

文章编号 :1009-038X(2003)04-0106-05

超微粉碎在食品加工中的研究进展

张 慙 , 王 亮

(江南大学 食品学院 江苏 无锡 214036)

摘 要 :综述了超微粉体在人体内的消化机理 ,介绍了超微粉碎的分类 ,详细讨论了超微粉碎技术在巧克力食品、贝壳类产品、食品加工副产物利用以及畜骨加工等方面的主要应用。

关键词 :超微粉碎 ;粉体 ;应用

中图分类号 :TS 210

文献标识码 :A

The Research Progress of Super Micron-Milling in Food Processing

ZHANG Min , WANG Liang

(School of Food Science and Technology , Southern Yangtze University , Wuxi 214036 , China)

Abstract : This review briefly presents the digestive mechanism of particles in human body , and introduces the class of Super Micron-Milling. The main application of Super Micron-Milling in the process of shell , heels in food processing , chocolate and domestic animals ' bone is discussed in details.

Key words : super micron-milling ; particles ; application

超微粉碎一般是指将直径为 3 mm 以上的物料颗粒粉碎至 $10\sim 25\ \mu\text{m}^{[1]}$ 的过程。由于颗粒向微细化发展 ,导致物料表面积和孔隙率大幅度的增加 ,因此超微粉体具有独特的物理和化学性质 ,如良好的溶解性、分散性、吸附性、化学活性等 ,其应用领域十分广泛。^[2~7]

随着现代食品(尤其是保健食品)工业的不断发展 ,以往普通的粉碎手段已越来越不适应生产的需要。超微粉碎技术作为一种高新技术加工方法 ,已运用于许多食品的加工中。袁惠新等人的研究表明^[8] ,许多可食动植物、微生物等原料都可用超微粉碎设备加工成超微粉 ,甚至动植物的不可食部分也可以通过超微化后被人体吸收。微细化的食品具有很强的表面吸附力和亲和力。因此 ,具有很好的固香性、分散性和溶解性 ,特别容易吸收消化。

食品超微粉碎技术是食品加工业一种新的手段 ,对于传统工艺的改进、新产品的开发必将带来巨大的推动力。目前日本、美国市场上销售的果味凉茶、冻干水果粉、超低温速冻龟鳖粉^[9]等都是应用超微粉碎技术加工而成的。国内从 20 世纪 80 年代开始也将此技术应用于花粉破壁。随后 ,一些口感好、营养配比合理、易消化吸收的经超微粉碎功能食品便应运而生。

1 超微粉粒在人体内的消化吸收机理

有关研究表明^[10] ,经超微粉碎的食品等在人体内的吸收较快 ,这是超微粉碎的主要优势。保健食品和药材中的有效成分通常分布于细胞内与细胞间质 ,并以细胞内为主 ,若采用常规方式粉碎 ,其单

收稿日期 2003-03-18 ; 修回日期 2003-05-16.

作者简介 :张慙(1962-)男 ,浙江平湖人 ,教授 ,工学博士 ,博士生导师。

万方数据

个颗粒常由数个或数十个细胞所组成,细胞的破壁率较低,相应的有效成分(以水溶性成分为例)难以被人体充分吸收。

一般粉粒进入胃中,在胃液的作用下吸水溶胀,在进入小肠的过程中有效成分根据简单扩散的原理不断地通过植物细胞壁及细胞膜释放出来,由小肠吸收。因颗粒的粒子较大,位于粒子内部的有效成分将穿过几个或数十个细胞壁及细胞膜方可释放出来,每个细胞壁及细胞膜两侧的有效成分的浓度差非常低,释放速度很慢,因颗粒在体内停留时间有限,在低速释放的情况下总释放率也不会很高。由于颗粒的粒子较大,吸附在肠壁上的可能性较小。小肠的蠕动方式造成了有效成分在细胞周围的浓度会高于小肠壁上的浓度,使细胞壁内外的浓度差难以提高,减缓了释放速度。其中相当一部分粒子的有效成分在未完全释放出来之前就被排出体外,使保健食品或药物的生物利用度降低。

