

# 不同粒径绿茶粉内含成分的溶出特性

舒 阳<sup>1\*</sup>, 郭凌云<sup>2</sup>

(1. 华中农业大学园林学院, 武汉 430070; 2. 华中师范大学第一附属中学高二(6)班, 武汉 430223)

**摘 要:** **目的** 探讨不同粒径绿茶粉在模拟人体温条件下内含成分的溶出规律。**方法** 以40目(420 μm)绿茶粉为对照, 超微粉碎成74.85、34.62、20.84和15.10 μm的茶粉, 探讨不同粒径茶粉在37 °C条件下内含成分的溶出规律, 以探明茶粉饮/食用后内含成分在体内溶出的最适粒径。**结果** 在37 °C条件下, 茶粉内含成分的溶出量、溶出速率与茶粉的粒径、溶出时间相关。内含成分溶出50 min后, 15.10 μm茶粉茶多酚的溶出量显著高于420 μm茶粉, 可溶性糖、水浸出物的溶出量也显著高于其他所有粒径茶粉; 15.10 μm茶粉内含成分(除氨基酸外)的溶出速率在溶出后期也高于其他茶粉。**结论** 模拟体温条件下茶粉粒径为15.10 μm时最有利于其内含成分的溶出, 食用茶粉以粒径为15.10 μm茶粉最佳。

**关键词:** 茶粉; 粒径; 内含成分; 溶出规律

## Dissolution characteristics of compounds in tea powder with different particle sizes

SHU Yang<sup>1\*</sup>, GUO Ling-Yun<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture & Forestry Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;  
2. Class 6, Grade 11, No. 1 Middle School Attached to Central China Normal University, Wuhan 430223, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the dissolution characteristics of the compounds in tea powder with different particle sizes. **Methods** Green tea powder with different particle sizes (74.85, 34.62, 20.84 and 15.10 μm) were got by ultrafine grinding tea powder (40 mesh, 420 μm), in which the dissolution of the compounds was studied at 37 °C in order to reveal the optimum particle size of tea powder. **Results** The dissolution amount and dissolution rate of the compounds in tea powder were related to the particle size of tea powder and dissolution time at 37 °C. After 50 min of the dissolution, the dissolution amount of tea polyphenols in 15.10 μm of tea powder was significantly higher than that in 420 μm of tea powder, and the dissolution amount of soluble sugar and water extract in 15.10 μm of tea powder was also significantly higher than that in all other particle sizes of tea powder. The dissolution rate of the compounds (except amino acid) in 15.10 μm of tea powder was also higher than that in other tea powder in the late. **Conclusion** The best particle size of tea powder is 15.10 μm for the dissolution of the compounds. It is best to eat tea powder with 15.10 μm of particle size.

**KEY WORDS:** tea powder; particle size; component; dissolution characteristics

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2013PY091)

**Fund:** Supported by the Fundamental Research Funds for the Central Universities (2013PY091)

\*通讯作者: 舒阳, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶深加工。E-mail: 835090366@qq.com

\*Corresponding author: SHU Yang, Postgraduate Student, College of Horticulture & Forestry Science, Huazhong Agricultural University. E-mail: 835090366@qq.com

## 1 引言

茶叶是我国的传统健康饮品,在我国具有几千年的饮茶历史。现代研究表明,茶叶所含的茶多酚等功能性成分,具有清除自由基、抗氧化、抗癌、降血脂、减肥、预防心脑血管疾病等多种保健功能<sup>[1-3]</sup>,因此,越来越多的人开始饮茶、甚至食用茶,尤其是随着超微茶粉的兴起,茶叶的食用受到人们广泛关注<sup>[4]</sup>。

超微茶粉是用茶树鲜叶经高温蒸汽杀青及超微处理后制成的超微细茶粉<sup>[5]</sup>。与普通茶粉比,超微茶粉最大限度地保持了茶叶原有的色泽、营养及功能成分<sup>[6]</sup>,因此,超微茶粉无论是直接饮用、食用,还是作为食品添加剂食用,都可充分利用茶叶的营养保健成分,且简单方便,成为了一种多用途的茶叶新制品<sup>[7]</sup>。

