

# 花椰菜种质资源遗传完整性变化的生理生化特性研究

任喜波, 袁进成, 戴希尧, 姚太梅, 宋雅欣, 白春柳

(河北北方学院 园艺系, 河北 张家口 075131)

**摘要:**为了找到适合表现花椰菜种质遗传完整性的生理生化指标, 为作物种质资源的收集和保存工作提供依据。以 3 个品种的花椰菜种质为试材, 研究了经老化处理后种子的发芽率、发芽势、过氧化物酶(POD)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量、可溶性糖含量和电导率值的变化。结果表明:随着老化处理时间的加长, 种子发芽率和发芽势、过氧化物酶、超氧化物歧化酶活性和丙二醛含量均呈下降状态, 可溶性糖含量以及电导率值显著增加。由相关性分析可知, 不同品种最适的遗传完整性评价指标不同, POD 活性、SOD 活性、电导率值和可溶性糖含量能够作为花椰菜品种遗传完整性的评价指标。

**关键词:**花椰菜; 老化处理; 遗传完整性; 生理指标; 生化指标

**中图分类号:**S 635.302.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)10-0019-05

种质遗传完整性指种质资源能够保持其原始遗传组成状态, 即在种质繁殖、保存过程中其群体的遗传组成状态保持不变<sup>[1]</sup>。我国作物种质资源的收集和保存发展速度较快, 截至 2002 年底, 国家种质库中贮存的种质总量已达 33 万余份, 长期保存的种质数量居世界前列<sup>[2]</sup>, 为我国的作物育种工作与生产提供了可靠的基础和保障。但随着时间的延长, 一些新的问题逐渐被发现, 如在德国的 Catorsleben 基因库由于必要的制冷设置和干燥设置未及时到位, 导致有些种子仅贮存不到 15 年, 其发芽率已降至 10% 以下<sup>[3-4]</sup>; 同样, 在对我国长期种质库中贮存的种子进行生活力监测工作过程中, 也发现了 0.15% 的种子发芽率明显下降(发芽率从 85% 以上降至 70% 以下)<sup>[5]</sup>。可见, 确保种质在贮藏及更新过程中维持其遗传完整性是种质安全保存研究的关键所在<sup>[6-7]</sup>。为此, 开展种质材料的遗传完整性的研究工作是必要的。纵观种质遗传完整性生理生化变化规律不难发现, 人们对于十字花科作物的遗传完整性研究

较少, 而对于花椰菜种质资源遗传完整性的变化的研究更是少见<sup>[8]</sup>。因此, 该试验着重于研究花椰菜种质资源遗传完整性变化的生理生化特性方面的研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为“青松 55”、“雪白 70 天”和“一代龙峰”3 个不同花椰菜品种的种子。

### 1.2 试验方法

将花椰菜种子在高温、高湿条件下(RH=100%, T=(45±1)℃)进行老化处理, 处理时间分别 0、24、48、72、96、120 h, 以 0 h 处理为对照(CK), 通过发芽试验确定种子发芽率以及发芽势<sup>[9]</sup>, 并测定不同发芽率种子的过氧化物酶活性、超氧化物歧化酶活性、丙二醛、可溶性糖含量以及电导率的相关数据。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 老化处理** 将盛有种子的培养皿摆放到底部加有 1 L 蒸馏水的干燥器中, 待恒温箱温度升至 45℃ 后, 将干燥器放入恒温箱中; 按照预订处理时间, 分批放入种子。处理完成后, 取出全部培养皿, 每处理分取 50 粒进行发芽试验。

**1.3.2 发芽率、发芽势的测定** 种子发芽率的测定根据《国际种子检验规程》<sup>[10]</sup>进行。每个处理 50 粒种子。于 25℃ 恒温条件下在培养箱中进行黑暗培养。分别处理 7 d 和 5 d 后计算相应的发芽率、发芽势。发芽率(%)=7 d 时发芽的花椰菜种子数/供试种子数×100; 发芽势