植物药材经过超微粉碎后,显微镜下观察仅有极少量完整细胞存在。细胞破壁后,细胞内的有效成分充分暴露出来,其释放速度及释放量会大幅度提高,人体吸收则较为容易。物料进入胃后,可溶性成分在胃液的作用下溶解,进入小肠后溶解的成分开始被吸收。由于物料为超细粒子,其不溶性成分易附着在肠壁上,有效成分会很快的通过肠壁吸收,进入血液。而且这些超微粒子因附着力的影响排出体外所需时间较长,提高了有效成分的吸收率。因有效成分从植物细胞内向细胞外迁移所需的时间缩短,人体的吸收速度会明显加快,而且吸收量也会增加。

对于矿物类药材而言,由于相当一部分为水不溶性物质,其粒度越细生物利用度越高。提高物料细度增大其比表面积,有利于提高体内的吸收量及吸收速度。

2 超微粉碎方法的分类

目前微粒化技术有化学合成法和机械粉碎法两种:化学合成法能够制得微米级、亚微米级甚至纳米级的粉体,但产量低,加工成本高,应用范围窄。机械粉碎法成本低、产量大,是制备超微粉体的主要手段,现已大规模应用于工业生产。机械法超微粉碎可分为干法粉碎和湿法粉碎^[1]。根据粉碎过程中产生粉碎力的原理不同,干法粉碎有气流式、高频振动式、旋转球(棒)磨式、锤击式和自磨式等多种形式;湿法粉碎主要是胶体磨和均质机。表 1 列出了干法粉碎和湿法粉碎的几种形式。

表 1 干法超微粉碎和湿法超微粉碎的几种形式
Tab.1 Some forms of dried-type SMM and wet-type SMM

类 型		级 别	基本原理
干 法	气流式	超微粉碎	利用气体通过压力喷嘴的喷射产生剧烈的冲击、碰撞和摩擦等作用力实现对物料的粉碎
	高频振动式	超微粉碎	利用球或棒形磨介的高频振动产生冲击、摩擦和剪切等作用力实现对物料的粉碎
	旋转球(棒)磨式	超微粉碎或微粉碎	利用球或棒形磨介在水平回转时产生冲击和摩擦等作用力实现对物料的粉碎
	锤击式	微粉碎	利用高速旋转的锤头产生冲击、摩擦和剪切等作用力粉碎物料
	自磨式	微粉碎	利用物料间的相互作用产生的冲击或摩擦力粉碎物料
湿 法	胶体磨	超微粉碎	通过转子的极速旋转,产生急剧的速度梯度,使物料受到强烈的剪切、摩擦和湍动骚扰来粉碎物料
	均质机	超微粉碎	由于急剧的速度梯度产生强烈的剪力,使液滴或颗粒发生变性和破裂以达到微粒化的目的

3 超微粉碎技术在食品加工中的应用及研究进展

3.1 超微粉碎技术在巧克力生产中的应用及研究现状

巧克力属于超微颗粒的多相分散体系,糖和可以细小的质粒作为分散相分散于油脂连续相内。巧克力一个重要的质构特征是口感特别细腻滑润。作为一种固态混合物,所有的干固物都已被分散为非常细小和光滑的质粒,这些质粒同时被均匀地分布于油脂内,成为高度乳化的乳浊液。

研究和实际生产表明,尽管巧克力细腻滑润的口感特性是由多种因素造成的,但起决定性作用的因素是巧克力配料的粒度。分析表明,配料的平均粒径在 25 μm 左右且其中大部分质粒的粒径在 15 ~20 μm 之间,产品就有细腻滑润的口感特性;当平均粒径超过 40 μm 时,产品就明显感到粗糙感,巧克力的感官品质也就明显变差。因此,超微粉碎技术在保证巧克力质构品质上可发挥重要的作用。巧克力生产的工艺流程如下所示:

可可豆→清理→焙炒→簸筛→初粉碎(初磨)→混合配料→精磨(超微粉碎)→精炼→调温→浇模→振模→硬化→脱模→包装→成品

在巧克力整个生产过程中,粉碎操作占据极其重要的地位,初磨和精磨均属于粉碎操作,特别是

精磨(超微粉碎)对巧克力的质量起着举足轻重的作用.