饮茶是利用沸水冲泡茶叶,让茶叶内含成分溶出后饮用;食用茶粉时,内含成分并没有从茶粉中分离出来,而是在人体胃肠条件下慢慢溶出。因此,茶粉内含成分的溶出将直接影响其保健功能的发挥。茶叶经超微粉碎后,其比表面积和孔隙率会显著增加,其内含成分的溶出速率会增加<sup>[8]</sup>;然而,当茶粉粒径达到一定程度后,茶粉的团聚性会随着粒径的减小而增加,从而会影响其内含成分的溶出<sup>[9,10]</sup>。目前还未见有关茶粉在体温条件下内含成分溶出的研究报告,因此,本文对不同粒径茶粉在体温条件下的溶出规律展开研究,探明茶粉的适宜粒径,为茶粉的应用提供理论依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 鲜叶及处理

福鼎大白一芽二叶采自华中农业大学茶学专业教学茶园。将鲜叶用蒸汽杀青后,烘干,用植物粉碎机粉碎,过40目(420 μm)筛,然后用行星式球磨机进一步粉碎3、5、7和10 h,用马尔文激光粒度仪测定粒径,其 $D_{50}$ 分别为74.85、34.62、20.84、15.10 μm。

### 2.2 仪器与试剂

植物粉碎机(FZ102,河北省黄骅市齐家务科学仪器厂);行星式球磨机(XQM,长沙天创粉末技术有限公司);马尔文激光粒度仪(MS2000,英国马尔文仪器有限公司);恒温水浴锅(HH,江苏金坛中大仪器厂);紫外可见分光光度计(MS2000,上海菁华科

技仪器有限公司)。

酒石酸亚铁、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、茛三酮、蒽酮(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);浓硫酸(分析纯,信阳市化学试剂厂)。

### 2.3 茶汤制备

称取不同粒径绿茶粉1.0 g,加入 $37\pm 0.5$  °C的蒸馏水80 mL,恒温100 r/min搅拌提取0.5、1、3、5、10、20、30、50 min<sup>[11,12]</sup>,4200 r/min离心5 min,将上清液定容于100 mL,茶汤用于内含成分溶出的检测;再次称取不同粒径绿茶粉1.0 g,加入80 mL蒸馏水100 °C回流提取30 min,离心5 min,定容100 mL,检测茶汤内含成分,作为茶汤的内含成分总量。茶粉内含成分溶出率(%)=(37 °C内含成分溶出量/内含成分总量)×100

### 2.4 茶叶内含成分的检测

茶多酚含量的测定用酒石酸亚铁比色法,氨基酸含量的测定用茛三酮比色法,可溶性糖含量的测定用蒽酮比色法,水浸出物含量测定用全量法<sup>[13]</sup>。

### 2.5 数据分析

所有试验结果均为3次重复的平均值,表示为 $\bar{x} \pm s$ ,实验结果用SPSS11.5软件中的one-way ANOVA进行统计分析,采用Duncan进行显著性检验, $P < 0.05$ ,表示差异显著。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同粒径茶粉茶多酚的溶出

由表1可看出,不同粒径茶粉的茶多酚都极易溶于水,0.5 min后茶多酚的溶出量都达50%以上;随着溶出时间的延长,茶多酚的溶出量逐渐增加,但不同粒径茶粉茶多酚溶出量的增加不同。5 min后420 μm茶粉茶多酚的溶出量达到平衡,74.85 μm茶粉茶多酚的溶出量3 min后即达到平衡;随着茶粉粒径的进一步减小,茶多酚开始出现团聚现象,茶多酚溶出量达到平衡时间逐渐延长,34.62、20.84和15.10 μm茶粉茶多酚溶出分别于10、30、30 min后达到平衡。总体来说,达到平衡后,粒径越小,茶多酚的溶出量越大;30 min后,几种超微粉碎茶粉茶多酚的溶出与420 μm茶粉相比差异达显著水平。

