

# 锥栗贮藏温度对淀粉降解速率的影响

孙沈鲁, 陈锦权

(福建农林大学食品科学学院, 福州 350001)

**摘要:** 研究了3个不同锥栗品种在1, 5, 10 等不同温度下贮藏120 d, 并研究了贮藏过程淀粉含量的变化和淀粉降解速率, 将降解速率与贮藏温度、品质变化和贮藏时间相关联, 建立了锥栗贮藏方程。根据该方程, 淀粉的含量随贮藏时间和贮藏温度的提高而降低, 在试验范围内, 低温效果比高温效果好。锥栗的品质与贮藏时间、贮藏温度和品种有关。

**关键词:** 锥栗; 淀粉; 降解速率; 贮藏

中图分类号: S379; TS255.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0222-03

## 0 引言

锥栗 (*Castanea henryi*) 俗称榛子, 属壳斗科。锥栗营养丰富, 品质上乘, 具有健脾、补肾、健胃强体等保健功能, 是中国南方重要的木本粮食果树<sup>[1]</sup>。锥栗果实中富含淀粉、糖、脂肪、微生素A、B, 还含有抗坏血酸和胡萝卜素以及Ca、P、Fe等矿物质, 其中蛋白质含量是大米的几倍, 碳水化合物含量比小麦高, 脂肪含量比稻米高2~3倍<sup>[2]</sup>。锥栗产品远销海内外, 市场前景广阔。近几年来, 在闽北、浙南大量投产, 为农民脱贫致富提供了很好的途径。但因为锥栗的收获期短, 采收后的贮藏问题就显得十分重要。

近几年来, 陆续发表了有关于锥栗和板栗贮藏的研究报道<sup>[3,4]</sup>, 但对于贮藏过程的指标变化尤其是比较全面、合理地描述各相关因素的贮藏模型尚未见到。锥栗在贮藏过程中, 生理生化代谢和物质降解的过程是连续进行的, 品质的变化也是连续的, 因此如何确定贮藏时间就显得有些困难, 如何确定贮藏时间是本文所要解决的问题。笔者认为, 贮藏时间的确定与品质的变化量有关, 贮藏时间短, 产品鲜度高, 品质变化量少, 反之亦然; 影响品质的指标是多种多样的, 需要选用有代表性的指标对锥栗的质量进行判别, 根据该指标变化量来确定产品的贮藏期。

锥栗中淀粉的含量为40%左右, 是锥栗的重要组成部分, 对锥栗的贮藏性和保持其品质起着重要作用, 也是衡量锥栗品质的重要指标之一。贮藏过程中由于淀粉的降解, 品质也不断下降, 本试验以锥栗中淀粉含量为指标, 测定贮藏期淀粉含量的变化, 通过回归拟合推算出贮藏过程锥栗中淀粉的降解速率, 并将淀粉降解速率与Arrhenius方程相关联, 建立淀粉降解速率与贮藏的温度的关系的方程式, 对锥栗的贮藏进行描述。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

收稿日期: 2003-11-18 修订日期: 2004-07-09

作者简介: 孙沈鲁(1960-), 女, 助理研究员, 博士生, 福州市金山福建农林大学食品科学学院, 350001

通讯作者: 陈锦权(1954-), 博士, 教授, 院长, 福州市金山福建农林大学食品科学学院, 350001

### 1.1.1 材料

供试验使用的锥栗购自福建省建瓯市水源乡, 在锥栗果接近成熟前从树上采摘, 品种有长芒、黄榛、油榛3个品种。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 锥栗中淀粉含量的测定

将3个不同的品种分成9个试验小组, 分别在0、5和10 温度下进行贮藏试验, 每隔一定的时间分别测定锥栗中的淀粉含量, 每次进行两次的重复试验取平均值。

#### 1.2.2 试验方法<sup>[4]</sup>

采用比色法快速测定。取配制好的样品稀释液0.25 mL, 在640 nm 下测定样品光密度, 查标准曲线得样品测定液中的淀粉含量。并计算出锥栗中的实际淀粉含量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 锥栗贮藏淀粉降解的理论测算

锥栗中淀粉的降解速率是指单位时间内单位质量锥栗中淀粉的减少量。因为降解反应的过程是连续的, 所以可以用方程式来描述。在锥栗中, 淀粉占总物质量的大部分, 因此对于淀粉而言, 可以假设反应速度与淀粉量无关, 或者说淀粉的降解反应速率是淀粉含量的零级反应, 描述如下

$$-\frac{dQ}{dt} = k \quad (1)$$

式中 “-”——表示递减的趋势;  $Q$ ——淀粉含量;  $\frac{dQ}{dt}$ ——表示淀粉含量的变化速率;  $t$ ——表示时间;  $k$ ——表示常数。