3.2 超微粉碎技术在牡蛎壳等贝壳类产品加工中的应用及研究进展

研究表明^[12],由于畜骨及蛋壳中重金属及农药污染的可能性较大,因此,人们把选取优质钙源的目光转向了海洋.在众多的海产品中,贝类的产量相当大,人们在享用时,食其肉、弃其壳,大量贝壳作为垃圾丢弃,既造成环境污染,又造成资源的浪费.分析表明:贝壳中含有大量的钙,主要成分为CaCO₃,占贝壳质量分数的95%以上,另外含有少量有机物及微量元素Zn、Mg、P、Si、Fe、K等.将贝壳处理后,结合超微粉碎技术或者与有机酸反应制成活性钙是较为理想的补钙剂.

目前,我国对于牡蛎等海产品的加工仅局限于其可食用的部分,但是,对于占牡蛎质量分数60%以上的牡蛎壳的加工却很少涉及.同样,对于其他贝壳产品,因目前的加工手段有限,造成了很大的资源浪费.

贝壳中含有极其丰富的钙,在牡蛎的贝壳中,钙质量分数超过90%以上.充分利用这些钙,将是对资源的再次利用,而且贝壳这种资源十分丰富,不需再花费额外的开采费用.利用贝壳制成钙添加剂应用于保健食品中,可以缓解部分人群的缺钙问题.

从相似的研究中可以看出^[13],采用物理方法对牡蛎壳进行加工,不需添加任何的化学成分,保证了产品的天然特性.利用超微粉碎技术,将牡蛎壳粉碎至细小的粉粒,用物理方法促使粉粒的表面性质发生变化,使牡蛎壳粉更好地被人体所吸收.

贝壳中的碳酸钙很难溶解于水,作者比较了不同粒度的贝壳粉粒在水中的溶解情况,结果见图1.可以看出,随着温度的升高,不同粒度粉体的溶解度都在升高,但是,粒度为5 μm的超微粉体,其溶解度明显高于其它两种粒度粉体的溶解度.这是因为超微粉体比表面积很大,表面能较大,单个颗粒的性质十分活跃,更容易溶解于水,这就是超微粉体的优势所在.

碳酸钙作为食物进入人体后,在胃中因为胃液的作用以及胃的蠕动作用,而被溶解吸收,进入十二指肠,再作进一步的吸收.在胃中的溶解吸收,是钙在人体中溶解并被吸收利用的最主要阶段.食物进入胃后,受到了胃液的化学性消化和胃壁肌肉运动的机械性消化.作者借鉴SOD的胃模拟吸收试验,配制人工胃液,并且在人体温下模拟胃的蠕动.

在此模拟的胃环境下,加入牡蛎壳超微粉体,在一定的“消化吸收”时间之后,测定牡蛎壳被吸收的情况,结果见图2^[14~18].

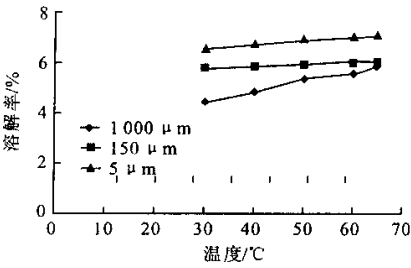


图 1 不同粒度粉体溶解率的比较

Fig.1 Comparison of solubility at different particle sizes

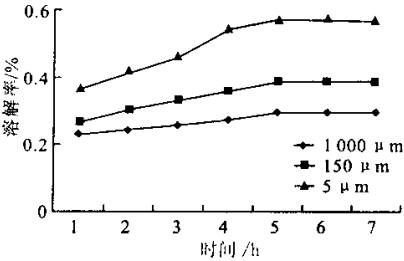


图 2 不同粒度粉体在模拟胃环境下溶解率的变化

Fig.2 The change of solubility at different particle sizes under the environment of stimulating stomach solution

由图2可以看出,一般的食物在4 h后就能被胃彻底吸收,而牡蛎壳粉体主要为碳酸钙不溶物,所以吸收时间有所增加,基本为5 h.从图中还可看出,粒度为5 μm的超微粉体在模拟胃环境下被吸收的更多,证明了这种经过超微粉碎的钙添加剂更具有实用性,易被人体所吸收.牡蛎壳超微粉体由于粒度低,性质活跃,尤其在剧烈蠕动的胃环境下,更容易与胃液结合,一部分超微粉体还可以附着在胃壁上,增加了吸收率.

