

# 不同钙片产品体外快速持钙活性与原子吸收法测定含钙量的比较研究

孙圣伟<sup>1</sup>, 郭斌<sup>2</sup>, 苗建银<sup>1</sup>, 曹庸<sup>1</sup>

(1. 华南农业大学食品学院, 广东省天然活性物工程技术研究中心, 广东广州 510642)

(2. 广州绿萃生物科技有限公司, 广东广州 510530)

**摘要:** 酪蛋白磷酸肽(CPP)是从牛乳酪蛋白中水解分离所得到的一种生物活性肽,具有很强的促钙吸收活性。本实验考察 CPP 抑制磷酸钙/碳酸钙沉淀的产生,来表征 CPP 的持钙效果。对市售三种钙片体外持钙活性进行了体外快速演示实验和利用原子吸收法测定含钙量的比较和研究,结果表明含 CPP 的钙片具有较明显的持钙优势,阻止磷酸钙/碳酸钙聚沉时间可达 30 min 以上。在相同钙片重量和相同钙含量的情况下,加有 CPP 的钙片在水中溶解后的沉淀明显少于另外两种钙片产品,上清液加入碳酸钠溶液中,沉淀明显较于另外两种钙片,表明了 CPP 具有明显延长持钙时间、有效抑制碳酸钙沉淀生成的作用。这一研究为市场上钙片产品补钙效果提供了有理有据的科学支撑,对保健品行业健康稳健的发展具有重大指导意义。

**关键词:** 酪蛋白磷酸肽; 钙片产品; 持钙活性; 原子吸收法

文章编号: 1673-9078(2017)12-93-98

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.12.015

## Comparison of Calcium Content in Different Calcium Products by Rapid Calcium-Holding Activity *in Vitro* and Atomic Absorption Spectrometry

SUN Sheng-wei<sup>1</sup>, GUO Bin<sup>2</sup>, MIAO Jian-yin<sup>1</sup>, CAO Yong<sup>1</sup>

(1.Engineering Research Center for Natural Actives, College of Food Sciences, South China University of Agriculture, Guangzhou 510640, China)(2. Guangzhou Green Extract Biological Technology Co., Ltd, Guangzhou 510530, China)

**Abstract:** Casein phosphopeptide (CPP), hydrolyzed and separated from milk casein, was a bioactive peptide and had a strong calcium absorption activity. The inhibition of calcium phosphate/calcium carbonate precipitation was investigated by CPP to characterize the calcium-holding effect of CPP in the present study. The calcium-holding activity of three commercial calcium tablets was investigated by rapid demonstration experiments *in vitro*, and the comparison of calcium content was determined by atomic absorption spectrometry. The results showed that the CPP-containing calcium tablets had an obvious advantage of calcium-holding and prevented calcium phosphate/calcium carbonate from precipitating for more than 30 minutes. In addition, the precipitation of CPP-containing calcium tablets was significantly less than the other two calcium products under the conditions of same calcium tablets content and calcium content while greatly more than the other two calcium tablets after treated with sodium carbonate solution, indicating that the CPP-containing calcium tablets had a significant effect on prolonging time-holding and inhibiting the formation of calcium carbonate precipitation. The results of this study provided a reasonable scientific support for the calcium supplement effect of commercial calcium products and had a great guiding significance to the stable development of the health care industry.

**Key words:** casein phosphopeptides; calcium products; calcium-holding activity; atomic absorption method

众所周知,钙是人体内最重要的矿物质元素<sup>[1,2]</sup>。钙

收稿日期: 2017-06-30

基金项目: 国家自然科学基金-青年基金项目(31601474); 广东省自然科学基金-博士启动项目(2016A030310442)

作者简介: 孙圣伟(1991-),男,在读硕士研究生,研究方向: 功能食品与配料

通讯作者: 曹庸(1966-),男,博士,教授,研究方向: 天然活性物及功能性食品

参与人体成骨、维持肌肉和神经的正常活动、促进酶促的活性、参与凝血过程等生理功能<sup>[3,4]</sup>。人必须每天摄取足够的钙才能满足日常生活中钙来维护正常生理活动的需要<sup>[5]</sup>。我国是钙摄入量严重缺乏的国家之一,寻找有效的补钙途径已成为当前重大的攻关领域<sup>[6]</sup>。传统钙剂如葡萄糖酸钙和乳酸钙等,服用时需加维生素 D,且钙吸收率不高,补钙效果欠佳。为了满足机体对钙的需要,除了食用富含钙的食物外,提高钙的

