

不同热处理过程中鲜食甜玉米类胡萝卜素含量变化研究

李大婧^{1,2}, 肖亚冬¹, 何美娟³, 刘春菊^{1,2}, 刘春泉^{1,2,*}

(1.江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏 南京 210014; 2.国家蔬菜加工技术研发专业分中心, 江苏 南京 210014; 3.南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

摘要:为研究加工热处理对鲜食甜玉米中主要类胡萝卜素组分的影响,以晶甜5号鲜食甜玉米为原料,采用高效液相色谱法分析速冻甜玉米烫漂条件、罐装甜玉米预煮和灭菌时间对甜玉米中常见类胡萝卜素变化的影响。结果表明:速冻甜玉米烫漂处理相同时间,蒸汽烫漂甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量高于沸水烫漂,且随着烫漂时间的增加,类胡萝卜素的含量在两种烫漂方式下均逐渐下降。对于罐装甜玉米,在20 min内,预煮时间越短总类胡萝卜素含量越高,随着预煮时间增加,仅 α -隐黄质含量有所增加,其余均逐渐下降,但预煮时间超过20 min后,总类胡萝卜素含量无明显变化;在10 min内,灭菌处理可以显著提高总类胡萝卜素含量,随着灭菌时间的增加,总类胡萝卜素含量、各种类胡萝卜素组分含量均呈下降趋势。

关键词:鲜食甜玉米;烫漂;预煮;灭菌;类胡萝卜素

Carotenoid Content Change of Fresh Sweet Corn during Different Thermal Treatments

LI Dajing^{1,2}, XIAO Yadong¹, HE Meijuan³, LIU Chunju^{1,2}, LIU Chunquan^{1,2,*}

(1. Institute of Agricultural Products Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;
2. Sub-Center of National Vegetable Processing Technology Research and Development, Nanjing 210014, China;
3. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to explore the effect of different thermal treatments on the contents of carotenoids in fresh sweet corn, changes in the contents of common carotenoids in Jingtian 5 corn kernels during blanching treatments for producing quick-frozen corn and during pre-cooking and sterilization for producing canned corn were determined using HPLC. Results showed that the contents of eight common carotenoids in steam-blanching corn were higher than in boiling water-blanching corn at the same blanching time point. The carotenoid contents in both blanching treatments decreased with the extension of blanching time. For canned corn, shortening the pre-cooking time from 20 min to 5 min resulted in higher total carotenoid contents and a gradual increase in all carotenoids except for α -cryptoxanthin. However, when the pre-cooking time exceeded 20 min, no significant change in the total content of carotenoids was found. After 10 min of sterilization, the total content of carotenoids significantly increased followed by a great decline with the extension of sterilization time, and similar trends were observed for changes in the contents of individual carotenoids.

Key words: fresh sweet corn; blanching; pre-cooking; sterilization; carotenoids content

中图分类号: TS255.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 23-0078-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201523015

鲜食玉米是指乳熟期采收、剥去苞叶,采用简单蒸煮即可食用的玉米,常见的主要有糯玉米、甜玉米、普通玉米等^[1]。鲜食玉米中含有丰富的淀粉、脂肪、多种氨基酸、微量元素和类胡萝卜素等营养物质。近几年,类胡萝卜素逐渐受到专家和学者的关注,鲜食玉米中的

类胡萝卜素主要包括新黄质、紫黄质、叶黄素、玉米黄质、 α -隐黄质、 β -隐黄质、 α -胡萝卜素和 β -胡萝卜素等。类胡萝卜素具有降血脂、降血压、预防便秘和肥胖、健脑提神^[2-4],延缓和抑制癌症、心血管疾病、老年性黄斑变性等慢性疾病^[5-6],增强机体免疫力^[7-8]等功效。

收稿日期: 2015-01-30

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201503142)