**第一作者简介:**任喜波(1978-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为蔬菜遗传育种。E-mail:renxibo@163.com.

**基金项目:**河北省科学技术研究与发展计划资助项目(11220162); 张家口市科学技术研究与发展计划资助项目(1012005C, 1112012C); 河北北方学院创新团队资助项目(CXTD1307); 河北北方学院重大资助项目(ZD201309); 河北北方学院重点试验生命科学研究中心资助项目。

**收稿日期:**2016-02-14

(%)=5 d时发芽的花椰菜种子数/供试种子数×100。

1.3.3 生理生化指标的测定 过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法<sup>[11]</sup>;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用邻苯三酚自氧化法<sup>[12]</sup>;丙二醛(MDA)含量测定采用TCA法<sup>[13]</sup>;种子浸出液电导率值测定采用DDSJ-308A型电导率仪法;可溶性糖含量测定采用硫酸-蒽酮法<sup>[14]</sup>。

#### 1.4 数据分析

利用Excel 2003对数据进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 发芽率与发芽势变化

由图1可以看出,经过老化处理后,各品种的发芽率和发芽势与对照相比均明显下降。“青松55”的发芽率最高,经老化处理后发芽率仍高于其它2个品种;“雪白70天”发芽率位居第2位,“一代龙峰”发芽率最低,再经120 h老化处理后,二者发芽率基本相等。说明相同

条件下,不同品种的发芽率变化是不同的,其中“青松55”表现比较稳定。不同老化处理条件下“青松55”的发芽率均保持很高的水平;“雪白70天”发芽势位为第2位,“一代龙峰”发芽势最低。

由表1可以看出,经老化处理后,各品种发芽率均明显下降。在对照样本中,“青松55”的发芽率最高,为100.00%，“一代龙峰”的发芽率最低,为76.67%;经过老化处理120 h后,“青松55”的下降率最低,为53.33%，“雪白70天”受高温高湿条件影响最大,下降百分率为75.00%。

在对照样本中,“青松55”的发芽势明显高于其它品种,值为93.33%；“一代龙峰”发芽势最低,为66.67%。经过120 h老化处理后,发芽势变化最小的品种是“青松55”,下降百分率为53.57%,明显低于另外2个品种,表现稳定;发芽率下降百分率最高的品种是“雪白70天”,下降百分率高达84.62%,说明其受高温高湿条件的影响最大,老化程度强。

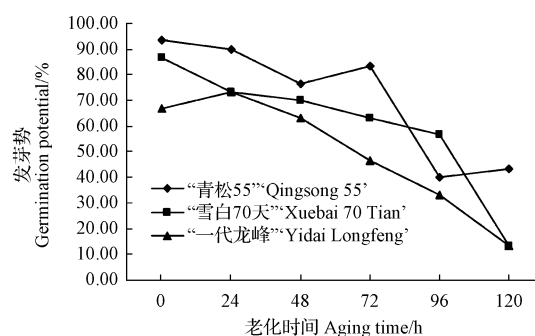
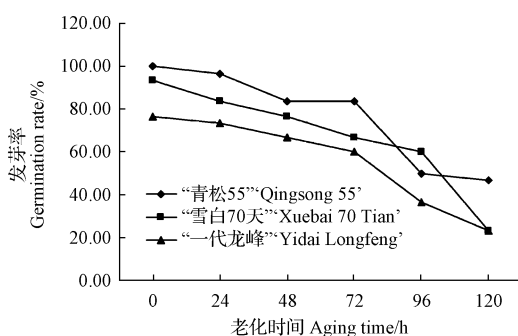