吸收率是最有效的补钙措施。

酪蛋白磷酸肽 (Casein phosphopeptides, 简称 CPP) 是牛奶酪蛋白经酶解、分离、纯化而制得的活性肽产品。研究发现 CPP 能与  $\text{Ca}^{2+}$  结合生成稳定的可溶性络合物, 从而阻止或延缓  $\text{Ca}^{2+}$  在中性或弱碱性环境中形成沉淀<sup>[7,8]</sup>, CPP 能有效抑制磷酸钙/碳酸钙沉淀的产生, 提高钙离子在小肠内的浓度, 促进小肠壁对钙离子的吸收。故又称为促钙吸收因子<sup>[9,10]</sup>。除钙元素外, CPP 还能促进机体黏膜对铁、锌及硒元素的吸收利用, 故又被誉为“矿物质载体”<sup>[11]</sup>。

随着生活水平的提高, 人们越来越重视食用钙片作为钙的一大来源。目前市场上的钙片琳琅满目, 各种不同品牌钙片宣传的侧重点有所不同, 无外乎在主要成分、每片中钙含量、是否有辅助成分帮助吸收等方面<sup>[12]</sup>。大多数人认为补钙就是钙片中钙含量越多越好, 但是每个人的机体状态并不一样, 导致对钙的吸收不一样, 所以提高钙的吸收率才是最有效的补钙途径。本研究通过比较三种市售的钙片产品, 探讨含有 CPP 的钙片在促钙吸收方面所体现出来的独特优势<sup>[13]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

钙片产品 A (0.9 g/片), 100 mg Ca/片; 钙片产品 B (0.9 g/片), 125 mg Ca/片; 钙片产品 C (1.04 g/片), 273.5 mg Ca/片; 酪蛋白磷酸肽 (CPP), 广州绿萃生物科技有限公司; 其余试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

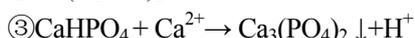
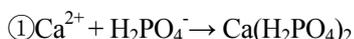
DF-101 S 集热式恒温加热磁力搅拌器, 巩义市予华仪器有限公司; DELTA 320 精密 pH 计, 梅特勒-托利多公司; 雷磁 E-201-C 复合电极, 上海越磁电子科技有限公司; AL 104 电子天平, 梅特勒-托利多公司; AAS800 原子吸收光谱仪, 美国 Perkin Elmer。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 CPP 阻止磷酸钙沉淀

##### (1) 原理

在有  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  存在的溶液体系中, 可进行下列反应<sup>[14-16]</sup>:



通过反应可以看出加入 CPP 后, 由于其与钙结合

可减弱  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  的反应, 抑制磷酸钙的沉淀的产生, 溶液一直保持混浊的状态。

##### (2) 试剂

$\text{CaCl}_2$  溶液 (5%); pH 7.8 磷酸缓冲溶液 (0.559 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4 + 0.041$  g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 纯水定容至 100 mL)。

##### (3) 方法

在两支试管中各加入 1.0 mL  $\text{CaCl}_2$  溶液, 然后一支加入 1.0 mL CPP 溶液, 另一支加入 1.0 mL 去离子水 (作为空白对照), 充分摇匀, 再向两支试管滴加 2 mL 磷酸缓冲溶液, 上下混合均匀, 静置, 在 0 min、5 min、15 min、20 min 和 30 min 观察沉淀的沉降情况并取溶液稀释后测定钙含量。

#### 1.3.2 CPP 阻止碳酸钙沉淀

##### (1) 原理

三种不同重量、不同含钙量 (碳酸钙) 的市售钙片产品, 其中钙片 A 含有一定 CPP。压碎后, 加水观察沉淀情况, 可以看出加有 CPP 的钙片沉淀较少, 有效抑制了碳酸钙沉淀, 大量钙离子保持在上清溶液中。再取上清加入到碳酸钠溶液中, 可以看出加有 CPP 钙片产品产生较多沉淀, 说明 CPP 具有一定的体外持钙能力<sup>[10]</sup>。