3.3 超微粉碎技术在花生壳、菜壳等食品加工下脚料中的应用及研究进展

膳食纤维已受到各国营养学家的关注,被列为“第七大营养素”.所谓膳食纤维是指不被人体消化的以多糖碳水化合物与木质素为主体的高分子物质的总称.按其溶解的特性可分为水溶性纤维和水不溶性纤维两大类:水溶性纤维是指植物细胞壁内的贮存物质和分泌物,主要包括果胶、树胶、葡萄糖、瓜儿豆胶、羧甲基纤维素等;水不溶性纤维素是细胞壁的组成成分,包括纤维素、半纤维素、木质素和壳聚糖等.因此,膳食纤维作为一种功能性食品基料已经引起人们的广泛关注和普遍重视^[19,20].

我国年产花生约1 000万t,而花生壳、菜壳约

占总量的 25% 以上。花生壳中含粗蛋白质 5%、粗纤维 68%。经过处理加工成膳食纤维以后,作为蜜糖的载体,特效食品的原料等,也可用于制作富含膳食纤维的饼干、高纤维低热量的面包以及韧性良好的面制品。

膳食纤维制取的工艺流程如下:
花生壳、菜壳→浸泡→水洗→碱浸→澄清→漂洗→沉淀→过滤→烘干→粗粉→过筛→漂白→酸洗→水洗→烘干→超微粉碎→筛分→成品→包装
经过超微粉碎的膳食纤维不再具有粗糙的颗粒感,能广泛地应用于各类食品中,特别是作为低热量食品的重要配料。

作者通过试验,在得到花生壳和菜壳的超微粉体之后,在不同的粒度范围内,比较其纤维素含量的变化,以及持水力、膨胀力、阳离子交换能力的变化,挑选出粒度较为合适的花生壳和菜壳粉粒。结果见图 3、表 2 和图 4。

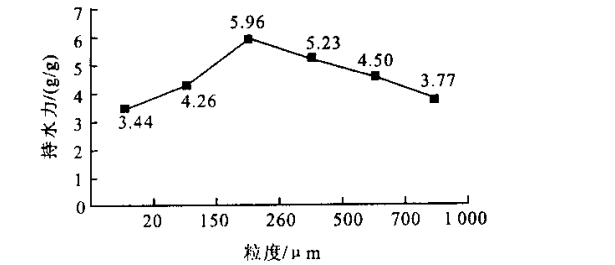


图 3 不同粒度的花生壳和菜壳粉体持水力的变化
Fig.3 The change of keeping-water ability at different particle sizes of peanut shell and vegetable shell

表 2 不同粒度的花生壳和菜壳粉体膨胀力的变化
Tab.2 The change of swelling ability at different particle sizes of peanut shell and vegetable shell

粒度/ μm	膨胀力/(mL/g)					
	0 h	0.5 h	1 h	2 h	12 h	24 h
20	7.5	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
150	8.7	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
260	11.5	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
500	10.8	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
700	10.0	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
1000	9.1	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4