### 3.2 不同粒径茶粉氨基酸的溶出

表2结果表明,随着溶出时间的延长,不同粒径

茶粉氨基酸的溶出量逐渐增加。420  $\mu\text{m}$  与 74.85  $\mu\text{m}$  茶粉在不同溶出时间氨基酸的溶出量差异不显著, 氨基酸的溶出量均在 5 min 后达到平衡; 34.62、20.84 和 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉在溶出开始由于团聚现象氨基酸的溶出随粒径减小而减小, 10 min 后氨基酸的溶出量均达到平衡。氨基酸的溶出达平衡后不同粒径茶粉间无显著性差异。

### 3.3 不同粒径茶粉可溶性糖的溶出

表 3 结果表明, 不同粒径茶粉可溶性糖的溶出量随着溶出时间延长而增加, 420  $\mu\text{m}$  茶粉可溶性糖的溶出 5 min 后达到平衡。微粉碎后茶粉粒径的不同, 可溶性糖溶出达到平衡时间也不同。总体上来说, 茶粉可溶性糖的溶出量随着粒径的减少而增加, 5 min 后 34.62、20.84 和 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉可溶性糖的溶出量

分别显著高于 420、74.85  $\mu\text{m}$ , 30 min 后 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉可溶性糖的溶出量分别显著高于 34.62 和 20.84  $\mu\text{m}$ , 34.62 和 20.84  $\mu\text{m}$  茶粉可溶性糖的溶出量分别显著高于 420 和 74.85  $\mu\text{m}$ 。

### 3.4 不同粒径茶粉水浸出物的溶出

表 4 结果表明, 不同粒径茶粉水浸出物量的溶出均随着溶出时间延长而增加, 直至达到平衡。420  $\mu\text{m}$  茶粉开始溶出量最大, 5 min 后水浸出物量的溶出即达到平衡; 微粉碎后, 茶粉水浸出物的溶出量由于粒径减小及团聚现象而不同, 74.85  $\mu\text{m}$  茶粉 3 min 后水浸出物量的溶出即达到平衡, 34.62  $\mu\text{m}$  与 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉 10 min 后达到平衡, 20.84  $\mu\text{m}$  茶粉 30 min 后达到平衡。总体上看, 50 min 后 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉水浸出物的溶出显著高于其他粒径。

表 1 不同粒径茶粉茶多酚的溶出(mg/g)

Table 1 Dissolution of tea polyphenols in tea powder with different particle sizes (mg/g)

时间/min	420 $\mu\text{m}$	74.85 $\mu\text{m}$	34.62 $\mu\text{m}$	20.84 $\mu\text{m}$	15.10 $\mu\text{m}$
0.5	155.45 $\pm$ 2.39dA	139.38 $\pm$ 3.98cB	136.78 $\pm$ 6.96cB	128.95 $\pm$ 5.60fB	126.61 $\pm$ 3.29eB
1	163.81 $\pm$ 4.68cA	165.32 $\pm$ 9.31bA	145.50 $\pm$ 1.62dB	141.66 $\pm$ 0.83eBC	133.93 $\pm$ 6.52eC
3	178.52 $\pm$ 4.13bB	194.62 $\pm$ 1.46aA	173.89 $\pm$ 3.53cBC	168.95 $\pm$ 4.52dC	167.01 $\pm$ 0.38dC
5	184.13 $\pm$ 5.97abB	195.40 $\pm$ 5.71aA	185.40 $\pm$ 3.15bB	182.89 $\pm$ 3.25cB	176.77 $\pm$ 3.56cB
10	188.27 $\pm$ 3.28aB	196.21 $\pm$ 4.17aA	196.44 $\pm$ 2.98aA	193.81 $\pm$ 4.81bAB	192.04 $\pm$ 0.08bAB
30	192.46 $\pm$ 3.34aC	197.04 $\pm$ 0.49aB	199.69 $\pm$ 0.1aAB	201.38 $\pm$ 2.26aA	202.61 $\pm$ 3.30aA
50	192.14 $\pm$ 6.34aB	199.55 $\pm$ 2.45aA	200.92 $\pm$ 2.61aA	203.55 $\pm$ 1.84aA	204.48 $\pm$ 2.72aA