##### (2) 方法

相同钙片重量: 分别取含有 CPP 钙片 A 2 片, 市售钙片 B 2 片, 市售钙片 C 2 片, 压碎, 加入蒸馏水至 20 mL, 振荡 3 min 溶解, 在 0 min、10 min、20 min 和 30 min, 观察溶液中沉淀情况并取溶液适当稀释后, 原子光谱仪测定钙含量, 在静置 30 min 后, 吸取上清 10 mL 于 0.4 g 无水碳酸钠的试管内, 摇匀静置, 观察沉淀情况。

相同钙含量 (100 mg 钙): 分别取含 CPP 钙片 A 0.900 g, 市售钙片 B 0.720 g, 市售钙片 C 0.380 g, 压碎, 加入蒸馏水至 10 mL, 振荡 3 min 溶解, 在 0 min、10 min、20 min 和 30 min, 观察溶液中沉淀情况并取溶液适当稀释后, 原子光谱仪测定钙含量, 在静置 30 min 后, 吸取上清 5 mL 于 0.1 g 无水碳酸钠的试管内, 摇匀静置, 观察沉淀情况。

### 1.4 分析及检测方法

为测定溶液中钙含量, 采用原子吸收法 (火焰法), 及利用原子吸收光谱仪测的溶液钙离子含量<sup>[17,18]</sup>。

#### 1.4.1 测定条件

波长 422.7 nm, 狭缝 0.5 nm, 灯电流 4.0 mA, 火焰类型为空气/乙炔, 空气流量 17.00 L/min, 乙炔流量 2.5 L/min, 燃烧头高度为 13.5 mm。

#### 1.4.2 溶液的配制

(1) 氯化锶试液：取氯化锶 200 mg，转移至 100 mL 容量瓶中，定容至刻度，轻轻混匀，即得。

(2) 标准曲线工作液：分别准确吸取 1000 mg/L 钙的标准溶液 100 μL、200 μL、300 μL 和 400 μL 至 50 mL 容量瓶中，分别加入 2 mL 已配制的氯化锶试液，用去离子水定容至 50 mL，轻轻混匀，即得不同浓度的标准曲线工作液。

(3) 供试样品溶液：准确吸取上述不同钙片溶解液 10 μL 或 100 μL，稀释 100 倍或 1000 倍，加入相应体积的氯化锶试液（每 50 mL 加入 2 mL 氯化锶试液），混匀后，即得供试样品溶液。

### 1.4.3 标准曲线的制备

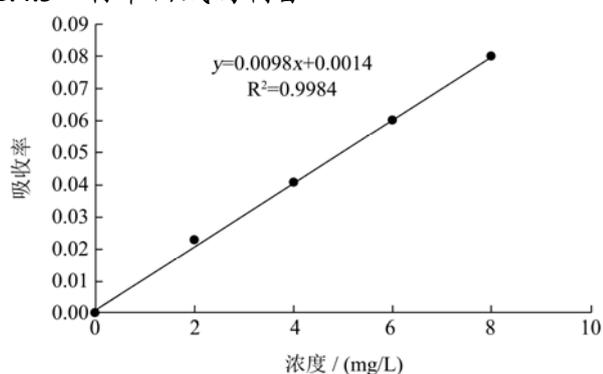


图1 原子吸收法标准曲线

Fig.1 Standard Curve of Atomic Absorption Method

用原子吸收测定空白对照和各浓度标准曲线工作液的吸光度(A)，以吸光度(A)为纵坐标，浓度(c)为横坐标绘制标准曲线，得到线性回归方程： $A=0.0098c+0.0014$  ( $R^2=0.9984$ ,  $n=3$ )。结果表明，钙离子在 2.0~8.0 mg/L 浓度范围内与吸光度呈良好线性关系。

### 1.5 数据统计分析

采用 Excel 2010 软件进行实验数据处理，以平均值±标准差的形式表示。利用 SPSS 16.0 软件进行多组数据差异性分析， $p<0.05$  认为差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 CPP 阻止磷酸钙沉淀实验结果 (左边三个加了 CPP, 右边三个未加 CPP)

