2$ 为准。

3 结论

以胡萝卜为研究对象,针对冻融处理对膨化效果的影响进行了研究,实验结果表明:冷冻温度和冷冻时间对脆度均具有显著影响($p<0.05$);冻融次数对脆度的影响较为显著。实验中优选的胡萝卜冻融前处理参数为:冷冻温度为 -18°C ,时间为120min;融冻温度为 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 时,融冻一次,膨化后产品的脆度均值达到211.1N/s,明亮度 L^* 值为46.99,产品品质较好。

参考文献

- [1] 毕金峰,魏益民. 果蔬变温压差膨化干燥技术研究进展[J]. 农业工程学报,2008,24(6):308-312.
- [2] 马立霞,毕金峰,魏益民. 苹果低温高压膨化影响因素研究[J]. 食品工业科技,2005,26(12):88-90,93.
- [3] 毕金峰,魏益民,王林,等. 哈密瓜变温压差膨化干燥工艺优化研究[J]. 农业工程学报,2008,24(3):232-237.
- [4] He Xinyi, Liu Jinfu, Cheng Lili, *et al.* Quality properties of crispy winter jujube dried by explosion puffing drying [J]. International Journal of Food Engineering, 2013, 9(1):99-105.
- [5] Nath A, Chattopadhyay P K, Majumdar G C. High temperature short time air puffed ready-to-eat (RTE) potato snacks: Process parameter optimization [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 80(3):770-780.
- [6] Nath A, Chattopadhyay P K. Quality attributes of high temperature short time air puffed ready-to-eat potato snacks [J]. International Journal of Food Properties, 2007, 10(1):113-125.
- [7] Nath A, Chattopadhyay P K. Effect of process parameters and soy flour concentration on quality attributes and microstructural changes in ready-to-eat potato-so snack using high-temperature short time air puffing [J]. Food Science & Technology, 2008, 41(4):707-715.
- [8] Nath A, Chattopadhyay P K. Estimation of diffusion coefficients and activation energy for high temperature short time-air puffed ready-to-eat potato snack [J]. Journal of Food Science & Technology, 2009, 46(6):559-562.
- [9] 王荣梅,张培正,李坤,等. 低温气流膨化酥脆胡萝卜的研制[J]. 食品与发酵工业,2005,31(11):147-150.
- [10] 毕金峰,丁媛媛,王沛,等. 胡萝卜变温压差膨化干燥影响因素研究[J]. 食品与机械,2009,25(5):14-17.
- [11] 黄寿恩,李忠海,何新益. 果蔬变温压差膨化干燥技术研究现状及发展趋势[J]. 食品与机械,2013,29(2):242-245.
- [12] 郭婷,何新益,邓放明. 冻融甘薯热风干燥特性与动力学研究[J]. 食品与机械,2013,29(3):8-11.
- [13] 郭婷,何新益,邓放明,等. 利用LF-NMR探讨冻融处理影响甘薯膨化产品品质的机理[J]. 农业工程学报,2013,29(17):279-285.

(下转第177页)

影响。总体上看,甜叶菊提取物抑菌活性较稳定,受环境因素影响较小。如将甜叶菊提取物应用于食品的防腐保鲜,其能够适应不同食品的加工环境,从而起到延长食品保质期的目的。

随着社会经济发展水平的不断提高,人们的健康饮食意识的不断加强,食品加工和贮藏过程中,越来越倾向于使用天然防腐抑菌剂。本研究以山梨酸钾为对照,研究了甜叶菊提取物对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌的抑菌作用,发现甜叶菊提取物具有很强的抑菌活性,其热稳定性良好。作为一种天然抑菌物质,必然具有广阔的发展前景。在对甜叶菊提取物的抑菌性作了初步探究的同时,我们还在继续关注并研究甜叶菊提取物中具有抗菌活性的主要成分,力求解明甜叶菊提取物的抑菌机理,为食品安全提供保证。