图1 不同老化时间下种子的发芽率和发芽势

Fig. 1 Seed germination rate and germination potential at different aging time

表1

老化处理后发芽率和发芽势变化

Table 1

Change of germination rate and germination potential after aging treatment

品种 Variety	发芽率 Germination rate/ %			发芽势 Germination potential/ %		
	CK	老化 120 h	下降百分点	CK	老化 120 h	下降百分点
“青松 55”“Qingsong 55”	100.00	46.67	53.33	93.33	43.33	53.57
“雪白 70 天”“Xuebai 70 Tian”	93.33	23.33	75.00	86.67	13.33	84.62
“一代龙峰”“Yidai Longfeng”	76.67	23.33	69.57	66.67	13.33	80.00

### 2.2 过氧化物酶(POD)活性和超氧化物歧化酶(SOD)活性变化

由图2可知,随着老化时间的加长,各品种POD活性均呈下降趋势。“青松55”的POD活性高于其它2个品种。而“雪白70天”和“一代龙峰”2个品种在整个处理过程中酶活性相差不大,只有在处理48 h左右时,“雪白70天”酶活性略高。SOD活性随着老化时间的加长而下降。其变化幅度总体来讲比较小,并且各品种间差异不大。在对照样本中,“青松55”和“雪白70天”SOD活性差异不大,“一代龙峰”酶活性最低。在处理120 h后,3个品种酶活性基本相同,“一代龙峰”酶活性略低。可见对于该指标品种间差异并不明显。

由表2可以看出,经老化处理后,各品种POD活性均呈下降趋势。在对照样本中,“青松55”酶活性最高,为 $84.77 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，“雪白70天”活性最低,为 $73.19 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。在经过120 h老化处理后,“青松55”的下降率最低,为27.60%；“雪白70天”下降率最高,为31.83%。

在对照样本中,“青松55”的SOD活性最高,其值为 $54.97 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，“雪白70天”的SOD活性次之,为 $53.40 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，“一代龙峰”为 $48.20 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,活性最差。在经过120 h的老化处理后“一代龙峰”的酶活性下降率最低,下降了15.01%，“青松55”的下降百分率最高,为21.59%。

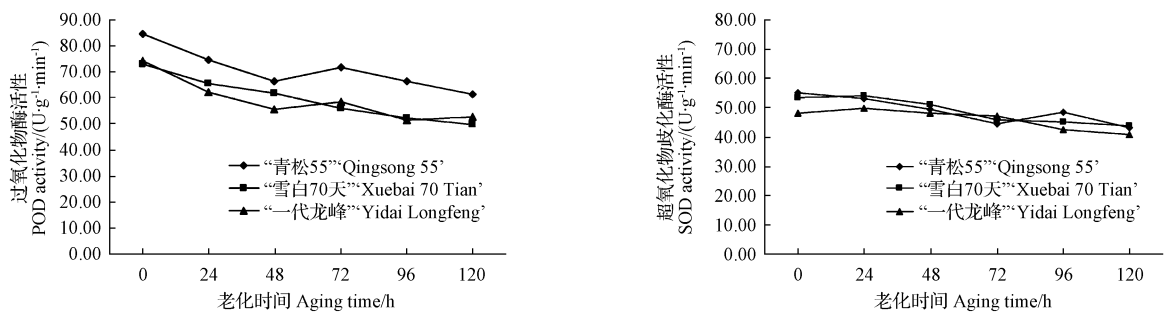


图 2 不同老化时间下 POD 活性和 SOD 活性变化

Fig. 2 Change of POD activity and SOD activity at different aging time

表 2 老化处理后 POD 活性和 SOD 活性变化

Table 2 Change of POD activity and SOD activity after aging treatment

品种 Variety	过氧化物酶活性 POD activity/(U · g <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> )			超氧化物歧化酶活性 SOD activity/(U · g <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> )		
	CK	老化 120 h	下降百分率/%	CK	老化 120 h	下降百分率/%
“青松 55”“Qingsong 55”	84.77	61.37	27.60	54.97	43.10	21.59
“雪白 70 天”“Xuebai 70 Tian”	73.19	49.90	31.83	53.40	43.73	18.11
“一代龙峰”“Yidai Longfeng”	74.29	52.68	29.09	48.20	40.97	15.01