通过试验可以看出,粒度为 260 μm 的茭白莱壳粉体的持水力、膨胀力最大,阳离子交换能力最弱,因此可以挑选粒度为 260 μm 的花生壳和菜壳进行工业化生产。

3.4 超微粉碎技术在畜骨粉加工中的应用及研究进展

畜骨除含有钙磷营养素外,还含有蛋白质、脂肪、维生素及多种营养物质。为了更有效地利用这

些营养成分,需要采取一定的措施使之更利于人体吸收,超微粉碎技术就是有效方法之一。

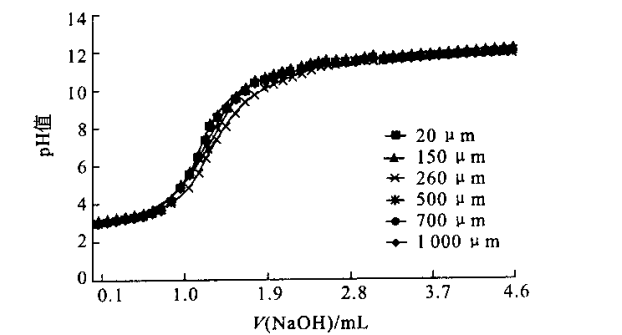


图 4 不同粒度的花生壳和菜壳粉体阳离子交换能力的变化

Fig.4 The change of ion exchange ability at different particle sizes of peanut shell and vegetable shell

由超微粉碎制得的骨粉与其他方法生产出的骨粉相比,其蛋白质含量明显高,灰分含量也显著提高,而脂肪含量则很低,这是超微粉碎骨粉的优势所在,结果见表 3。

表 3 超微鲜骨粉与其他鲜骨制品的营养成分对比
Tab.3 Comparison of nutritional components between SMM bone particles and other processed products

指标	蛋白质 质量 分数/ %	脂肪 质量 分数/ %	水分 质量 分数/ %	Ca/ (mg/ kg)	P/ (mg/ kg)	Fe/ (mg/ kg)	Zn/ (mg/ kg)
超微 鲜骨粉	33.4	5.5	2.5	19.30	9.39	520.0	71.4
高温 蒸煮粉	16.5	8.23	4.0	2.67	1.22	—	—
鲜骨泥	10.4	13.4	65.7	3.95	2.04	59.7	54.6
猪肉	13.2	37.0	46.8	0.06	0.162	16.0	20.6

有关研究表明^[22,23],鲜骨超微粉碎加工技术,克服了传统加工方法的不足,不仅保存了鲜骨中全部的营养,而且产品粒度小,有利于吸收。该项技术的推广应用,对充分利用鲜骨资源具有十分重要的意义。作为鲜骨超微粉碎加工的产品——鲜骨粉,由于具有吸收率高、保质、保鲜期较长等优点,可作为一种新型纯天然补钙保健食品。

3.5 超微粉碎技术在其它食品加工中的应用及研究进展

在保健食品生产中,一些微量活性物质(硒等)的添加量很小,若颗粒稍大,就会带来毒副作用。这就需要超微粉碎手段将其粉碎至足够细小的粒度,并加上有效的混合操作,才能保证它在食品中的均匀分布且有利于人体的吸收。因此,超微粉碎已成为现代食品特别是保健食品加工的重要技术之一。

此外,在速溶茶生产中,传统的方法是通过萃取将茶叶中的有效成分提取出来,然后浓缩、干燥制成粉状速溶茶^[23,24]。采用超微粉碎仅需一步工序便可得到粉茶产品,大大简化了生产工序。

参考文献：

[1] Howard G B. Modern Methods of Particle Size Analysis[M]. John Wiley & Sons 1984 :5－10.

[2] 张立德. 超微粉碎制备与应用技术[M]. 北京 :中国石化出版社 2001. 23－77.

[3] 郑水林. 超细粉碎原理、工艺设备及应用[M]. 北京 :中国建材工业出版社 ,1993. 142－292.

[4] 陆厚根. 粉体工程导论[M]. 上海 :同济大学出版社 ,1992. 43－78.

[5] 郑水林. 粉体表面改性[M]. 北京 :中国建材工业出版社 ,1995. 9－18.

[6] Kaye B H , Clark G G , Leblance J E. Image analysis proceduress for characterizing the fractal dimension[J]. **Particle charac-**
teristic , 1987 (4) :120－125.

[7] Young B D , Bryson A W , Van vliet B M. An evaluation of the technigue of polygonal harmonics for the characterization of par-
ticle shap[J]. **Powder technol** , 1990 ,63 :157－159.

[8] 袁惠新 ,俞建峰 ,崔政伟 ,等. 超微粉碎技术及其在食品加工中的应用[J]. 农机及食品机械 ,1999 (5) 32－34.