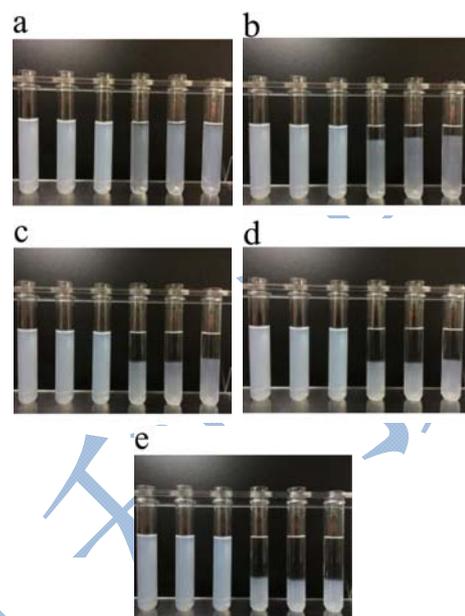


图2 加入磷酸盐缓冲液后静置分层结果

Fig.2 Results of stratification after the treatment of phosphate buffer

注：a,静置 0 min; b,静置 5 min; c,静置 10 min; d,静置 15 min; e,静置 20 min。

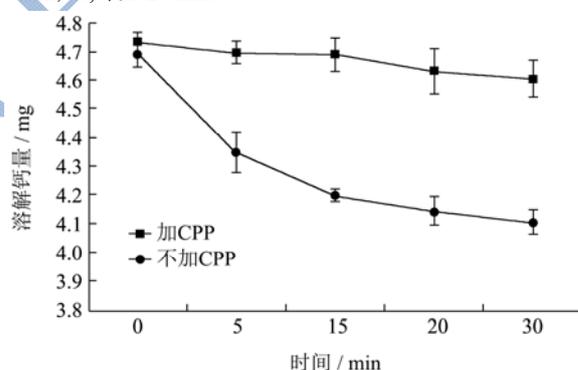


图3 静置不同时间段上清液中钙含量 (原子吸收法)

Fig.3 The Calcium content in supernatant at different time (Atomic Absorption Method)

表1 加入磷酸盐缓冲液静置沉淀高度变化

Table 1 Change of the precipitation height after the treatment of phosphate buffer

组别时间 /min	加 CPP 组沉淀高度/cm			不加 CPP 组沉淀高度/cm		
	1	2	3	1	2	3
0	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
5	6.00	6.00	6.00	4.80	4.80	4.85
15	6.00	6.00	6.00	3.30	3.40	3.50
20	6.00	6.00	6.00	2.80	2.90	2.90
30	6.00	6.00	6.00	2.40	2.50	2.50

从图 2、图 3 和表 1 中可以看出加了 CPP 组和不加 CPP 组上清液中的钙含量变化规律, 30 min 之后, 沉淀高度  $2.47 \pm 0.05$  cm, 不加 CPP 组钙含量明显呈现出下降的趋势, 沉淀高度由初始 6 cm 降到 2.5 cm; 而加了 CPP 组, 30 min 之后, 沉淀高度  $6.00 \pm 0.00$  cm, 溶液中钙含量基本保持在一个稳定的水平, 沉淀高度基本保持在 6 cm 的水平, 与不加 CPP 组有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。另外, 由原子吸收光谱仪检测钙离子含量可以看出, 加了 CPP 的样品组溶液中钙离子基本维持在一个水平, 无明显降低的趋势, 而不加 CPP 的样品组呈现出一直降低的变化趋势, 结合体外快速活性评价和原子吸收法检测钙含量, 有效说明加了 CPP 能有效抑制磷酸钙沉淀产生。

人体肠道的 pH 呈弱碱性, 为了模拟 CPP 在肠道中如何阻钙沉淀而促进钙的吸收利用, 所以在反应体系中加入磷酸缓冲液使其 pH 呈弱碱状态。加入缓冲液后, 两个体系都形成白色乳浊状, 加 CPP 的管中溶液更为稠浊, 不加 CPP 的稍浊, 是因为 CPP 络合了钙离子变成胶体一样性质的状态, 使钙离子保持在溶液中不给聚沉下来, 而未加 CPP 的管中钙离子很快就被磷酸根结合并聚沉下来。本实验体系中的 CPP 含量约为 0.1%, 阻止磷酸钙聚沉时间 30 min 以上, 说明钙片中的 CPP 具有较好阻钙沉淀的效果, 使钙离子保持溶解状态, 利于人体的吸收, 从而达到促进钙吸收的作用, 这正是 CPP 钙片的优势所在。