作者简介: 李大婧(1976—),女,研究员,博士,主要从事果蔬加工与综合利用研究。E-mail: lidajing@163.com

*通信作者: 刘春泉(1959—),男,研究员,硕士,主要从事农产品精深加工与产业化开发研究。E-mail: liuchunquan2009@163.com

当前有关玉米加工的研究主要集中在加工过程中品质的变化,刘春泉等^[9]对京甜紫花糯2号玉米热加工后挥发性成分进行分析,发现加工后的挥发性成分与鲜样存在很大差异。汪慧华等^[10]研究了热处理对玉米饮料色泽的影响,结果表明灭菌时间和灭菌温度对玉米饮料色泽有显著影响。董文明等^[11]通过研究灭菌方式对玉米籽粒品质的影响,发现不同灭菌方式对玉米中类胡萝卜素含量有一定影响。鲜食玉米热加工方面缺乏热处理对类胡萝卜素含量影响的详尽研究,且在一些鲜食玉米加工产品如速冻玉米、玉米罐头的加工过程中关键工序缺乏统一,导致错误的加工方法和加工条件出现,使加工产品中营养物质和某些活性成分损失,从而影响产品质量^[12]。本实验以鲜食甜玉米晶甜5号为原料,研究烫漂条件、预煮时间和灭菌时间等热处理对鲜食玉米类胡萝卜素含量的影响,以期鲜食玉米生产加工过程中如何最大限度地保留类胡萝卜素提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

晶甜5号玉米,购于江苏省明天农牧科技有限公司南京六合农产品加工中心;娃哈哈纯净水 苏果超市。

玉米黄质标准品、 β -胡萝卜素标准品、 β -隐黄质标准品 美国Sigma公司;叶黄素纯品(纯度>90%)江苏省农业科学院农产品加工研究所果蔬加工与综合利用项目组实验室自制;正己烷、无水硫酸钠、丙酮、甲苯、无水乙醇 国药集团化学试剂有限公司;甲基叔丁基醚(色谱纯)、甲醇 美国天地有限公司。

1.2 仪器与设备

BS224S电子分析天平 北京赛多利斯科学仪器有限公司;RE52CS旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;SHZ-D(III)循环水式真空泵 上海东玺制冷仪器设备有限公司;KQ-300DE型数控超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司;D10氮气吹扫仪 杭州奥盛仪器有限公司;真空冷冻干燥机 北京博医康实验仪器有限公司;THC-C-1台式冷冻恒温摇床 太仓市实验设备厂;1200高效液相色谱仪 美国Agilent科技有限公司;YMC-C₃₀色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μ m)、高速万能粉碎机 天津市泰斯特仪器有限公司;40目标准筛 浙江上虞市道墟水仙纱筛厂;电磁炉 美的集团有限公司。

1.3 方法

1.3.1 类胡萝卜素的提取

精确称量3.00 g玉米粉,加入30 mL正己烷-乙醇-丙酮-甲苯(10:6:7:7, V/V)混合液进行提取,静置3~4 h后加入2 mL质量分数为40%的氢氧化钾-甲醇溶液,摇匀后置于暗处室温下皂化,将皂化后上层清液转移至分液

漏斗,加入30 mL正己烷,摇匀后加38 mL质量分数为10%的硫酸钠溶液,分层,收集上层溶液。重复处理多次,至提取液无色。混合上层溶液,旋转蒸干,用2 mL甲醇复溶,过0.45 μ m孔径滤膜后保存于-60 $^{\circ}$ C冰箱中待测。

1.3.2 色谱和质谱条件

色谱条件:YMC-C₃₀色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μ m);流动相:A为水-甲基叔丁基醚-甲醇(5:25:70, V/V),B为水-甲基叔丁基醚-甲醇(5:85:10, V/V),梯度洗脱:0~4.5 min(5%~20% B)、4.5~12.5 min(20%~50% B)、12.5~18 min(50%~75% B)、18~24 min(75%~95% B)、24~30 min(95% B);流速:0.6 mL/min;柱温:25 $^{\circ}$ C;进样量:20 μ L。

质谱条件:色谱柱流出组分进入质谱仪的流速:10 μ L/min;离子源:APCI⁺;m/z扫描范围:80~1 000;毛细管电压:2 500 V;干燥气体:5 L;雾化气体:20 MPa;汽化温度:350 $^{\circ}$ C;蒸汽温度:400 $^{\circ}$ C;电晕电流:4 μ A。

1.3.3 标准曲线的制作

用甲醇溶解叶黄素、 β -隐黄质和玉米黄质标准品,用己烷溶解 β -胡萝卜素标准品,分别配制成质量浓度为40 μ g/mL的标准品溶液。分别进行系列标准溶液的配制。

按照1.3.3节中色谱和质谱方法,每个系列质量浓度进样3次,以进样量为横坐标,相应吸收峰面积为纵坐标进行线性回归分析,绘制标准曲线。得到叶黄素、玉米黄质、 β -隐黄质和 β -胡萝卜素的标准曲线如表1所示。