注: 不同小写字母表示同一列在 0.05 水平下达显著性差异; 不同大写字母表示同一行在 0.05 水平下达显著性差异。

表 2 不同粒径茶粉氨基酸的溶出量(mg/g)

Table 2 Dissolution of amino acid in tea powder with different particle sizes (mg/g)

时间/min	420 $\mu\text{m}$	74.85 $\mu\text{m}$	34.62 $\mu\text{m}$	20.84 $\mu\text{m}$	15.10 $\mu\text{m}$
0.5	18.63 $\pm$ 0.17d	18.78 $\pm$ 0.48d	17.58 $\pm$ 1.27e	17.61 $\pm$ 1.10e	17.52 $\pm$ 0.76d
1	20.36 $\pm$ 0.18cA	20.32 $\pm$ 0.91cA	19.04 $\pm$ 0.03dB	18.73 $\pm$ 0.48dB	18.29 $\pm$ 0.40dB
3	21.60 $\pm$ 0.35b	21.52 $\pm$ 0.51b	21.37 $\pm$ 0.68c	20.90 $\pm$ 0.31c	20.69 $\pm$ 0.48c
5	21.92 $\pm$ 0.84ab	22.06 $\pm$ 0.26ab	21.67 $\pm$ 0.11bc	21.51 $\pm$ 0.27bc	21.65 $\pm$ 0.30b
10	22.21 $\pm$ 0.23ab	22.16 $\pm$ 0.19ab	22.68 $\pm$ 0.24ab	22.46 $\pm$ 0.25ab	22.54 $\pm$ 0.36a
30	22.43 $\pm$ 0.78ab	22.49 $\pm$ 0.30a	22.92 $\pm$ 0.45a	22.78 $\pm$ 0.21a	22.69 $\pm$ 0.23a
50	22.59 $\pm$ 0.39a	22.65 $\pm$ 0.84a	23.20 $\pm$ 0.63a	22.94 $\pm$ 0.61a	22.88 $\pm$ 0.48a

注: 不同小写字母表示同一列在 0.05 水平下达显著性差异; 不同大写字母表示同一行在 0.05 水平下达显著性差异。

表3 不同粒径茶粉可溶性糖的溶出(mg/g)  
Table 3 Dissolution of soluble sugar in tea powder with different particle sizes (mg/g)

时间/min	420 $\mu\text{m}$	74.85 $\mu\text{m}$	34.62 $\mu\text{m}$	20.84 $\mu\text{m}$	15.10 $\mu\text{m}$
0.5	35.95 $\pm$ 1.11dBC	35.39 $\pm$ 1.38cC	39.34 $\pm$ 0.91eAB	39.33 $\pm$ 2.45cAB	39.57 $\pm$ 2.59cA
1	39.93 $\pm$ 0.27c	39.88 $\pm$ 0.48b	41.98 $\pm$ 0.34d	41.24 $\pm$ 2.15c	41.68 $\pm$ 0.81c
3	41.43 $\pm$ 2.22bcB	42.80 $\pm$ 2.76abB	46.79 $\pm$ 0.06cA	47.07 $\pm$ 0.93bA	47.01 $\pm$ 1.12bA
5	42.50 $\pm$ 1.48abcB	43.36 $\pm$ 2.59aB	48.55 $\pm$ 0.43bA	49.40 $\pm$ 0.86abA	49.39 $\pm$ 1.38bA
10	43.38 $\pm$ 1.26abB	44.55 $\pm$ 2.96aB	49.51 $\pm$ 1.18bA	50.90 $\pm$ 0.54abA	51.98 $\pm$ 1.01aA
30	43.80 $\pm$ 1.23abC	45.33 $\pm$ 3.45aC	50.89 $\pm$ 1.06aB	50.99 $\pm$ 0.38aB	53.87 $\pm$ 1.50aA
50	44.63 $\pm$ 1.38aC	46.73 $\pm$ 1.06aC	51.77 $\pm$ 0.29aB	51.56 $\pm$ 1.20aB	54.20 $\pm$ 1.15aA