## 2.2 CPP 阻止碳酸钙沉淀的实验结果

### 2.2.1 相同钙片重量

样品溶解静置结果见图 4 (从左至右依次是钙片 A、B、C)。

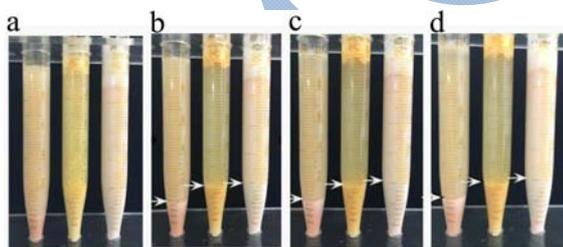


图 4 不同钙片产品溶解静置结果

Fig.4 the dissolved results of different calcium products

注: a, 钙片水溶解后; b, 静置 10 min; c, 静置 20 min; d, 静置 30 min。

由图 5 可以看出, 在相同钙片重量的情况下, CPP 能有效抑制碳酸钙沉淀。从体外快速感官评价来看, 含有 CPP 的钙片 A 静置后明显产生较少的沉淀, 沉

淀高度较低, 另外两种钙片 B、C 沉淀高度较高。再结合原子吸收光谱仪检测溶液中钙离子含量可以看出, 随着时间的增加, 三者钙片溶液中的钙含量逐渐降低, 但是在含有 CPP 的钙片溶液中, 钙离子含量较多。因此可以看出, 含有 CPP 的钙片在溶液中的持钙能力具有独特的优势, 持钙量较多, 持钙时间较长。

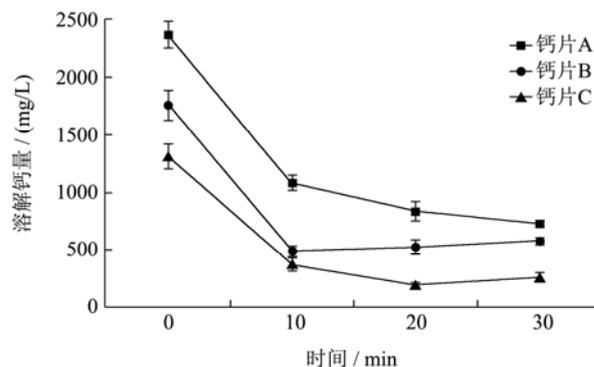


图 5 原子吸收测得不同钙片溶解后的上清液中钙含量变化曲线 (原子吸收法)

Fig.5 Calcium content of different calcium tablets after dissolved in the supernatant (Atomic Absorption Method)

上清液添加到无水碳酸钠静置结果见图 6 (从左至右依次是钙片 A、B、C)

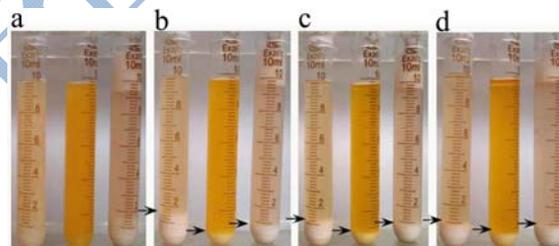


图 6 不同钙片上清液添加到无水碳酸钠静置结果

Fig.6 Results of anhydrous sodium carbonate after the treatment of different calcium tablets supernatant

注: a, 初始静置; b, 静置 10 min; c, 静置 20 min; d, 静置 30 min。

由图 6 可以看出, 不同钙片产品所显示的钙沉淀明显不一样。含有 CPP 的钙片沉淀较多, 另外两种钙片产品产生的沉淀较少, 表明了含有 CPP 钙片的原溶液中的钙含量较多。随着时间的增加, 原溶液上清液中钙沉淀慢慢积累到一个稳定的水平, 静置 30 min 之后, 含有 CPP 钙片产品 A 组, 所得到的碳酸钙沉淀依然较多。因此表明了含有 CPP 钙片中的钙离子可以较长时间保持离子状态, 促进机体的反复吸收利用。