2.3 丙二醛(MDA)含量和电导率值的变化

由图 3 可以看出,丙二醛含量虽然在处理过程中有一定变化波动,但其老化结束后的值与对照样本并没有太大变化。在相同条件下,不同品种的丙二醛含量与变化趋势有所不同。“雪白 70 天”在对照样本中丙二醛含量最高,“青松 55”和“一代龙峰”丙二醛含量在处理之前基本相等。

与对照相比,种子浸出液电导率呈明显上升状态。在处理初期上升趋势并不明显,随着处理时间的加长,各品种上升幅度普遍增大。其中“青松 55”在处理前电导率含量最高,“雪白 70 天”次之,“一代龙峰”在处理前电导率值最低。经老化处理后,“雪白 70 天”电导率值最

高,“青松 55”值最低。

由表 3 可以看出,在对照样本中,“雪白 70 天”的丙二醛含量最高,为 3.04  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ ,“青松 55”最低,为 2.73  $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。但总体相差并不大。在经过老化处理后,只有“一代龙峰”的丙二醛含量呈上升状态,上升百分率为 6.03%;另外 2 个品种呈不同程度的下降状态,“一代龙峰”受高温环境影响最大。在对照样本中,“青松 55”电导率值含量最高,为 535.14  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ,“一代龙峰”含量最低,为 362.79  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。在经过 120 h 高温高压条件下的老化处理后,“青松 55”上升百分率最低,为 25.55%,可见表现比较稳定;“一代龙峰”上升 128.82%,上升百分率最高。

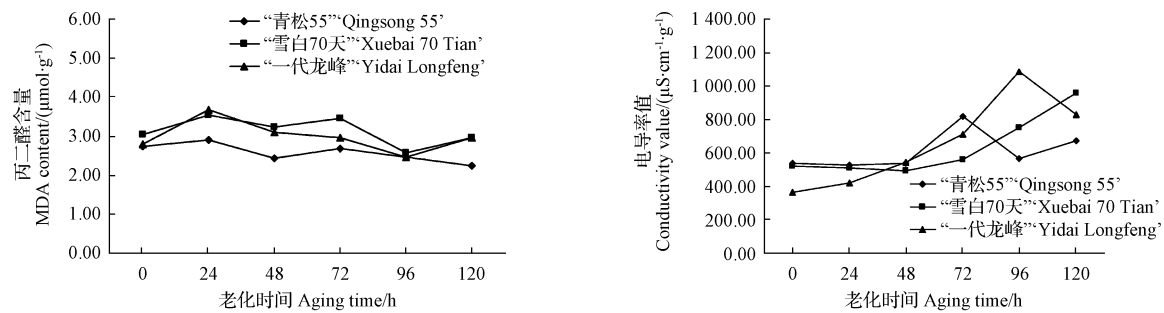


图 3 不同老化时间下丙二醛含量和电导率值变化

Fig. 3 Change of MDA content and conductivity value at different aging time

表 3 不同老化时间下丙二醛含量和电导率值变化

Table 3 Change of MDA content and conductivity value after aging treatment

品种 Variety	丙二醛含量 MDA content/( $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ )			电导率值 Conductivity value/( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ )		
	CK	老化 120 h	变化百分率/%	CK	老化 120 h	变化百分率/%
“青松 55”“Qingsong 55”	2.73	2.25	-17.57	535.14	671.85	25.55
“雪白 70 天”“Xuebai 70 Tian”	3.04	2.96	-2.85	520.06	957.45	84.10
“一代龙峰”“Yidai Longfeng”	2.78	2.95	6.03	362.79	830.15	128.82

## 2.4 可溶性糖含量变化

由图4可知,与对照样本相比,各品种花椰菜种质中可溶性糖含量呈明显上升趋势。在老化处理前,“雪白70天”可溶性糖含量最高,“一代龙峰”含量最低;经老化处理后,“一代龙峰”可溶性糖含量最高,“青松55”含量最低。