表1 4种类胡萝卜素的标准曲线
Table 1 Standard curves of four carotenoids

标准品	回归方程	相关系数	检测限/ng
叶黄素	$Y_1=28.142X_1+104.140$	0.999 1	1
玉米黄质	$Y_2=6.169X_2-32.140$	0.999 1	20
β -隐黄质	$Y_3=12.454X_3-4.086$	0.998 9	2
β -胡萝卜素	$Y_4=12.790X_4+9.600$	0.999 0	1

1.3.4 鲜食甜玉米粒热加工处理

1.3.4.1 两种鲜食玉米加工产品工艺流程

速冻甜玉米:原料采收→前处理→清洗→烫漂→冷却→冻结→包装→贮藏

甜玉米罐头:去苞叶→清洗→剥粒→预煮(烫漂)→漂洗→装罐、注液→杀菌→冷却→检验→包装→贮藏

1.3.4.2 速冻甜玉米不同烫漂条件处理

新鲜甜玉米采用沸水烫漂和蒸汽烫漂两种烫漂方式,分别烫漂5 min和10 min,即得速冻甜玉米不同烫漂条件样品。将样品冻干,过40目筛,提取甜玉米粒中类胡萝卜素,并测定其组分含量。对照组样品为未经处理的鲜食甜玉米籽粒,下同。

1.3.4.3 罐装甜玉米不同预煮条件处理

新鲜甜玉米粒分别预煮0、5、10、15、20、25 min，然后装罐封口，采用121℃高温高压杀菌20 min，冷却，即得罐装甜玉米不同预煮条件样品。将样品冻干，过40目筛，提取甜玉米粒中类胡萝卜素，并测定其组分含量。

1.3.4.4 灌装甜玉米不同灭菌条件处理

新鲜甜玉米粒沸水烫漂10 min，装罐封口，采用121℃高温高压灭菌0、10、15、20、25、30 min，即得灌装甜玉米不同灭菌条件样品。将样品冻干，过40目筛，提取甜玉米粒中类胡萝卜素，并测定其组分含量。

1.4 数据分析

每个实验做3次平行，采用SPSS 16.0软件对实验数据进行统计分析，利用Duncan's检验进行差异显著性分析，含量表述为 $\bar{x} \pm s$ 。

2 结果与分析

2.1 不同烫漂条件对速冻甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量的影响

表2 不同烫漂条件下甜玉米粒中类胡萝卜素组分含量
Table 2 Changes in carotenoid contents of corn kernels during blanching treatments

种类	对照组	沸水烫漂		蒸汽烫漂	
		5 min	10 min	5 min	10 min
新黄质	2.44±0.14 ^b	2.72±0.35 ^a	1.66±0.14 ^d	1.70±0.42 ^c	1.24±0.08 ^e
紫黄质	4.12±0.27 ^d	6.05±0.35 ^a	4.44±0.20 ^c	4.72±0.28 ^b	3.87±0.64 ^e
叶黄素	10.42±1.38 ^c	18.28±0.83 ^a	17.33±2.41 ^d	17.98±1.37 ^b	17.64±0.95 ^c
玉米黄质	11.47±0.68 ^d	18.99±0.49 ^a	18.63±0.83 ^b	18.64±0.21 ^b	18.38±0.64 ^c
α-隐黄质	6.85±0.65 ^c	8.61±0.29 ^c	8.01±0.81 ^d	11.42±0.76 ^c	10.90±1.31 ^b
β-隐黄质	5.15±0.36 ^c	7.11±0.24 ^c	7.03±0.23 ^d	7.98±0.44 ^a	7.88±0.88 ^b
α-胡萝卜素	1.65±0.34 ^c	2.99±0.27 ^a	2.74±0.62 ^c	2.94±0.57 ^b	2.69±0.43 ^d
β-胡萝卜素	1.01±0.15 ^c	2.19±0.48 ^a	1.83±0.04 ^b	1.77±0.12 ^c	1.72±0.34 ^d
总含量	43.11±0.58 ^c	66.94±0.52 ^b	61.68±0.87 ^d	67.17±0.95 ^a	64.31±0.76 ^c