### 2.2.2 相同钙含量

样品溶解静置结果见图 7 (从左至右依次为: 钙片 A、钙片 B、钙片 C)。

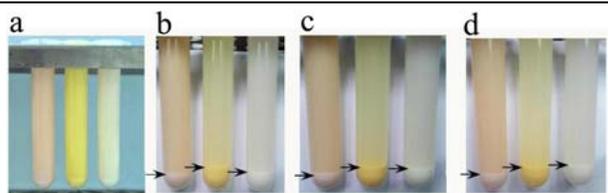


图7 不同钙片产品溶解静置结果

Fig.7 Dissolution of different calcium tablets

注: a, 钙片水溶解后; b, 静置 10 min; c, 静置 20 min; d, 静置 30 min。

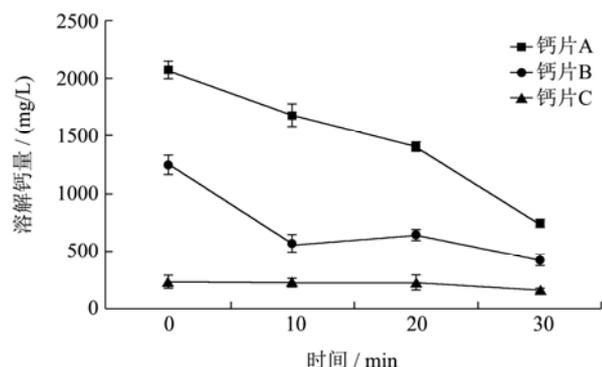


图8 原子吸收测得不同钙片溶解后的上清液中钙含量变化曲线(原子吸收法)

Fig.8 Curves of calcium content in the supernatant of different calcium tablets (Atomic Absorption Method)

由图8可以看出,相同钙含量的情况下, CPP可以抑制碳酸钙沉淀的产生。结合体外快速感官评价和原子吸收法检测钙含量,结果表明含有 CPP的钙片A溶解后溶液中溶解的钙量最多,沉淀高度较低,原子吸收法检测钙离子含量较高,且30 min下降相对最为缓慢;其次为钙片B,10 min后钙离子含量相对稳定;最少的为钙片C,且保持基本不变的状态。因此在相同钙含量的条件下,含有 CPP的钙片在溶液中的持钙能力具有明显的优势。

上清添加于无水碳酸钠静置结果见图9。

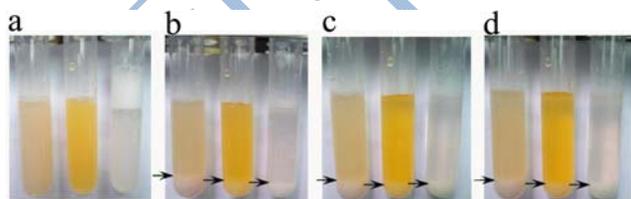


图9 不同钙片上清液添加到无水碳酸钠静置结果

Fig.9 Results of anhydrous sodium carbonate after the treatment of different calcium tablets supernatant

注: a, 初始静置; b, 静置 10 min; c, 静置 20 min; d, 静置 30 min。

由图9可以看出, CPP在体外具有一定持钙能力。从体外快速感官评价结果来看,含有 CPP的钙片沉淀较多,另外两种钙片产品产生的沉淀较少,30 min之

后,含量 CPP的钙片溶液中的沉淀依然较高,表明了原溶液中上清液的钙含量较多,加入碳酸钠溶液后,随着产生碳酸钙沉淀较多。因此表明含有 CPP钙片在溶液中可以较大程度的保持离子状态,促进机体的反复吸收利用。