对式(1)分离变量得并积分得到

$$Q = -kt + C \quad (2)$$

将初始条件  $t = 0$  时,  $Q = Q_0$  代入式(2) 得到  $C = Q_0$ , 因此有

$$Q = Q_0 - kt \quad (3)$$

根据Arrhenius方程<sup>[6,7]</sup>, 反应速率常数  $k$  与温度的关系可以表示为

$$\frac{d[\ln(k)]}{dT} = \frac{E_a}{RT^2} \quad (4)$$

式中  $E_a$ ——活化能;  $R$ ——气体常数;  $T$ ——绝对温度, 将上式积分得到

$$\ln k = \ln k^* - \frac{E_a}{RT} \quad (5)$$

或者写成

$$k = k^* \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (6)$$

### 2.2 锥栗贮藏试验结果与拟合参数

在贮藏过程中, 锥栗中淀粉的含量随时间的推移而逐步降低, 例如, 将长芒品种在 0 下贮藏, 对所测定的淀粉含量数据根据式(3)进行线性回归<sup>[5]</sup>, 得到线性方程  $Q = 34.2783 + 0.05569t$ , 该方程表示在温度  $T = 273 \text{ K}$  时, 该锥栗品种的淀粉的初始含量为  $Q_0 = 34 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 淀粉的降解速率常数  $k = 0.0569 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ , 试验数据与回归方程见图 1。

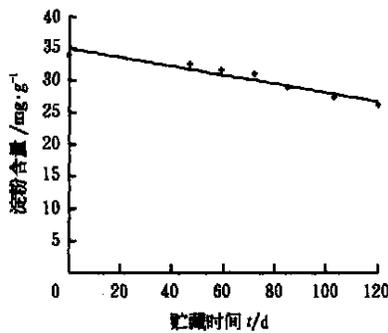


图 1 贮藏过程中淀粉含量随时间变化的关系

Fig 1 Starch content vs storage time

将 3 种不同品种的锥栗分别在 0、5 和 10 下进行贮藏, 分别测定淀粉含量并进行线性回归, 得到不同的降解反应速率常数  $k$  和初始淀粉含量  $Q_0$ , 见表 1。

表 1 锥栗淀粉的降解速率参数

Table 1 Decomposition rates and parameters of *castanea henryi*

温度 /	长芒		黄榛		油榛	
	$k$	$Q_0$	$k$	$Q_0$	$k$	$Q_0$
1	0.05569	34.2783	0.05940	33.3638	0.06315	35.4318
5	0.06451	34.8403	0.06596	32.7219	0.06440	35.1246
10	0.06485	34.9196	0.06810	32.3600	0.06728	34.0496

将同一品种在 3 个不同的温度下贮藏得到的不同降解反应速率常数  $k$  根据式(5)  $\ln k = \ln k^* - \frac{E_a}{RT}$  与该点的温度  $T$  按最小二乘法进行拟合, 得到反应活化能  $E_a$  和极限降解反应速率常数  $k^*$  等参数, 各参数分别见表 2, 拟合结果见图 2。

表 2 锥栗不同品种的  $E_a$  和  $k^*$

Table 2  $E_a$  and  $k^*$  of different cultivars of *castanea henryi*

品种 $s$	长芒	黄榛	油榛
$k^* / \text{mg} \cdot (\text{g} \cdot \text{d})^{-1}$	6.5365	4.2836	0.4698
$E_a / \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$	10842	9737	4573

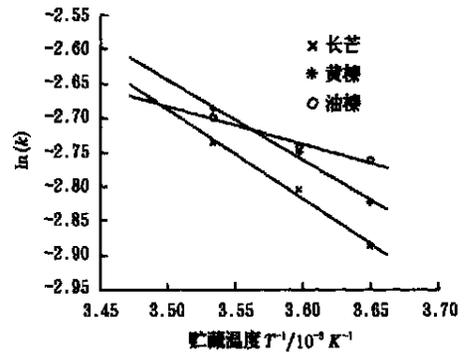


图 2 3 个不同品种在不同贮温下与反应速率常数  $k$  的关系

Fig 2 Storage temperature vs reaction constant  $k$  for three different cultivars

从表 2 中可见, 不同的品种  $s$  有不同的  $k^*$ 、 $E_a$  值, 这从热力学角度反应了不同品种有不同的耐贮藏性, 活化能  $E_a$  比较大, 极限反应速率常数  $k^*$  比较小, 该品种就比较耐贮藏。

将式(6)代进式(3)得到锥栗贮藏过程中淀粉含量随温度和时间的响应关系。

$$Q = Q_0 - k^* \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)t \quad (7)$$

式中  $Q_0$ ——锥栗中淀粉的初始含量;  $Q$ ——贮藏期间锥栗中淀粉含量。

根据式(7), 锥栗在贮藏过程中的淀粉含量不断分解降低, 降低的程度与贮藏温度  $T$ 、贮藏时间  $t$  和品种  $s$  有关, 即淀粉含量是温度、时间和品种的函数, 可以描述为:

$$Q = f(T, t, s)$$

根据式(7), 以贮藏温度  $T$ 、贮藏时间  $t$  为变量, 以淀粉含量  $Q$  为响应值, 可以绘出三维响应面, 如图 3 所示。从响应面可以很直观地看出, 随着贮藏时间  $t$  的延长, 淀粉含量线性降低; 随着温度  $T$  的提高, 淀粉含量也显著降低。温度对淀粉含量的影响是指数关系。因此, 温度的影响比时间的影响显著得多。如果希望得到较长的贮藏期, 应选择比较低的贮藏温度。贮藏时间越长, 贮藏温度越高, 锥栗中淀粉含量就越低, 说明此时锥栗的品质就越差。

