

挤压加工中调味料的添加对谷物早餐质构的影响

王 亮, 周惠明*, 钱海峰
(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘 要: 本文研究了挤压加工中糖含量、盐含量和蜂蜜含量对谷物早餐质构的影响。选取脆性、保脆性、WAI、WSI、体积密度、固体密度和膨化度为主要指标进行研究。得出结论: 随着糖含量的增加, WAI 下降, 保脆性、WSI 和膨化度升高, 淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构; 随着盐含量的增加, 保脆性和膨化度降低, WSI 上升, 淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构; 随着蜂蜜含量的升高, 脆性和 WAI 降低, 保脆性和 WSI 增高, 淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构。

关键词: 谷物早餐; 挤压; 质构

Effects of Flavoring Additives on Cereal Breakfast Texture for Extrusion Processing

WANG Liang, ZHOU Hui-ming*, QIAN Hai-feng
(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: The content effects of sugar, salt and honey on the texture of breakfast cereals during extrusion were studied. Crispness, bowl life, WAI, WSI, bulk density, solid density and expansion ratio were analyzed as the main indexes. WSI, bowl life and expansion ratio increased while WAI decreased, and starch granule could maintain its natural crystal texture as sugar content increasing; WSI increased while bowl life and expansion ratio decreased, and starch granule could maintain its natural crystal texture as salt content increasing; bowl life and WSI increased while crispness and WAI decreased, and starch granule could maintain its natural crystal texture as honey content increasing.

Key words breakfast cereal; extrude; texture

中图分类号: TS213

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)05-0185-06

谷物早餐(Breakfast Cereals)是以谷物——玉米、大米、小麦、燕麦等为主要原料加工成加入牛奶(冷食)或稍煮沸片刻(热食)就可食用的早餐食品。其味道有本味, 有加砂糖、蜂蜜、巧克力、肉桂等调味品, 还有加葡萄干、坚果、椰丝、杏仁、干果、蔬菜等^[1]。

另外, 有的产品强化多种维生素、无机盐等成分, 使之达到营养平衡; 有的特意添加燕麦麸皮增加膳食纤维含量, 增强保健作用。目前, 谷物早餐的生产主要采取挤压加工^[2, 3]。

调味料被广泛的应用于当今的食品工业中, 在目前

收稿日期: 2005-07-27

*通讯作者

作者简介: 王亮(1977-), 男, 博士研究生, 研究方向为粮食油脂与植物蛋白工程。

社, 1994.

[35] J Coventry. Growth characteristics of meat starter cultures[J]. Meat Science, 1991, 30: 41-48.

[36] James N Bacus. Use of microbial cultures: meat products[M]. Food Technology, January, 1981.

[37] Andrew D, Ron B. The microbiology of meat and poultry[M]. Published

by Blackie Academic and Professional, an Imprint of Thomson Science London, 1997. 53-256.

[38] Farkas J. Andrassy E. Intl Food Microbiol, 1993, 19: 145-152.

[39] Cassens R G. Food Technol, 1995, 49(7): 72-80, 115.

[40] Coventry J. Meat Science, 1991, 30: 11-48.

[41] Hammes W P, Knauf H J. Meat Science, 1994, 36: 155.

的生产当中,应用的调味料种类和数量都很繁多,如最常见的有:糖、盐、蜂蜜、味精、辣椒粉等。在食品生产当中,调味料不但可以调节产品的风味,还可以用作其他的很多用途,如:蜂蜜不但可以作为甜味剂、风味剂,还可以作为湿润剂^[4]。很多调味料在进行调解风味的同时,也会影响到食品内部结构发生变化,从而引起产品质构特性的变化。

在挤压过程中,调味料的种类和用量不同,对于产品质构特性的影响也不尽相同。本文主要研究添加不同含量的糖、盐、蜂蜜对于产品质构的影响,主要采取的指标为:脆性、保脆性、WAI、WSI、体积密度、固体密度和膨化度,最后对于不同产品进行油镜和扫描电镜观察,得出不同原料成分组成对产品组织特性影响的规律。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