### 3 结论

3.1 CPP的持钙活性体现在抑制钙离子的沉淀,对于一个样品是否具有持钙活性,可通过观察钙盐沉淀的产生、沉淀的速度及沉淀的量来快速鉴别,从而快速直观评价添加了 CPP的钙片产品,并结合原子吸收光谱仪测定溶解的钙含量,确认 CPP样品的持钙能力。  
3.2 从 CPP抑制磷酸钙沉淀的实验来看,在反应体系中加入磷酸缓冲液使其 pH在弱碱状态,加入缓冲液后,两个体系都形成白色乳浊状,加 CPP的管中溶液更为稠浊,不加 CPP的稍浊,是因为 CPP络合了钙离子变成胶体一样性质的状态,使钙离子保持在溶液中不聚沉下来,而未加 CPP的管中钙离子很快就被磷酸根结合并聚沉下来。本实验体系中的 CPP含量约为 0.1%,阻止磷酸钙聚沉时间 30 min以上,说明样品中的 CPP具有很好的阻钙沉淀效果,使钙离子保持溶解状态。

3.3 从 CPP抑制碳酸钙沉淀的实验来看,相同钙片重量溶解(每个样品 2片,重量接近)静置后,含 CPP钙片 A的沉淀量最少,市售钙片 C沉淀量最多,说明 CPP有效抑制钙离子沉淀,阻止其快速沉淀;取出上清液加入无水碳酸钠后,含 CPP钙片 A的沉淀量最多(比市售钙片 C稍多),市售钙片 B的沉淀量最少,说明原溶液中 CPP络合的钙含量较多。并且从钙含量变化曲线来看,看出含 CPP钙片的持钙能力较强,沉淀形成较慢。

3.4 相同钙含量溶解(每个样品称取一定量,使达到相同的钙重量)静置后,市售含 CPP钙片 A的沉淀量最少,市售钙片 B的沉淀量最多,同样说明 CPP有效抑制钙离子沉淀;取出上清液加入无水碳酸钠后,市售含 CPP钙片 A的沉淀量最多,市售钙片 B的沉淀量最少,表明原溶液中 CPP络合的钙含量较多。并且从钙含量变化曲线来看,看出含 CPP钙片的持钙能力较强,沉淀形成较慢。

3.5 上清液加入无水碳酸钠后,沉淀量的多少反应了溶液中钙离子的量,沉淀越多说明溶液中的钙离子溶解效果越好,由此可见市售含 CPP钙片 A溶解效果最好,市售钙片 B的溶解效果较差。CPP具有延迟钙沉淀的作用,市售含 CPP钙片 A添加有 CPP,所以上清沉淀沉降比较缓慢,沉淀量较多。加了 CPP的钙

片具有明显的持钙优势。

本研究通过体外快速感官评价结合原子吸收法检测溶液中钙含量,定性定量的说明了含有 CPP 的钙片产品具有独特的持钙能力,同时也为市场上多种钙片产品补钙效果的评价提供了一套科学的支撑,本研究显得较有意义。