注：表中数据均以干质量计；同行小写字母不同表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。下同。

由表2可知，烫漂后总类胡萝卜素含量均有增加，其中烫漂5 min后含量增加较多，原因可能是热烫处理使得酶类钝化，有效阻止了类胡萝卜素的降解^[13]，同时也改善了甜玉米的组织结构，更加利于类胡萝卜素的溶出^[14-15]。沸水烫漂和蒸汽烫漂相同时间时，蒸汽烫漂速冻甜玉米籽粒中总类胡萝卜素含量高于沸水烫漂，且具有显著性差异（ $P < 0.05$ ）。许多报道发现蒸汽烫漂更有利于对类胡萝卜素的保留，许春英等^[16]发现蒸汽烫漂南瓜中类胡萝卜素损失率低于沸水烫漂，烫漂5 min内类胡萝卜素含量变化较小。林娇芬等^[17]研究了不同杀青工艺对柿叶绿茶主要成分的影响，发现蒸汽杀青对柿叶绿茶中类胡萝卜素的保留比沸水杀青更有利。这主要是因为采用

沸水烫漂时水溶性类胡萝卜素会溶解于水中，使得总类胡萝卜素含量偏低，而蒸汽烫漂是以高温水蒸气作为加热介质，减少了水溶性类胡萝卜素组分的损失^[18]，这表明蒸汽烫漂更利于类胡萝卜素的保留。与对照组相比，烫漂处理后速冻甜玉米籽粒中主要类胡萝卜素种类没有变化。两种烫漂方式下速冻甜玉米籽粒中含量最高的类胡萝卜素为叶黄素和玉米黄质，其次为α-隐黄质和β-隐黄质，含量最少的是α-胡萝卜素和β-胡萝卜素。沸水烫漂和蒸汽烫漂5 min后玉米黄质含量分别为18.99 μg/g和18.64 μg/g，分别是对照组的1.66倍和1.63倍；另外，沸水烫漂10 min后玉米黄质含量占总类胡萝卜素含量的30.20%，在几种烫漂处理中比例最大，由此可知，烫漂处理可以显著提高玉米黄质含量。同样，烫漂处理也使叶黄素含量显著增加，其中沸水烫漂10 min时含量增加最少，为6.91 μg/g，而且不同烫漂条件下叶黄素含量之间具有显著差异性（ $P < 0.05$ ）。沸水烫漂新黄质和紫黄质含量显著高于相同时间的蒸汽烫漂，同一烫漂方式随着烫漂时间增加其含量显著下降。两种烫漂方式均会提高α-隐黄质和β-隐黄质含量。α-胡萝卜素和β-胡萝卜素含量在经过两种烫漂方式后均得到显著提高（ $P < 0.05$ ），且沸水烫漂处理其含量高于蒸汽烫漂，同一烫漂处理随着烫漂时间增加其含量有所下降，但仍与对照组存在显著差异（ $P < 0.05$ ）。因此，无论哪种烫漂方式，均会提高类胡萝卜素组分的含量，但随着烫漂时间的增加，类胡萝卜素含量显著降低（ $P < 0.05$ ），蒸汽烫漂类胡萝卜素含量一直高于沸水烫漂，综上速冻甜玉米在加工过程中选择蒸汽烫漂5 min较适宜。同时，在不同烫漂处理过程中，叶黄素、玉米黄质、α-胡萝卜素、β-胡萝卜素和新黄质的含量相差较小，而α-隐黄质和β-隐黄质在两种烫漂方式下含量差值较大，证明前5种类胡萝卜素比后两者具有较强的热稳定性。

2.2 预煮时间对罐装甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量的影响

表3 不同预煮时间甜玉米粒中类胡萝卜素含量
Table 3 Changes in carotenoid contents of corn kernels during pre-cooking