小麦、燕麦、玉米粉 无锡三里桥农贸市场;大豆色拉油 市售;无水乙醇、二甲苯、碱性品红、偏重亚硫酸钠和高碘酸钠 均为分析纯。

1.2 主要仪器

TA-XT2i物性测定仪 英国Stable Micro System公司;DS32-II型双螺杆挤压机 济南赛信膨化机械有限公司。

1.3 分析测定方法

1.3.1 脆性的测定^[5,6]

采用TA-XT2i物性测定仪,距离20mm,前进速度为5mm/s,破碎速度为5mm/s,后退速度为10mm/s,第一个破碎峰值即为脆性。

1.3.2 保脆性的测定^[7]

取25g样品,放入100ml室温的水中,5min后取出测定其脆性,以最大破碎应力代表保脆性的大小。

1.3.3 WAI的测定^[7,8]

WAI意味着每克固体样品所得到的胶体的重量,反应了样品的亲水性。取2.5g磨碎的样品在30℃时与30ml蒸馏水一起放入恒重的50ml离心管中,搅动30min,然后3000×g离心10min。上清液小心的放入恒重的蒸发皿中,称量留下的胶体的重量,计算WAI。

$$WAI = \frac{m_2 - m_1}{W}$$

式中: m_1 :离心管重量(g);

m_2 :盛有胶体的离心管重量(g);

W:样品重量(g)。

1.3.4 WSI的测定^[8]

WSI意味着干样品溶解于溶剂的比率,反映了样品在溶剂中的分散性。将WAI测定中的上清液蒸发后,测得溶解于上清液中的样品的重量,计算WSI。

$$WSI = \frac{m_2 - m_1}{W} \times 100\%$$

式中: m_1 :蒸发皿重量(g);

m_2 :上清液蒸发后蒸发皿重量(g);

W:样品重量(g)。

1.3.5 体积密度的测定^[8]

谷物产品的体积密度可以使用玻璃珠取代法测得。将玻璃珠装满500ml量筒,轻拍60次,量筒表面玻璃珠松动后继续加入玻璃珠是玻璃珠充满量筒,轻拍,重复以上步骤,直至轻拍后不需再加入玻璃珠为止,玻璃珠的体积密度如下式计算。

$$\rho_{gb} = \frac{W_{gb}}{V_c} \times 100\%$$

ρ_{gb} :玻璃珠体积密度(g/cm³);

W_{gb} :充满量筒时玻璃珠的重量(g);

V_c :量筒体积(cm³)。

将已测得重量的谷物产品放入量筒中,按照上述步骤加入玻璃珠是量筒充满,测得充满谷物产品和玻璃珠的量筒的重量,由此计算被谷物产品取代的玻璃珠的重量。谷物产品的体积密度如下式计算。

$$\rho_{cp} = \frac{W_{cp} \times \rho_{gb}}{W_{gbr}} \times 100\%$$

ρ_{cp} :谷物产品的体积密度(g/cm³);

W_{cp} :放入量筒中谷物产品的重量(g);

W_{gbr} :被谷物产品取代的玻璃珠的重量(g)。

1.3.6 固体密度的测定^[9]

采用甘氏比重瓶法测定,测得比重瓶的重量和体积,以及被测谷物产品的重量,将谷物产品放入比重瓶中,加入已知密度的乙醇,抽真空,用乙醇加满比重瓶,测得此时包含有谷物产品和乙醇的比重瓶的重量,由此计算比重瓶中乙醇的体积,进而得出谷物产

品的体积, 最终计算谷物产品的固体密度。

$$\rho_s = \frac{W_{cp}}{V_{cp}} \times 100\%$$

ρ_s : 谷物产品的固体密度(g/cm³);

W_{cp} : 谷物产品的重量(g);