## 参考文献

- [1] 沈洪涛,姜山,何明.钙吸收率分析方法研究[J].中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2009,2(1):59-64  
SHEN Hong-tao, JIANG Shan, HE Ming. Study on calcium absorption rate analysis method [J]. Chinese Journal of Osteoporosis and Bone Mineral Disease, 2009, 2(1): 59-64
- [2] 米生权,赵晓红.市售补钙制剂吸收率与生物利用率评价方法探讨[J].食品科学,2007,28(7):530-534  
MI Sheng-quan, ZHAO Xiao-hong. Discussion on evaluation method of absorption rate and bioavailability of calcium supplement in market [J]. Food Science, 2007, 28(7): 530-534
- [3] 刘珉.探讨钙对人体内的作用以及吸收机理[J].中国冶金工业医学杂志,2011,28(1):115-116  
LIU Min. To investigate the effect of calcium on human body and its absorption mechanism [J]. Chinese Medical Journal of Metallurgical Industry, 2011, 28(1): 115-116
- [4] 许运智,黄锁义.钙和人体健康[J].化学教学,2003,12:28  
XU Yun-zhi, HUANG Suo-yi. Calcium and human health [J]. Chemistry Teaching, 2003, 12: 28
- [5] 李吉妍,薛云,张卫,等.如何服用钙片才能达到更好的效果-钙片在模拟胃液中溶解性实验[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(11): 40-43  
LI Ji-yan, XUE Yun, ZHANG Wei, et al. How to take calcium tablet to achieve better effect of calcium dissolved in simulated gastric fluid experiment [J]. Laboratory Research and Exploration, 2011, 30(11): 40-43
- [6] 胡志和,庞广昌,闫亚丽,等.CPPs 阻钙沉淀活性与酪蛋白水解度之间关系的研究[J].食品科学,2001,22(1):18-22  
HU Zhi-He, PANG Guang-Chang, YAN Ya-Li, et al. Study on the relationship between calcium sedimentation activity and casein hydrolysis degree of CPPs [J]. Food Science, 2001, 22(1): 18-22
- [7] Reeves R E, Latour N G. Calcium phosphate sequestering phosphopeptide from casein [J]. Science, 1958,128: 472
- [8] David D Kitts, Yvonne V Yuan. Caseinophos-phopeptides and calcium bioavailability [J]. Trends in Food Science & Technology February, 1992, 3: 30-35
- [9] Zhao W, Xu G, Yang R, et al. Preparation of casein phosphopeptides using a novel continuous process of combining an enzymatic membrane reactor with anion-exchange chromatography [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 117(1): 105-112
- [10] 徐曼,何东平,卫娜,等.酪蛋白磷酸肽持钙能力的研究[J].现代食品科技,2012,28(3):278-281  
XU Man, HE Dong-ping, WEI Na, et al. Study on calcium-tolerant ability of casein phosphopeptides [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(3): 278-281
- [11] Perego S, Zabeo A, Marasco E, et al. Casein phosphopeptides modulate calcium uptake and apoptosis in Caco2 cells through their interaction with the TRPV6 calcium channel [J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(2): 847-857
- [12] 李吉妍,薛云,张卫,等.如何服用钙片才能达到更好的效果-钙片在模拟胃液中溶解性实验[J]. 实验室研究与探索,2011,30(11):40-43  
LI Ji-yan, XUE Yun, ZHANG Wei, et al. How to take calcium tablet to achieve better effect of calcium dissolved in simulated gastric fluid experiment [J]. Laboratory Research and Exploration, 2011, 30(11): 40-43
- [13] 陈亚非,黄明骆.市售两种酪蛋白磷酸肽产品持钙能力的比较[J].中国食品添加剂,2003,6:58-60  
CHEN Ya-fei, HUANG Ming-luo. Comparison of calcium retention capacity of two casein phosphopeptide products sold in China [J]. China Food Additive, 2003, 6: 58-60
- [14] 薛正莲,张继民,金少华.酪蛋白磷酸肽(CPP)持钙功能的研究[J].山西食品工业,2001,2:2-4  
XUE Zheng-lian, ZHANG Ji-min, JIN Shao-hua. Casein phosphopeptides (CPP) on the function of holding calcium [J]. Shanxi Food Industry, 2001, 2: 2-4
- [15] 陈庆森,庞广昌,林康艺,等.固定化碱性蛋白酶生产 CPP 的研究[J].食品科学,2001,21(1):25-28  
CHEN Qing-sen, PANG Guang-chang, LIN Kang-yi, et al. Study on the production of CPP immobilized alkaline protease [J]. Food Science, 2001, 21(1): 25-28
- [16] 胡志和,庞广昌,阎喜霜,等.食品加工条件及主要成分对 CPPs 延缓磷酸钙沉淀能力的影响[J].食品科学,2002,23(1): 39-43  
HU Zhi-he, PANG Guang-chang, YAN Xi-shuang, et al. The influence of food processing conditions and main components on the ability of CPPs to retard the precipitation of calcium phosphate [J]. Food Science, 2002, 23(1): 39-43
- [17] 熊居宏,题宗艳,徐东明,等.原子吸收法测定钙片中的钙含

量[J].中国民康医学,2012,24(10):1260-1261

XIONG Ju-hong, TI Zong-yan, XU Dong-ming, et al.

Determination of calcium in calcium tablets by atomic absorption spectrometry [J]. Chinese Journal of Public Health

Medicine, 2012, 24(10): 1260-1261

[18] 张宇.对原子吸收法测定钙片中钙含量的探究[J].中国科技博览,2014,34:304-304

ZHANG Yu. Study on calcium content in calcium films by atomic absorption spectrometry [J]. China Science and

Technology Expo, 2014, 34: 304-304