种类	μg/g					
	0 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min
新黄质	2.44±0.30 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
紫黄质	4.12±0.65 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
叶黄素	10.42±0.33 ^f	15.32±2.01 ^a	13.57±1.56 ^b	12.97±0.65 ^c	12.75±1.84 ^d	12.22±1.25 ^e
玉米黄质	11.47±0.42 ^f	20.58±1.23 ^a	17.88±1.26 ^b	18.00±0.98 ^b	17.96±1.25 ^c	17.80±1.24 ^c
α-隐黄质	6.85±0.35 ^f	11.54±0.69 ^b	11.22±1.08 ^c	10.78±0.82 ^c	11.04±0.15 ^d	11.94±0.97 ^a
β-隐黄质	6.08±0.40 ^f	7.27±0.89 ^a	7.02±1.01 ^b	6.97±0.67 ^c	6.85±0.89 ^d	6.80±0.98 ^c
α-胡萝卜素	1.65±0.26 ^c	3.47±0.12 ^a	3.01±0.33 ^b	2.96±0.24 ^b	2.98±0.46 ^b	2.99±0.36 ^b
β-胡萝卜素	1.01±0.10 ^d	1.62±0.12 ^a	1.41±0.64 ^b	1.41±0.23 ^b	1.34±0.11 ^c	1.33±0.12 ^c
总含量	43.11±0.58 ^c	60.10±0.88 ^a	54.11±0.60 ^b	53.05±0.65 ^c	52.72±0.76 ^d	52.68±0.65 ^d

由表3可知，预煮后总类胡萝卜素含量显著提高（ $P < 0.05$ ），随着时间的增加，总类胡萝卜素含量逐渐

下降,预煮20、25 min后总类胡萝卜素含量无显著变化($P>0.05$)。其中预煮5 min后含量最高,为60.1 $\mu\text{g/g}$,是对照组的1.39倍。预煮5 min与预煮25 min罐装甜玉米籽粒中总类胡萝卜素含量相差7.42 $\mu\text{g/g}$,差异显著($P<0.05$)。新黄质和紫黄质经过预煮后,检测限内未检出,表明二者在此热处理过程中很不稳定。预煮处理5 min后,叶黄素和玉米黄质含量均达到最大,分别为15.32 $\mu\text{g/g}$ 和20.58 $\mu\text{g/g}$,随着预煮时间的增加,其含量逐渐下降,且不同预煮时间罐装甜玉米籽粒中叶黄素和玉米黄质含量有显著差异($P<0.05$)。 β -隐黄质在预煮过程中与叶黄素、玉米黄质有相同变化规律,在预煮5 min后含量达到最大,此后开始逐渐降低。值得注意的是, α -隐黄质含量有特殊的变化规律,预煮5 min时含量为11.54 $\mu\text{g/g}$,随着预煮时间增加,其含量降低,但在20 min时含量快速上升,25 min时达到最大值为11.94 $\mu\text{g/g}$,显著高于预煮5 min时含量($P<0.05$)。本课题组猜测可能是 α -隐黄质在此过程中发生结构异构化,傅虹飞^[19]研究发现锦橙汁在微波热处理过程中,5,6-环氧类胡萝卜素向5,8-环氧类胡萝卜素转化, β -隐黄质发生了异构化,生成13-顺式- β -隐黄质。 α -胡萝卜素和 β -胡萝卜素含量变化具有相似的规律,预煮5 min后含量达到最大,此后含量无显著变化($P>0.05$)。综上可知,一定时间内,预煮处理可以提高罐装甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量,且预煮5 min后罐装甜玉米中总类胡萝卜素含量最高,预煮时间超过20 min含量差异不显著。因此,在罐装甜玉米加工过程中,在同一灭菌条件下,适合选用时间为5 min的预煮处理。

2.3 灭菌时间对罐装甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量的影响

表4 不同灭菌时间甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量

Table 4 Changes in carotenoid contents of corn kernels during sterilization

种类	0 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
新黄质	2.44±0.30 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
紫黄质	4.12±0.65 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
叶黄素	10.42±0.33 ^d	14.89±0.41 ^a	14.00±0.80 ^{ab}	13.25±0.82 ^b	12.53±0.82 ^{bc}	11.38±0.14 ^{cd}
玉米黄质	11.47±0.42 ^e	19.10±0.57 ^b	19.54±0.34 ^a	17.96±0.36 ^b	16.74±0.36 ^c	15.67±0.27 ^d
α -隐黄质	6.85±0.35 ^b	11.50±1.49 ^a	11.92±1.78 ^a	11.11±0.05 ^a	10.94±0.05 ^a	10.80±1.88 ^a
β -隐黄质	6.08±0.40 ^b	7.43±0.46 ^a	7.42±0.03 ^a	6.95±0.48 ^a	6.68±0.48 ^a	6.48±1.08 ^{ab}
α -胡萝卜素	1.65±0.26 ^c	3.44±0.28 ^a	3.16±0.54 ^a	2.59±0.60 ^{ab}	2.45±0.60 ^{ab}	2.48±1.02 ^{ab}
β -胡萝卜素	1.01±0.10 ^c	1.68±0.21 ^a	1.65±0.07 ^a	1.49±0.08 ^{ab}	1.21±0.08 ^{bc}	1.03±0.26 ^c
总含量	43.11±0.58 ^f	63.01±0.60 ^e	57.68±0.75 ^b	53.35±0.92 ^c	50.55±0.93 ^d	47.84±0.55 ^e