注: 不同小写字母表示同一列在 0.05 水平下显著性差异; 不同大写字母表示同一行在 0.05 水平下显著性差异。

表4 不同粒径茶粉水浸出物的溶出(g/g)  
Table 4 Dissolution of water extract in tea powder with different particle sizes (g/g)

时间/min	420 $\mu\text{m}$	74.85 $\mu\text{m}$	34.62 $\mu\text{m}$	20.84 $\mu\text{m}$	15.10 $\mu\text{m}$
0.5	33.22 $\pm$ 1.52eA	31.31 $\pm$ 1.74cAB	30.18 $\pm$ 0.86eB	30.91 $\pm$ 0.17fB	30.89 $\pm$ 0.53eB
1	36.13 $\pm$ 0.75dA	35.12 $\pm$ 0.03bB	32.10 $\pm$ 0.13dC	32.35 $\pm$ 0.47eC	32.64 $\pm$ 0.48dC
3	38.40 $\pm$ 0.75cBC	41.38 $\pm$ 0.58aA	37.81 $\pm$ 0.45cBC	37.67 $\pm$ 0.61dC	38.96 $\pm$ 0.64cB
5	39.79 $\pm$ 0.70bcB	41.72 $\pm$ 1.04aA	39.96 $\pm$ 0.84bB	40.25 $\pm$ 0.34cB	39.84 $\pm$ 0.22bB
10	41.25 $\pm$ 1.17abB	41.95 $\pm$ 0.65aAB	41.69 $\pm$ 0.27aB	41.29 $\pm$ 0.82bB	43.24 $\pm$ 0.68aB
30	41.83 $\pm$ 0.95aAB	41.52 $\pm$ 1.38aB	41.56 $\pm$ 0.86aB	42.82 $\pm$ 0.15aAB	43.37 $\pm$ 0.42aA
50	41.84 $\pm$ 0.23aB	41.87 $\pm$ 1.04aB	42.34 $\pm$ 0.58aB	42.85 $\pm$ 0.28aB	44.07 $\pm$ 0.34aA

注: 不同小写字母表示同一列在 0.05 水平下显著性差异; 不同大写字母表示同一行在 0.05 水平下显著性差异。

### 3.5 不同粒径茶粉内含成分溶出率的比较

由图 1~图 4 可看出, 茶粉粒径不同, 茶粉内含成分的溶出率随溶出时间的增加而不同。粒径为 74.85  $\mu\text{m}$  的茶粉茶多酚的溶出速率在开始溶出的 10 min 内增加最快, 420  $\mu\text{m}$  的茶粉茶多酚的溶出速率相对较慢, 但明显高于 34.62、20.84 和 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉茶多酚的溶出速率。在茶多酚的溶出后期, 420  $\mu\text{m}$  茶粉茶多酚的溶出速率最低, 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉茶多酚的溶出速率最高。420  $\mu\text{m}$  茶粉与 74.85  $\mu\text{m}$  茶粉氨基酸的溶出速率相似, 34.62、20.84 和 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉氨基酸的溶出速率也相似, 但明显低于 420 与 74.85  $\mu\text{m}$  茶粉氨基酸的溶出速率, 10 min 后不同粒径茶粉氨基酸的溶出速率趋于一致。在整个溶出过程中, 74.85  $\mu\text{m}$  茶粉可溶性糖的溶出速率最慢, 15.10  $\mu\text{m}$  茶粉可溶性糖的溶出速率最快。茶粉水浸