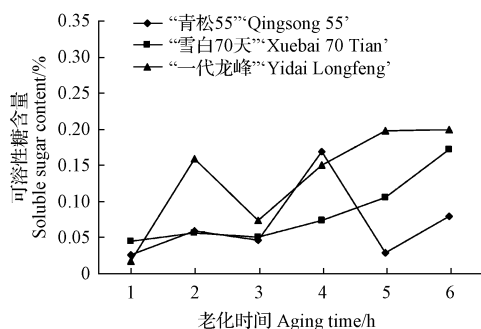


图4 不同老化时间下可溶性糖含量变化

Fig. 4 Change of soluble sugar content at different aging time

由表4可知,在经过120 h 高温高压条件下的老化处理后,“青松55”上升百分率最低,为210.88%,表现最稳定,受老化处理影响最小;“一代龙峰”上升百分率最高,值为1082.47%。

表4 老化处理后可溶性糖含量变化

Table 4 Change of soluble sugar content after aging treatment %

品种 Variety	可溶性糖含量 Soluble solid content		
	CK	老化 120 h Aging 120 hours	上升百分率 Rising percentage
“青松 55”“Qingsong 55”	0.03	0.08	210.88
“雪白 70 天”“Xuebai 70 Tian”	0.04	0.17	284.05
“一代龙峰”“Yidai Longfeng”	0.02	0.20	1082.47

## 2.5 发芽率与各指标相关系数

由表5可知,发芽率与SOD活性、POD活性和MDA含量呈正相关,与电导率值和可溶性糖含量呈负相关。不同品种适合分析指标不同,“青松55”与丙二醛相关性最强( $r=0.83$ ),适合用MDA含量进行分析;“雪白70天”与糖相关性最强( $r=0.98$ ),适合用糖含量进行分析;“一代龙峰”与SOD活性相关性最强( $r=0.98$ ),适合用SOD活性进行分析。

表5 不同老化处理发芽率与老化指标相关系数

Table 5 Correlation coefficients of germination rate and aging indicators at different aging treatment

品种 Variety	电导率 Conductivity	丙二醛 MDA	可溶性糖 SOD活性 POD活性		
			Soluble sugar	SOD activity	POD activity
“青松 55”“Qingsong 55”	-0.49	0.83	-0.36	0.72	0.82
“雪白 70 天”“Xuebai 70 Tian”	-0.93	0.39	-0.98	0.86	0.89
“一代龙峰”“Yidai Longfeng”	-0.86	0.47	-0.76	0.98	0.76
3个品种 Three varieties	-0.74	0.22	-0.74	0.84	0.81

## 3 结论与讨论

花椰菜种子经老化处理后,试验样本的发芽率和发芽势随老化时间加长明显下降,与刘明久等<sup>[15]</sup>研究老化处理对玉米种子活力的影响结果一致。同时该试验可以看出,在老化初期花椰菜种子发芽率下降缓慢,后期下降幅度变大。

SOD活性、POD活性和MDA含量随着老化时间的加长缓慢下降;POD和SOD是细胞内清除活性氧的重要的酶,较高的保护酶活性的存在,能够延缓种子的衰老<sup>[16]</sup>。该试验中花椰菜种子POD和SOD的活性也随着老化时间的增加而下降,与研究结果一致。MDA及其类似物能直接对细胞产生毒害作用,使种子劣变加快<sup>[17]</sup>;但在该试验中,处理前期MDA含量增加缓慢,在处理最后呈下降趋势,说明可能在试验中膜脂过氧化作用虽然不明显,但MDA的逐渐积累可抑制保护酶的活性,进而促进花椰菜种子的老化。

试验中种子浸出液电导率值和可溶性糖含量随着老化时间的延长而大幅上升。KALPANA等<sup>[18]</sup>研究发现,随着种子劣变的发生,会引起膜结构的损伤,进而造成渗出液的可溶性糖含量增加;种子的电导率会影响种子吸胀初期细胞膜重建和损伤修复的能力,种子活力越高,其电导率则越小<sup>[19]</sup>。该结论在该试验中得以证实,种子电导率和可溶性糖含量都随老化时间有所增加。