由表4可知,灭菌10 min时总类胡萝卜素含量达到最高,为63.01 $\mu\text{g/g}$;随着灭菌时间的延长,类胡萝卜素含量逐渐下降,30 min后含量为47.84 $\mu\text{g/g}$,但仍高于对照组(0 min)。因此,灭菌处理一定时间后罐装甜玉米籽粒中类胡萝卜素的保留量会提高。目前对热杀菌

对类胡萝卜素的影响众说不一, Sanchez-Moreno等^[20-21]研究发现热杀菌不会对橙汁中类胡萝卜素含量产生显著影响,番茄中类胡萝卜素在低温热力杀菌和高温热力杀菌处理下均无显著差异,王强等^[22]研究也发现高温短时间和低温长时间热杀菌对芒果果浆中类胡萝卜素含量没有显著影响,而蒋和体等^[23]研究结果得出热力杀菌会造成橙汁中类胡萝卜素的损失率达到28.62%,孙英等^[24]得出热力巴氏杀菌能显著减少胡萝卜中的类胡萝卜素含量。同预煮处理一样,新黄质和紫黄质在灭菌10 min后检测限内也未检出,证明它们在罐装甜玉米热处理过程中很容易发生降解,这可能与二者的结构有关。灭菌处理10 min后,叶黄素的含量达到最大,为14.89 $\mu\text{g/g}$,随着灭菌时间的增加,叶黄素含量逐渐下降,25 min后含量无显著变化($P>0.05$)。玉米黄质含量在灭菌10~15 min之间含量无显著变化,15 min时含量达到最大,为19.54 $\mu\text{g/g}$,之后灭菌时间越长则玉米黄质含量越低,但均高于对照组(0 min)。 α -隐黄质和 β -隐黄质经过灭菌处理后具有相似的变化规律,其含量均与对照组差异显著($P<0.05$),且在灭菌20 min后,含量均无显著变化,其中 β -隐黄质含量与对照组之间无显著差异($P>0.05$)。 α -胡萝卜素在灭菌10 min后含量达到最高,为3.44 $\mu\text{g/g}$,随着灭菌时间增加,其含量逐渐下降,灭菌15 min后含量即无显著变化($P>0.05$)。 β -胡萝卜素在灭菌20 min后含量与对照组相比无显著变化($P>0.05$)。一定时间内灭菌处理可以提高罐装甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量,灭菌时间越短则总类胡萝卜素含量越高,不同灭菌时间甜玉米中类胡萝卜素含量差异显著($P<0.05$)。

3 讨论与结论

综上可知,烫漂、预煮和灭菌处理均会提高鲜食甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量,而长时间热处理则会使类胡萝卜素含量下降,原因可能有:1)热烫处理会使得蔬菜、水果等食物中水溶性成分减少或被除去,从而提高了类胡萝卜素的提取率;2)鲜食甜玉米中类胡萝卜素可能与蛋白质结合形成复合体,热处理后改善了食物组织,使复合体发生降解,故检测到的类胡萝卜素含量增加^[25];3)由于类胡萝卜素对温度比较敏感,长时间进行热处理会使得类胡萝卜素降解,含量呈现下降趋势。

烫漂方式和烫漂时间对速冻甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量具有显著影响,相同时间烫漂处理后,蒸汽烫漂速冻甜玉米籽粒中类胡萝卜素含量高于沸水烫漂;同种烫漂方式下,随着烫漂时间的增加,类胡萝卜素含量逐渐下降。同样,一定时间内,预煮和灭菌处理也可提高罐装甜玉米籽粒中类胡萝卜素组分含量。在20 min内,

预煮时间越短则类胡萝卜素含量越高,随着预煮时间增加,含量处于下降趋势;灭菌10 min类胡萝卜素含量最高,随着灭菌时间的增加,类胡萝卜素含量显著下降,各种类胡萝卜素组分含量均处于下降趋势。因此,对于速冻甜玉米,应利用蒸汽烫漂5 min进行热处理以期保留最多的类胡萝卜素;对于罐装甜玉米,可进行5 min预煮和10 min灭菌处理,此时类胡萝卜素的保留率最大。