出物的溶出除 420 与 74.85  $\mu\text{m}$  茶粉初期溶出速率相对较快外, 不同粒径、不同时间水浸出物的溶出速率均无显著性差异。

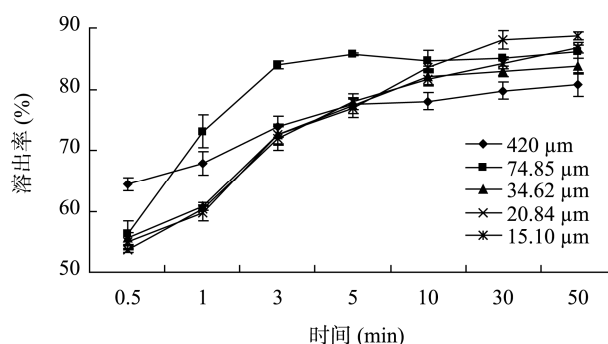


图1 不同粒径茶粉茶多酚的溶出率

Fig. 1 Dissolution rate of tea polyphenols in tea powder with different particle sizes

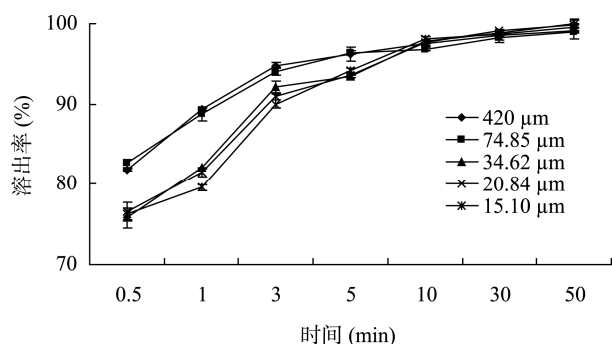


图 2 不同粒径茶粉氨基酸的溶出率

Fig. 2 Dissolution rate of amino acid in tea powder with different particle sizes

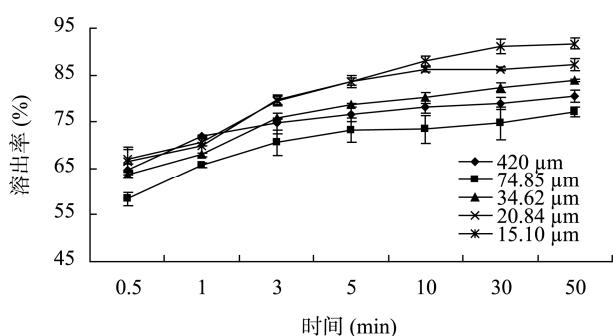


图 3 不同粒径茶粉可溶性糖的溶出率

Fig. 3 Dissolution rate of soluble sugar in tea powder with different particle sizes

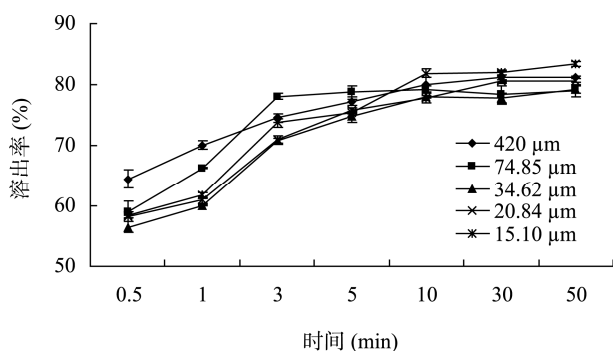


图 4 不同粒径茶粉水浸出物的溶出率

Fig. 4 Dissolution rate of water extract in tea powder with different particle sizes

## 4 结 论

在模拟体温条件下, 茶粉内含成分的溶出量、溶出速率与茶粉的粒径、溶出时间密切相关。总体来说, 在内含成分的溶出后期(50 min), 茶粉粒径越小, 内含成分的溶出量越大, 溶出速率越高。胃对食物排空

的时间受食物种类的影响, 一般排空需要 2~3 h, 混合食物排空可高达 4~5 h<sup>[14,15]</sup>, 在此时间范围内, 不同粒径茶粉内含成分的溶出均已完全达平衡。由此可见, 茶粉食用以粒径为 15.10 μm 最佳。