V_{cp} : 放入比重瓶中谷物产品的体积(cm³)。

1.3.7 膨化度的计算^[8]

$$\text{膨化度} = \frac{\rho_s}{\rho_{cs}}$$

ρ_s : 谷物产品的固体密度(g/cm³);

ρ_{cp} : 谷物产品的体积密度(g/cm³)。

1.3.8 油镜样品的制备^[10]

将样品置于FAA固定液中固定24h, 分别经75%、85%、95%、100%乙醇室温梯度脱水各2h, 二甲苯透明2h, 石蜡(熔点52~54℃)包埋, 切片, 二甲苯脱蜡后不同浓度乙醇复水, 采用高碘酸-PAS法染色, 封片后用油镜观察。

1.3.9 扫描电子显微镜样品的制备

样品经过戊二醛和四氧化锇固定后, 再经过乙醇梯度脱水、临界点干燥和离子溅射, 最后进行扫描电镜观察。

2 结果与分析

2.1 糖的添加对谷物早餐质构的影响

由表1可以看出随着糖含量的增加, 脆性不断升高, 保脆性明显增高, WAI下降、WSI呈升高趋势, 体积密度降低, 但膨化度升高。

在挤压过程中, 糖含量增加, 导致淀粉的糊化温度升高, 降低了淀粉的糊化度, 减小了淀粉颗粒的分解^[11]。糖含量的增加导致产品脆性的提高, 这与Zoulikha Maache-Rezzoug等人的研究结果相符合^[12]; 糖含量的增加导致产品体积密度降低, 但是产品膨化度却增高, 这

与D. Jones等人的研究结果一致^[8]; 糖含量的增加导致保脆性的增加以及WAI的下降, 这是因为在挤压过程中, 糖对产品起到了“糖衣包裹”的作用, 阻碍了水分的渗入, 延长了保脆性, 使WAI明显降低^{[5][8][11][13]}。

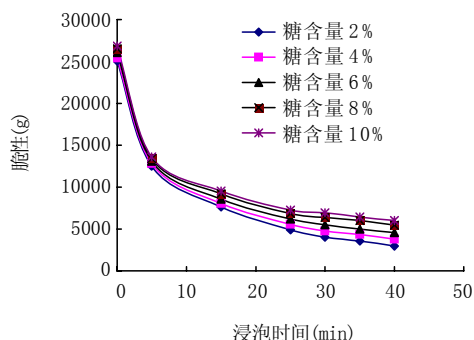


图1 不同糖含量挤压出产品的脆性随浸泡时间的变化

Fig.1 Changes of product's crispness with different sugar content during soaking

图1为不同糖含量的原料经过挤压加工而成的谷物早餐放入水中浸泡, 在相同时间间隔取出后测脆性, 发现在浸泡时间为15min至40min时, 原料糖含量为10%和8%的谷物早餐脆性变化较为缓慢, 说明在此条件下产品不易被水渗入, 导致保脆性的延长, 这与表1中WAI和保脆性的变化相吻合。

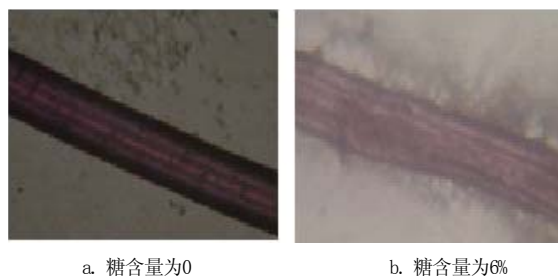


图2 不同糖含量挤压出谷物早餐中淀粉颗粒的油镜切片 (100×10倍)

Fig.2 Oil immersed micrographs of the starch granule of cereal breakfast extruded with different sugar content (100×10)