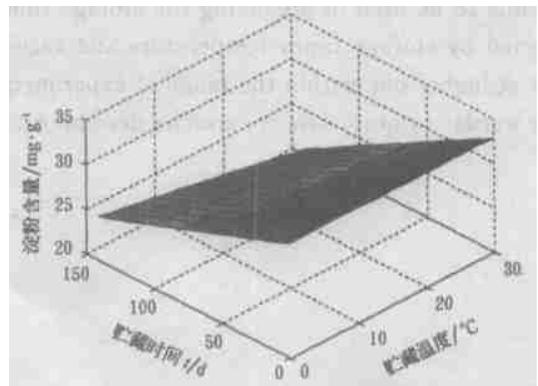


图 3 贮藏中锥栗淀粉含量与温度、时间响应面

Fig 3 Relationship among starch content, temperature and storage time during the storage of *castanea henryi*

### 2.3 讨论

本文虽然以淀粉含量为指标,但作者认为可以将淀粉含量作为锥栗质量的判断指标,并且以锥栗中淀粉剩余量 $Q$ 作为判断锥栗品质的依据。 $Q$ 的降解过程是连续的,因此,品质的变化也是连续的,品质的好与坏之间没有明确的界限,很难完全脱离品质指标而谈论贮藏期的长短,贮藏期的界定须以品质的状态为依据。式(7)强调了贮藏温度 $T$ 、贮藏时间 $t$ 与 $Q$ 的关系,在确定的温度下,如果希望品质比较高,就将 $Q$ 设定得比较高,相应的贮藏时间 $t$ 就比较短;如果将 $Q$ 设定得比较低,贮藏时间 $t$ 就比较长,以此解决确定贮藏期的不确定性问题。式(7)通过热力学参数 $k^*$ 和 $E_a$ 的不同,反映了不同的品种有不同的耐贮藏特性。从生物化学的角度来看,不同的品种中有不同的酶体系,有不同的化学组成,因此就有不同的耐贮藏性。所试验的3个品种有不同的 $k^*$ 和 $E_a$ 值,其耐贮藏性也不同。一个品种中如果有比较小的 $k^*$ 值和比较大的 $E_a$ 值,该品种就比较耐贮藏。在本研究中,长芒是比较耐贮藏的品种。在试验范围内,低温比较有利于贮藏,0℃的贮藏效果比较好。

### 3 结论

1) 锥栗中淀粉含量随时间的延长和贮藏温度的提高而下降,将淀粉的降解速率与Arrhenius方程相关联建立的响应面方程可以预测锥栗的贮藏期。

2) 从锥栗贮藏过程中淀粉的变化来看,温度的影响比较大,在试验的范围内,贮藏温度低的效果优于贮藏温度高的效果。

3) 不同的品种有不同的热力学参数,反映了不同的耐贮藏性,可以作为贮藏时的参考。

#### [参考文献]

- [1] 郑诚乐,江由建. 锥栗主要品种资源调查初报[J]. 福建果树, 1995(3): 32-33
- [2] 郑诚乐. 闽北锥栗品种资源及其利用前景[J]. 福建农业大学学报, 1998, 27(3): 291-295
- [3] 许洪林. 锥栗果防霉保鲜技术研究[J]. 福建林学院学报, 1995, 15(4): 307-311
- [4] 姚自鸣,等. 板栗贮藏保鲜试验研究[J]. 安徽农业科学, 1989, (4): 78-85
- [5] 林维宣. 试验设计方法[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 1995, 1, 192-211
- [6] Olsson P. Improved economy and better quality in the distribution of chilled foods[A]. In: Zeuthen, P. et al (eds) Processing and Quality of foods (3) [C]. Elsevier Applied Publishers, London, 1990
- [7] Spiess W E L, Folkers D. Time-temperature surveys in the frozen food chain[A]. In: Zeuthen, P. et al (eds) Thermal Processing and Quality of foods [C]. Elsevier Applied Publishers, London, 1990

## Effect of storage temperature on the decomposition rate of starch during storage of *castanea henryi*

Sun Shenlu, Chen Jinquan

(College of Food Science and Technology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350001, China)

Abstract: Three varieties of *Castanea henryi* were stored at 1, 5, 10℃ for 120 days. The changes of their starch contents and decomposition rate of starch during the storage were studied. The amount of starch was used as the quality index to establish a model. The model was used to describe the quality of *Castanea henryi* during storage. The relationship among temperature, quality and decomposition rate were linked in the model. The model was suitable to be used in predicting the storage time. The results indicate that the quality of the *Castanea henryi* is affected by storage time, temperature and variety. The result of storage was better at lower temperature than that at higher one within the range of experiment.

**Key words:** *castanea henryi*; starch; decomposition rate; storage