SOD活性、POD活性和MDA含量与发芽率呈正相关;可溶性糖含量和电导率值与发芽率呈负相关。不同品种最适的遗传完整性评价指标不同。对于花椰菜而言,POD活性、SOD活性,电导率值和可溶性糖含量能够较好地表现出其遗传完整性变化。

(该文作者还有张琰,单位同第一作者。)

## 参考文献

- [1] 盖钧镒. 植物种质群体遗传结构改变的测度[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(1): 1-8.
- [2] 卢新雄, 陈晓玲. 我国作物种质资源保存与研究进展[J]. 中国农业科学, 2003, 36(10): 1125-1132.
- [3] 朱世杨, 张小玲, 罗天宽, 等. 储藏时间对花椰菜种子活力及生理生化性状的影响[J]. 西南农业学报, 2011, 23(6): 1855-1859.
- [4] SPECHT C E, KELLER E R J, FREYTAG U, et al. Survey of seed germinability after long-term storage in the Gatersleben genebank[J]. Plant Genetic Resources Newsletter (IPGRI/FAO), 1997, 111: 68-64.
- [5] 卢新雄, 崔聪淑, 陈晓玲, 等. 国家种质库部分作物种子生活力监测结果与分析[J]. 植物遗传资源学报, 2001, 17(2): 1-5.
- [6] 卢新雄, 陈晓玲, 陈叔平. 低温库种质安全保存理论的研究进展[J]. 植物遗传资源科学, 2004, 1(2): 54-58.
- [7] CLARK R L, SHANDS H L, BRETTING P K, et al. Managing large diverse germplasm collections[J]. Crop Science, 1997, 37(1): 1-6.
- [8] 孙群, 王建华, 孙宝启. 种子活力的生理和遗传机理研究进展[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 48-53.
- [9] 颜启传. 种子学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 110-116, 425-432.



- [10] 国际种子检验协会(ISTA). 国际种子检验规程[M]. 北京:中国农业出版社,1996.
- [11] 徐朗莱,叶茂炳. POD活性的连续测定[J]. 南京农业大学学报,1989,12(3):82-83.
- [12] 邹国林,佳兴芬,钟晓凌,等. 一种SOD的测活方法-邻苯三酚自氧化法的改进[J]. 生物化学与生物物理进展,1986(4):71.
- [13] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:123-258.
- [14] 郭晓蕾,朱思潮,翟旭峰,等. 硫酸蒽酮法与硫酸苯酚法测定灵芝多糖含量比较[J]. 中华中医药学刊,2010(9):2000-2002.
- [15] 刘明久,王铁固,陈世林. 玉米种子人工老化过程中生理特性与种子

活力的变化[J]. 核农学报,2008,22(4):510-513.

- [16] 潘安中,谢树莲,秦雪梅. 不同年份柴胡种子SOD、POD活性与发芽率的测定[J]. 天津中医药,2008,25(3):243-245.
- [17] 谭美莲,校凝凝,严明芳,等. 人工老化对向日葵活力及生理特性的影响[J]. 安徽农业科学,2010(4):12319-12322.
- [18] KALPANA R, MADHAVA R V. Lipid changes durring accelerated aging of seeds of pigeon pea cultivars[J]. Seed Science and Technology, 1996, 24: 475-485.
- [19] 李永刚,王正旭,杨民峰,等. 电导率法测定烟草种子发芽率的研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(34):15052.