图2为不同糖含量的原料加工而成的谷物早餐中淀

表1 糖含量对谷物早餐质构的影响

Table 1 Effect of sugar content on the texture of cereal breakfast

糖含量(%)	脆性(g)	保脆性(g)	WAI	WSI(%)	体积密度(g/cm ³)	固体密度(g/cm ³)	膨化度
2	25048 ± 683	12516 ± 207	5.52 ± 0.09	1.9 ± 0.06	0.71 ± 0.03	1.350 ± 0.04	1.910 ± 0.06
4	25438 ± 821	12847 ± 434	4.90 ± 0.08	2.1 ± 0.06	0.69 ± 0.03	1.363 ± 0.04	1.976 ± 0.06
6	26045 ± 688	13118 ± 493	4.81 ± 0.07	2.3 ± 0.06	0.65 ± 0.03	1.339 ± 0.04	2.061 ± 0.03
8	26517 ± 772	13406 ± 308	4.71 ± 0.07	2.5 ± 0.07	0.63 ± 0.03	1.316 ± 0.04	2.092 ± 0.07
10	26851 ± 475	13613 ± 500	4.48 ± 0.07	2.8 ± 0.06	0.60 ± 0.03	1.285 ± 0.04	2.143 ± 0.04
Pr > F	0.0119	0.0194	<0.0001	<0.0001	0.0033	0.1440	0.0004

表2 盐含量对谷物早餐质构的影响
Table 2 Effect of salt content on the texture of cereal breakfast

盐含量(%)	脆性(g)	保脆性(g)	WAI	WSI (%)	体积密度(g/cm ³)	固体密度(g/cm ³)	膨化度
0.1	23596 ± 657	11214 ± 321	5.59 ± 0.12	2.0 ± 0.06	0.73 ± 0.03	1.364 ± 0.04	1.869 ± 0.03
0.15	21894 ± 492	10038 ± 166	5.61 ± 0.06	2.0 ± 0.06	0.74 ± 0.03	1.369 ± 0.04	1.851 ± 0.03
0.2	20710 ± 394	9771 ± 336	5.62 ± 0.08	2.1 ± 0.08	0.74 ± 0.03	1.354 ± 0.04	1.830 ± 0.02
0.25	19428 ± 288	8821 ± 319	5.66 ± 0.09	2.2 ± 0.06	0.74 ± 0.03	1.349 ± 0.04	1.824 ± 0.03
0.3	18686 ± 561	7318 ± 299	5.72 ± 0.06	2.4 ± 0.06	0.75 ± 0.03	1.343 ± 0.04	1.791 ± 0.03
Pr > F	0.0352	<0.0001	0.3172	<0.0001	0.9245	0.8846	0.0098

粉颗粒的油镜观察图。糖含量增加，导致淀粉的糊化温度升高，降低了淀粉的糊化度，减小了淀粉颗粒的分解^[11]；D. Jones 等人认为糖含量的增加导致产品膨化度的增高^[8]。b 图中产品的原料添加了 6% 的糖，而 a 图中产品的原料中却未添加糖。b 图中淀粉颗粒的束状结构并没有改变，表明添加糖后淀粉的糊化程度降低，对淀粉颗粒晶型结构的破坏程度低；但是 a 图与 b 图相比较，b 图中淀粉颗粒束状结构有所膨胀，造成了产品膨化度的升高。

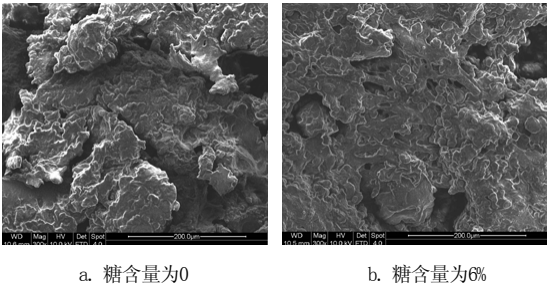


图3 不同糖含量挤压出谷物早餐内部结构的扫描电镜图(200 μm)
Fig.3 Scanning electronic micrographs of the inner structure of cereal breakfast extruded with different sugar content (Markers 200 μm)