## 参考文献

- [1] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 319.  
Wan XC. Tea biochemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 319.
- [2] 朱桂勤, 李建科. 茶多酚的功能研究进展[J]. 食品研究与开发, 2005, (2): 33-35.  
Zhu GQ, Li JK. The development in function research of tea polyphenol [J]. Food Res Dev, 2005, (2): 33-35.
- [3] Oba S, Nagata C, Nakamura K, *et al.* Consumption of coffee, green tea, oolong tea, black tea, chocolate snacks and the caffeine content in relation to risk of diabetes in Japanese men and women [J]. Br J Nutr, 2010, 103(3): 453-459.
- [4] 张炳文, 郝征红, 梁长龙. 微波与超细粉碎技术在茶叶可食研发中的应用[J]. 食品工业科技, 2006, 27(6): 194-196.  
Zhang BW, Hao ZH, Liang CL. Microwave and ultrafine grinding technology in the development of edible tea [J]. Sci Technol Food Ind, 2006, 27(6): 194-196.
- [5] 胡建辉. 超微绿茶粉的制备技术、理化特性及其在蛋糕中的应用研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.  
Hu JH. Study of fine tea power in processing technology, physical-chemical properties and its Application in chiffon cake [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009.
- [6] 隋秀芳, 赵鹏, 王玉珠, 等. 超微绿茶粉营养成分分析及其应用[J]. 食品研究与开发, 2012,(10): 173-177.  
Sui XF, Zhao P, Wang YZ, *et al.* Research on nutrition and function components and application of fine green tea powder [J]. Food Res Dev, 2012, (10): 173-177..
- [7] Pan HB, Hou L, Jie GL, *et al.* Characteristics of superfine green tea powder and its application in food industry [J]. J Tea, 2013, 39(4): 406-411.
- [8] 高彦祥, 杨文雄. 红茶汤动力学研究: 超微粉碎工艺和温度对茶汤可溶性固形物成分萃取率的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(7): 50-52.  
Gao YX, Yang WX. Kinetics study on black tea infusion: Effects of super-comminuting process and temperature on the extraction rate of the soluble solid contents [J]. Food Sci, 2005, 26(7): 50-52.
- [9] 谢瑞红, 王顺喜, 谢建新, 等. 超微粉碎技术的应用现状与发

- 展趋势[J]. 中国粉体技术, 2009, (3): 64-67.
- Xie RH, Wang SX, Xie JX, *et al.* Application and development trend of superfine comminution technology [J]. China Powder Sci Technol, 2009, (3): 64-67.
- [10] Jinapong N, Suphantharika M, Jamnong P. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration [J]. J Food Eng, 2008, 84(2): 194-205.
- [11] 何杰, 向丽, 张水寒, 等. 不同粒径的防风粉体外溶出度研究[J]. 中国药房, 2012, 47: 4449-4452.
- He J, Xiang L, Zhang SH, *et al.* Research on *in vitro* dissolution of different particle sizes of saposhnikovia divaricata powder [J]. China Pharm, 2012, 47: 4449-4452.
- [12] 牛耀虎. 三种药材超微粉和普通粉体比较研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.
- Niu YH. Compare study on the ultra-fine powder and fine powder of three traditional Chinese medicinal [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2011.
- [13] 钟萝. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989: 258-260.
- Zhong L. Physical and chemical analysis of tea quality [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technol Press, 1989: 258-260.
- [14] 陈晓东. 体外仿生大鼠胃和人胃的构建与初步应用的研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2013.
- Chen XD. Construction and preliminary application of *in vitro* bionic stomach of the rat stomach [D]. Xiamen: Xiamen University, 2013.
- [15] 张铁鹰, 汪傲. 单胃动物体外消化模拟技术研究进展[J]. 动物营养学报, 2005, 17(2): 1-8.
- Zhang TY, Wang J. Recent advances in *in vitro* methods for simulating monogastric animal digestion [J]. Acta Zoonutr Sinica, 2005, 17(2): 1-8.

(责任编辑: 杨翠娜)

### 作者简介



舒 阳, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶深加工与综合利用。  
E-mail: 835090366@qq.com