[9] 庞声海. 低温升超微粉碎机及其研究[J]. 食品与机械 ,1996 (1) 9－12.

[10] 庄志发 ,季斌 ,冯紫惠. 细胞级超微粉碎的研究应用[J]. 山东食品发酵 ,2000 (3) 37－39.

[11] 高福成. 现代食品高新技术[M]. 北京 :中国轻工业出版社 ,1997. 1－44.

[12] 孙君社 ,马林 ,刘海. 牡蛎壳和花生壳的超微粉碎及表征[J]. 中国食物与营养 ,2000 (5) 26－28.

[13] 董文彦 ,张东平 ,孙元智. 超微颗粒钙在大鼠体内的吸收和利用[J]. 营养学报 ,1998 (1) 31－34.

[14] 崔玉敏 ,张炳然 ,袁勤生. SOD 在模拟小鼠胃肠道环境中的稳定性研究[J]. 中国生化药物杂志 ,1994 (2) 82－84.

[15] 郭连魁. 系统解剖学图析[M]. 北京 :人民卫生出版社 ,1993.

[16] [美] 拉希 [美] 帕克. 运动学和应用解剖学[M]. 北京 :人民体育出版社 ,1985.

[17] 北京大学生理学教研室. 基础生理学[M]. 北京 :人民教育出版社 ,1979.

[18] 陈学存. 应用营养学[M]. 北京 :人民卫生出版社 ,1984.

[19] Castelli M. A population at risk :prevaluke of high cholesterol levels in hypertensive patients in the framingham study[J].
American Journal of Medicine , 1986 ,80 :23－32.

[20] Shils M E. Magnesium in health and discas[J]. **In Annul Review of Nutrition** , 1988.

[21] 崔政委 ,王有伦 ,陆振曦. 新型巧克力精磨机的研究[J]. 包装与食品机械 ,1996 (14) 4－6.

[22] 叶明泉 ,李春俊 ,刘东升 ,等. 鲜骨加工技术研究进展[J]. 食品工业科技 ,1999 (1) 34－36.

[23] 林泽. 食品超微粉的开发与应用[J]. 食品与机械 ,1996 (5) 30－32.

[24] 段道怀. 超微粉碎技术——一项有发展前途的新技术[J]. 农牧产品开发 ,1996 (5) 3－5. (责任编辑 朱 明)

(上接第 105 页)

[37] Petro E Petrides , Raymond L. An improved method for the purification of human insulin-like growth factors 1 and 2[J]. **En-**
docrinology , 1986 ,86 :2034－2038.

[38] Morrell D J , Ray K P. Somatomedin C :simplified purification procedure and biological activities of purified growth facto[J]. **J**
Endocr ,1986 ,110 :151－158.

[39] Tomas Moks , Lars Abrahmsen. Expression of human insulin-like growth factor 1 in bacteri[J]. **Biochemistry** , 1987 ,26 :5239
－5244.

[40] Elcanor Canova-davis ,Marian Eng. Chemical heterogeneity as a result of hydroxylamine cleavage of a fusion protein of human
insulin-like growth factor 1[J]. **Biochem J** ,1992 ,285 :207－213.

[41] L G Moore , M E Mylek. A novel method for the extraction of sheep insulin-like growth factors-1 and 2 from plasma prior to ra-
dioimmunoassay[J]. **J Endocrinology** ,1993 ,137 :239－245.

[42] David H Reifsnyder , Charles V Olson. Purification of insulin-like growth factor-1 and related proteins using underivatized silica
[J]. **J Chromatography** , 1996 ,A753 :73－80.

[43] F John Ballard , John C Wallace , Geoffrey L. Des(1-3)IGF-1 :a truncated form of insulin-like growth factor-1[J]. **Int J**
Biochem Cell Biol ,1996 ,28(10) :1085－1087.

[44] Shunsake M Y , Stephen J Duguay. Recombinant coho salmon insalin-like growth factor I expression in escherichia coli , purifi-
cation and characterization[J]. **Eur J Biochem** ,1993 ,218 :205－211. (责任编辑 杨 萌)