参考文献:

- [1] 闫金婷, 张创新, 潘峰, 等. 鲜食玉米生产现状与发展趋势[J]. 保鲜与加工, 2005, 5(4): 45-46.
- [2] 沈雪芳, 王义发. 蔬菜玉米的营养价值及产品加工[J]. 上海农业科技, 1998(2): 48-49.
- [3] 董文彦, 马熙媛, 张东平, 等. 玉米胚的营养成分及其控制体重, 预防心脏病变作用研究[J]. 食品科学, 2003, 24(6): 132-135.
- [4] 杨若明, 李玉田. 玉米鲜食的功效和鲜食玉米的研究开发[J]. 北京农业科学, 1997, 15(5): 40-42.
- [5] 刘亚年. 玉米的营养价值与人的健康[J]. 粮食与饲料工业, 1993(5): 25-26.
- [6] RAPP L M, MAPLE S S, CHOI J H. Lutein and zeaxanthin concentrations in rod outer segment membranes from perifoveal and peripheral human retina[J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2000, 41(5): 1200-1209.
- [7] 李涛, 张慧, 张志忠, 等. β -隐黄质的特性及其应用[J]. 中国食品添加剂, 2011(4): 156-158.
- [8] 韩雅珊. 类胡萝卜素的功能研究进展(综述)[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(1): 5-9.
- [9] 刘春泉, 宋江峰, 刘玉花, 等. 京甜紫花糯2号玉米软罐头加工过程中风味成分变化[J]. 核农学报, 2010, 24(3): 555-561.
- [10] 汪慧华, 赵晨霞, 廖小军, 等. 热处理对加工紫玉米饮料颜色的影响[J]. 食品工业, 2012, 33(4): 4-6.
- [11] 董文明, 袁唯, 杨振生. 真空软包装甜玉米穗保鲜加工技术研究[J]. 玉米科学, 2005, 12(4): 99-101.
- [12] 冯凤琴, 王世恒. 热处理条件对真空包装甜玉米品质和储藏期影响的研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(4): 216-220.
- [13] LEMMENS L, TIBACK E, SVELANDER C, et al. Thermal pretreatments of carrot pieces using different heating techniques: effect on quality related aspects[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(4): 522-529.
- [14] MAYER-MIEBACH E, SPIE S S W. Influence of cold storage and blanching on the carotenoid content of Kintoki carrots[J]. Journal of Food Engineering, 2003, 56(2/3): 211-213.
- [15] 潘东芬. 高压脉冲电场处理对胡萝卜汁的杀菌效果及品质影响研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011: 50.
- [16] 许春英, 乔长晟, 贾士儒, 等. 天然南瓜粉生产工艺及关键技术的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 377-380.
- [17] 林娇芬, 林河通, 陈绍军, 等. 杀青工艺对柿叶绿茶主成分的影响[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2005, 34(2): 229-233.
- [18] 邢淑婕, 刘开华. 蔬菜速冻工艺研究进展[J]. 长江蔬菜, 2004(1): 37-41.
- [19] 傅虹飞. 柑橘类胡萝卜素的构效关系研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010: 46-51.
- [20] SANCHEZ-MORENO C, PLAZA L, ELEZ-MARTINEZ P, et al. Impact of high pressure and pulsed electric fields on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice in comparison with traditional thermal processing[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(11): 4403-4409.
- [21] SANCHEZ-MORENO C, PLAZA L, de ANCOS B, et al. Impact of high-pressure and traditional thermal processing of tomato puree on carotenoids, vitamin C and antioxidant activity[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86(2): 171-179.
- [22] 王强, 熊政委. 超高压与热处理对芒果果浆抗氧化成分及抗氧化能力的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 204-209.
- [23] 蒋和体, 钟林. 超高压处理对橙汁品质影响研究[J]. 食品科学, 2009, 30(17): 24-29.
- [24] 孙英, 廖小军, 胡小松. 加工单元操作对胡萝卜汁理化指标和果肉颗粒大小的影响[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(5): 14-17.
- [25] 惠伯棣. 类胡萝卜素化学及生物化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005: 199-209.