参考文献

- [1] 王飞生,叶荣飞,闵建,等. 甜菊糖苷的特性及应用[J]. 中国调味品,2009,34(10):91-95,117.
- [2] 丁宁,郝再彬,陈秀华,原益山. 甜叶菊及其糖苷的研究与发展[J]. 上海农业科技,2005(4):8-10.
- [3] 杨全花,陈光,任红梅,等. 甜叶菊化学成分及其甜度的研究[J]. 北京化工大学学报:自然科学版,2012,39(2):28-32.
- [4] Brahmachari G, Mandal L C, Roy R, et al. Stevia Rebaudiana Extract and related compounds—molecules of pharmaceutical promise: a critical overview[J]. Arch Pharm Chem Life Sci, 2011, 29(1):5-19.
- [5] 徐学兵. 油脂化学[M]. 北京:中国商业出版社,1993.
- [6] 李文林,黄凤洪. 天然抗氧化剂研究现状[J]. 粮食与油脂, 2003(10):10-13.
- [7] 奚印慈,山口敏康,佐藤实,等. ステビアの抗酸化性[J]. 日本食品科学工学会誌,1998,45(5):310-316.
- [8] 広海輝明. 肝調の特効食“ステビア草”C型肝炎あきらめたら一生の損[M]. 東京:青萌堂株式会社,2001.
- [9] 広海輝明. 糖尿病は治る[M]. 東京:総合法令出版株式会社,2002.
- [10] 于慧,王锡昌,奚印慈. 甜叶菊废弃物制得生物制剂的抗氧化活性研究[J]. 食品科学,2008,29(8):65-69.
- [11] 于慧,王锡昌,宋仁政,奚印慈. 甜叶菊生物发酵制剂抗氧化成分的分离纯化和结构鉴定[J]. 食品与发酵工业,2010,36(10):46-49.
- [12] 于梅,宁杰,朴美子. 甜叶菊抗氧化果冻的研制[J]. 食品与发酵科技,2011,47(3):24-27.
- [13] 奚印慈,山口敏康,佐藤实,等. ステビア抽出末の抗酸化機構と無機塩の抗酸化性[J]. 日本食品科学工学会誌,1998,45(5):317-322.
- [14] 杨闻,段玉峰,王蓓蓓,等. 首乌藤总黄酮的抑菌活性研究[J]. 食品工业科技,2012,33(9):111-113.
- [15] 刘梦茵,刘芳,周涛,等. 乌梅乙醇提取物抑菌作用及其抑菌成分分析[J]. 食品科学,2011,32(17):190-193.
- [16] 林亮. 化香树果序黄酮类化合物提取、分离及抗菌活性研究[D]. 西安:西北大学,2009.
- [17] 陈佳佳,刘凡,廖森泰,等. 桑叶提取物抑菌活性及抑菌稳定性研究[J]. 食品工业科技,2012,33(9):88-91.
- [18] 冯仁丰. 食品实用医学检验学[M]. 上海:科学技术出版社,1996.
- [19] Pettit Robin K, Fakoury. Antibacterial activity of the marine sponge on stituent cribrostatin[J]. Medical Microbiology, 2004, 53(1):61-65.1-7[2012/6/7]. <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20111018.1015.011.html>
- [20] 王延峰,李延清,封德顺,等. 超声法提取银杏叶黄酮的研究[J]. 食品科学,2002,23(8):166-167.
- [21] 刘冬梅,李理,梁世中,等. 用牛津杯法测定益生菌的抑菌活力[J]. 食品研究与开发,2006,27(3):110-111.
- [22] 呼世斌,冯贵颖,曹社会. 山茱萸的营养成分及保健作用[J]. 西北农业大学学报,1996,24(6):108-110.
- [23] 卢成英,徐东翔,杜勇,等. 榧木叶抑菌活性成分提取分离与检测[J]. 中成药,2006,28(1):132-134.
- [24] 程丽娟,薛泉宏. 微生物学实验技术[M]. 西安:世界图书出版公司,2000.
- [25] 王兆慧. 常用化学消毒剂对细菌的作用效果评价[J]. 哈尔滨学院学报,2001,22(5):41-42.
- [26] 李鸣宇,朱彩莲,刘正. 药物牙膏对部分口腔细菌抑制作用的体外实验[J]. 广东牙病防治,2004,12(1):24-26.
- [27] 汤文成. 将牙膏、香皂纳入化妆品卫生监督管理之我见[J]. 中国卫生法制,2002,10(5):27-28.
- [28] 赵淑艳,呼世斌,吴焕利,唐艳,王显蕾. 山茱萸提取物抑菌活性成分稳定性的研究[J]. 食品科学,2008,29(1):98-101.
- [29] 郝淑贤,刘欣,赵力超,等. 葶苈英提取物抑菌成分稳定性的探讨[J]. 食品科学,2005,26(2):71-74.

(上接第173页)

- [14] 黄宗海,何新益,王佳蕊,等. 预处理方式对胡萝卜变温压差膨化干燥品质的影响[J]. 食品与机械,2011,27(1):124-126.
- [15] 彭润玲. 几种生物材料冻干过程传热传质特性的研究[D]. 沈阳:东北大学,2007.
- [16] 夏业鲍,陆宁,王宏娟,等. 冻干蔬菜的共晶点、共熔点电

阻法测定研究[J]. 食品研究与开发,2010,31(1):36-38.

- [17] 崔清亮,郭玉明. 冷冻干燥物料共晶点和共熔点的电阻法测量[J]. 农业机械学报,2008,39(5):65-69.
- [18] 华泽钊,李云飞,刘宝林. 食品冷冻冻藏原理与设备[M]. 北京:机械工业出版社,1999:105-107.