图3 为经过不同糖含量挤压出的谷物早餐内部结构的扫描电镜图。a 图与 b 图相比，a 图中产品内部组织结合紧密，而 b 图中，产品内部组织逐渐膨胀，这与表 1 中膨化度随糖含量的变化以及与 D. Jones 等人的研究结果相符。

2.2 盐含量对谷物早餐质构的影响

由表 2 可以看出，随着盐含量的增加，脆性和保脆性降低，WAI 升高不很明显，WSI 升高，体积密度变化不明显，膨化度降低。

Abdellatif A. Mohamed 等人认为，盐可以与淀粉竞争系统中的水分，从而影响了淀粉的糊化，使淀粉的糊化度降低^[14]。

由图 4 可以看出，当原料中盐含量为 0.1% 浸泡 5min

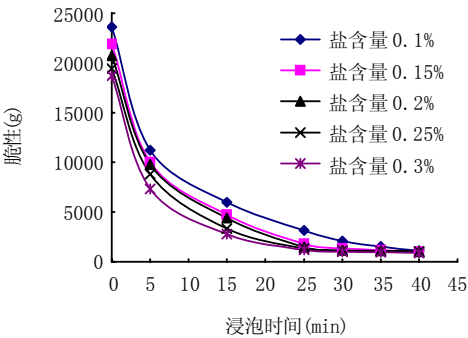


图4 不同盐含量挤压出产品的脆性随浸泡时间的变化
Fig.4 Changes of product's crispness with different salt content during soaking

至 30min 时，产品的脆性随时间的变化相对来说不是很剧烈，说明水分不容易渗入到产品的组织中，这与表 2 中保脆性和 WAI 的变化相符。

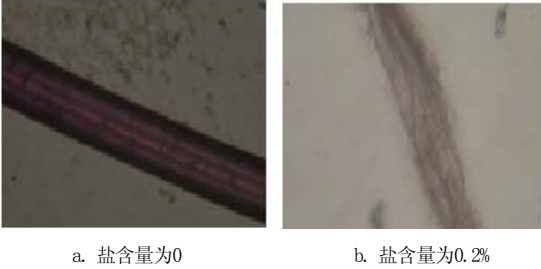


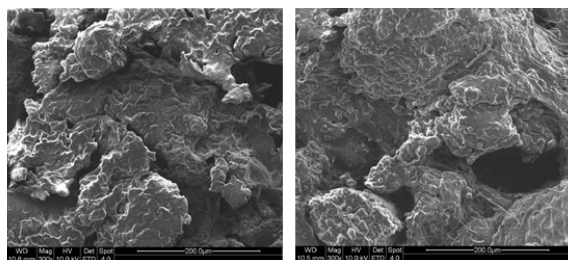
图5 不同盐含量挤压出谷物早餐中淀粉颗粒的油镜切片(100 × 10 倍)
Fig.5 Oil immersed micrographs of the starch granule of cereal breakfast extruded with different salt content (100 × 10)

图 5 为不同盐含量的原料加工而成的谷物早餐中淀粉颗粒的油镜观察图。a 图和 b 图中淀粉颗粒都保持原有的束状晶型结构，但是 b 图中淀粉颗粒的内部结构却相对更加致密。Abdellatif A. Mohamed 等人认为，盐可以与淀粉竞争系统中的水分，从而影响了淀粉的糊化^[14]，盐含量越高，淀粉的糊化程度就越低，淀粉颗粒的内部结构就越致密。

图 6 为经过不同盐含量挤压出的谷物早餐内部结构

表3 蜂蜜含量对谷物早餐质构的影响
Table 3 Effect of honey content on the texture of cereal breakfast