## Study on Physiological and Biochemical Characteristics and Genetic Integrity in Cauliflower

REN Xibo, YUAN Jincheng, DAI Xiyao, YAO Taimei, SONG Yaxin, BAI Chunliu, ZHANG Yan  
(Horticulture Department, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075131)

**Abstract:** In order to find the cauliflower genetic integrity of physiological and biochemical change rule, to provide the basis for crop germless collection and preservation work. With three varieties of cauliflower as test materials, after aging treatment was conducted to study the seed germination rate, germination potential, hydrogen peroxide enzyme (POD), super oxide dismutase (SOD) activity, malondialdehyde (MDA) content, soluble sugar content and conductivity value changes. The results showed that seed germination rate and germination energy were significantly decreased; POD activity, SOD activity and MDA decreased, a significant increase in soluble sugar content and conductivity value as the lengthen of aging treatment time. By the correlation analysis, different kind of genetic integrity of the optimal evaluation, POD activity, SOD activity, soluble sugar content and conductivity value could be used as the genetic integrity of cauliflower evaluation.

**Keywords:** cauliflower; aging treatment; genetic integrity; physiological indexes; biochemical indicators

## 花椰菜及其营养分析

### 知识窗

花椰菜(*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)属十字花科芸薹属蔬菜,为甘蓝的变种,又称花菜、菜花或椰菜花。花椰菜的头部为白色花序,与西兰花的头部类似。花椰菜富含维生素B群、C群。这些成分属于水溶性,易受热分解而流失,所以花椰菜不宜高温烹调,也不适合水煮。原产地中海沿岸,其产品器官为洁白、短缩、肥嫩的花蕾、花枝、花轴等聚合而成的花球,是一种粗纤维含量少,品质鲜嫩,营养丰富,风味鲜美,人们喜食的蔬菜。

**1. 抗癌防癌** 菜花已被各国营养学家列入人们的抗癌食谱。菜花含有抗氧化防癌症的微量元素,长期食用可以减少乳腺癌、直肠癌及胃癌等癌症的发病几率。据美国癌症协会的报道,在众多的蔬菜水果中,菜花、大白菜的抗癌效果最好。

**2. 清化血管** 菜花是含有类黄酮最多的食物之一,类黄酮除了可以防止感染,还是最好的血管清理剂,能够阻止胆固醇氧化,防止血小板凝集成块,因而减少心脏病与中风的危险。

**3. 丰富的维K** 有些人的皮肤一旦受到小小的碰撞和伤害就会变得青一块紫一块的,这是因为体内缺乏维生素K的缘故。补充的最佳途径就是多吃菜花。

**4. 解毒肝脏** 多吃菜花还会使血管壁加强,不容易破裂。丰富的维生素C含量,使菜花可增强肝脏解毒能力,并能提高机体

的免疫力,可防止感冒和坏血病的发生。

**5. 维C使者** 菜花的维生素C含量极高,不但有利于人的生长发育,更重要的是能提高人体免疫功能,促进肝脏解毒,增强人的体质,增加抗病能力,提高人体机体免疫功能。尤其是在防治胃癌、乳腺癌方面效果尤佳,研究表明,患胃癌时人体血清硒的水平明显下降,胃液中的维生素C的浓度也显著低于正常人,而菜花不但能给人补充一定量的硒和维生素C,同时也能供给丰富的胡萝卜素,起到阻止癌前病变细胞形成的作用,抑制癌肿生长。

**6. 生物活性** 据美国营养学家研究,菜花内还有多种吲哚衍生物,此化合物有降低人体内雌激素水平的作用,可预防乳腺癌的发生。此外,研究表明,菜花中提取的一种酶能预防癌症,这种物质叫萝卜素,有提高致癌物解毒酶活性的作用;另外菜花中还含有二巯酚硫酮,可以降低形成黑色素的酶及阻止皮肤色素斑的形成,经常食用可滑润开胃,对肌肤有很好的美白效果。相关人群一般人群均可食用,没有特殊禁忌。适宜生长发育期的儿童、生活在污染环境中肝脏易遭到毒害的以及一切希望抵制癌瘤染身的人们食用;对食欲不振、消化不良、大便干结者都有帮助。

(摘自:百度百科)