蜂蜜含量(%)	脆性(g)	保脆性(g)	WAI	WSI (%)	体积密度(g/cm ³)	固体密度(g/cm ³)	膨化度
3	23126 ± 543	12686 ± 205	5.51 ± 0.05	2.0 ± 0.06	0.73 ± 0.03	1.399 ± 0.04	1.916 ± 0.03
5	21312 ± 517	12102 ± 201	5.33 ± 0.05	2.1 ± 0.06	0.74 ± 0.03	1.424 ± 0.04	1.925 ± 0.03
7	20120 ± 402	12053 ± 222	5.10 ± 0.05	2.2 ± 0.06	0.74 ± 0.03	1.428 ± 0.04	1.930 ± 0.03
9	19114 ± 438	12002 ± 192	5.00 ± 0.05	2.3 ± 0.08	0.75 ± 0.03	1.450 ± 0.04	1.934 ± 0.03
11	18215 ± 494	11969 ± 223	4.78 ± 0.05	2.3 ± 0.08	0.76 ± 0.03	1.471 ± 0.04	1.936 ± 0.03
Pr > F	0.0133	0.0154	<0.0001	0.0005	0.6989	0.1931	0.8762



a. 盐含量为0

b. 盐含量为0.2%

图6 不同盐含量挤压出谷物早餐内部结构的扫描电镜图(200 μm)
Fig.6 Scanning electronic micrographs of the inner structure of cereal breakfast extruded with different salt content (Markers 200 μm)

的扫描电镜图。Abdellatif A.Mohamed 等人认为,盐可以与淀粉竞争系统中的水分,从而影响了淀粉的糊化^[14],盐含量越高,淀粉的糊化程度就越低,产品内部结构就越致密。a图与b图相比,b图中产品内部组织结合紧密,这与表2中膨化度随盐含量的变化相符。

2.3 蜂蜜含量对谷物早餐质构的影响

由表3可以看出,随着蜂蜜含量的升高,脆性降低,保脆性增高,WAI降低,WSI有所升高。

添加蜂蜜后,随着蜂蜜含量的增加,保脆性明显增加,WAI明显降低,这是因为蜂蜜与糖一样在挤压加工过程中对产品有“糖衣包裹”作用^{[11][13][15]}。

从图7中可以看出,原料中蜂蜜含量为9%和11%

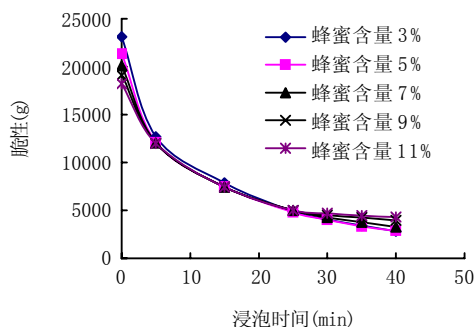


图7 不同蜂蜜含量挤压出产品的脆性随浸泡时间的变化
Fig.7 Changes of product's crispness with different honey content during soaking

时,产品脆性随浸泡时间的变化曲线相对较为平缓,这说明在此条件下,产品不易被水渗入,能够较长时间的保持一定的脆性,这与表3中保脆性和WAI的变化相符。



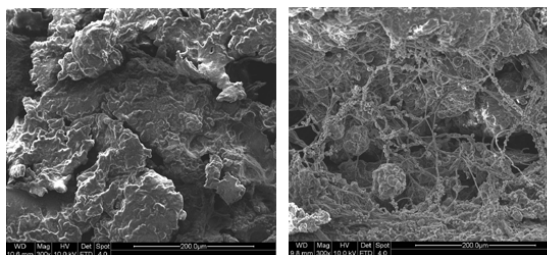
a. 蜂蜜含量为0

b. 蜂蜜含量为7%

图8 不同蜂蜜含量挤压出谷物早餐中淀粉颗粒的油镜切片
(100 × 10倍)

Fig.8 Oil immersed micrographs of the starch granule of cereal breakfast extruded with different honey content (100 × 10)

图8为不同蜂蜜含量的原料加工而成的谷物早餐中淀粉颗粒的油镜观察图。a图和b图中淀粉颗粒都保持原有的束状晶型结构,但是b图中淀粉颗粒的内部结构却不致密,存在有大的气泡,这与P.E. Neumann等人的研究结果一致^[11]。



a. 蜂蜜含量为0

b. 蜂蜜含量为7%

图9 不同蜂蜜含量挤压出谷物早餐内部结构的扫描电镜图(200 μm)
Fig.9 Scanning electronic micrographs of the inner structure of cereal breakfast extruded with different honey content (Markers 200 μm)

图9为经过不同蜂蜜含量挤压出的谷物早餐内部结构的扫描电镜图。a图中,产品内部结构较为疏松,结合不紧密;b图中,产品内部结构结合较为紧密,这

与表 3 中膨化度随蜂蜜含量的变化相符。

3 结 论

由以上的分析可以得出结论：在挤压加工中，原料中糖、盐和蜂蜜的含量均能影响产品的质构特性：随着糖含量的增加，保脆性相对增高，W A I 下降，W S I 明显升高，淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构，内部结构逐渐膨胀，膨化度升高；随着盐含量的增加，保脆性降低，但不很明显，W S I 上升，淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构，内部结构逐渐紧密，膨化度降低；随着蜂蜜含量的升高，脆性和 W A I 降低，保脆性和 W S I 增高，淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构，内部结构结合紧密。

参考文献：

- [1] 张裕中, 王景. 食品挤压加工技术与应用[M]. 中国轻工业出版社, 1998. 24-63.
- [2] Main N Riaz. Extruders in food applications[M]. Technomic Publishing Company, 2000. 127-142.
- [3] Robin Guy. Extrusion cooking[M]. Woodhead Publishing Limited, 2001. 108-122.
- [4] P J Torley, R P G Rutgers, B D' Arcy, et al. Effect of honey types and concentration on starch gelatinization[J]. Lebensm Wiss U Technol, 2004, 37: 161-170.
- [5] D Ferriola, M Stone. Sweetener effects on flaked millet breakfast cereals[J]. Journal of Food Science, 1998, 63(4): 726-729.
- [6] P Cheewapramong, M N Riaz, L W Rooney, et al. Use of partially defatted peanut flour in breakfast cereal flakes[J]. Cereal Chemistry, 2002 79(4): 586-592.
- [7] Vamshidhar Puppala. Texture comparison of traditional and extruded corn flakes[J]. Cereal Foods World, 1998, 43(8): 650-652.
- [8] D Jones, R Chinnaswamy, Y Tan, et al. Physiochemical properties of ready-to-eat breakfast cereals[J]. Cereal Foods World, 2000, 45(4): 164-168.
- [9] 薛靛. 粉末密度的测定方法及误差分析[J]. 中国测试技术, 2004, 30(6): 31-32.
- [10] 郑国锴. 生物显微技术[J]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [11] P E Neumann, E Chambers IV. Effects of honey type and level on the sensory and physical properties of an extruded honey-graham formula breakfast cereal[J]. Cereal Foods World, 1993, 38(6): 418-425.
- [12] Zoulikha Maache-Rezzououg, Jean-Marie Bouvier, Karim Allaf, et al. Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits[J]. Journal of Food Engineering, 1998, 35: 23-42.
- [13] E D Beecher, M S Starer. Direct-expanded cereals produced on high-speed, high-torque twin screw extruders[J]. Cereal Foods World, 1998, 43(10): 753-757.
- [14] Abdellatif A Mohamed, Patricia Rayas-Duarte. The effect of mixing and wheat protein/gluten on the gelatinization of wheat starch[J]. Food Chemistry, 2003, 81: 533-545.
- [15] G Roudaut, C Dacremont, B Colas. Crispness: a critical review on sensory and material science approaches[J]. Trends in Food Science and Technology, 2002, 13: 217-227.

