

干燥方式对半干面保鲜和品质影响的研究

朱科学, 李洁, 郭晓娜, 彭伟, 周惠明

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 半干面是一种新型的方便面制食品, 具有较好的开发前景。干燥是半干面生产工艺中最重要的一环之一, 对其品质和保鲜影响较大。作者采用紫外-微波干燥和电热干燥对鲜湿面条进行干燥, 对比分析干燥方式对半干面的含菌量和品质的影响。实验结果表明, 电热干燥效率较低, 干燥的后期杀菌效果不明显; 紫外-微波干燥效率高, 干燥后期面条的含菌量持续下降, 两种干燥均能使半干面的初始含菌量明显降低。对于电热干燥, 125 °C 为较合适的干燥温度, 半干面的菌落总数显著下降, 对其质构和蒸煮品质影响较小; 对于紫外-微波干燥, 在不同功率下半干面的初始含菌量均显著低于电热干燥, 当微波功率为 2 000 W 时, 半干面的品质较好, 是较为合适的微波干燥功率。

关键词: 半干面; 电热干燥; 紫外-微波干燥; 含菌量; 质构; 蒸煮品质

中图分类号: TS 213.24 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2013)01—0050—06

Effects of Different Drying Methods on the Preservation and Quality Characteristic of Semi-Dried Noodle

ZHU Ke-xue, LI Jie, GUO Xiao-na, PENG Wei, ZHOU Hui-ming

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Semi-dried noodle is a new type of instant food, and has a good development prospect. Drying is one of the most important processes in the production of semi-dried noodle, and has a great impact on its quality and preservation. In this work, ultraviolet-microwave drying and electric drying were used to dry the fresh noodle and to comparatively investigate their effects on the preservation and quality of semi-dried noodle. The experimental results show that the efficiency of electric drying is lower than that of ultraviolet-microwave drying, in the later stage of drying, the sterilizing effect of electric drying is not obvious while the number of bacteria of noodle dried by ultraviolet-microwave drying continue to decline. Both of the drying means can make the initial number of bacteria of semi-dried noodle reduce obviously. For electric drying, 125 °C is the suitable drying temperature. At this temperature, the number of bacteria decreased significantly, but the texture and cooking quality of semi-dried noodle is not notably deteriorated. For noodle dried by ultraviolet-microwave, its number of bacteria is distinctly lower than that of electric drying. When

收稿日期: 2012-04-27

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD37B04)。

作者简介: 朱科学(1978—), 男, 河南郸城人, 工学博士, 副教授, 主要从事谷物方便食品研究。E-mail: kxzh@jiangnan.edu.cn

microwave power is set at 2 000 W, semi-dried noodle can keep relatively high quality, hence 2 000 W is the suitable drying power.

Keywords: semi-dried noodle, electric drying, ultraviolet-microwave drying, number of bacteria, texture, cooking quality

半干面是近几年发展起来的一种新型方便面制品,是以小麦粉为原料,经过和面、熟化、压延、切条、部分脱水、均湿、包装而成的面条^[1],水分质量分数保持在 20%~25%,因具有煮食方便、面香味浓、有嚼劲、营养健康等优点而深受消费者的喜爱。然而,半干面加工工艺温和,加之面条含水量较高,造成了其在贮藏过程中微生物生长繁殖迅速、货架期短的问题。干燥是半干面生产中十分重要的环节,也是有效降低半干面的含菌量而有利于延长半干面货架期的有效措施。目前用于半干面部分脱水的方式主要是电热干燥,但存在着耗能高、占地面积大等缺点。紫外-微波干燥是一种新型的脱水杀菌方式,利用微波对物料进行干燥的同时,将紫外线和微波结合进行杀菌,是目前食品清洁加工和生产不可或缺的手段。

作者研究了紫外-微波干燥和电热干燥下生湿面条的干燥特性和减菌规律,比较了不同干燥条件对半干面的初始含菌量、质构特性、蒸煮特性的影响,旨在为半干面工业化干燥技术的优化提供理论依据,为产业化经营提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 实验材料

小麦粉(鹏泰 3250):中粮集团鹏泰(秦皇岛)面粉有限公司产品;食盐:江苏盐业集团有限公司产品。

1.2 实验仪器

小型和面机:5K5SSWH,美国 KitchenAid 公司产品;面条机:JMTD-168/140,北京东孚久恒仪器技术有限公司产品;紫外-微波旋转干燥箱:JHWP-MF4,广州嘉华工业微波设备有限公司产品;电热鼓风干燥箱:GZX-9246 MBE,上海博迅实业有限公司产品;超净工作台:SW-CJ-1FD,苏州安泰空气技术有限公司产品;物性测试仪:TA-XT2i,英国 Stable Microsystems 公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 半干面的制作工艺 半干面的制作流程及

工艺参数见图 1。

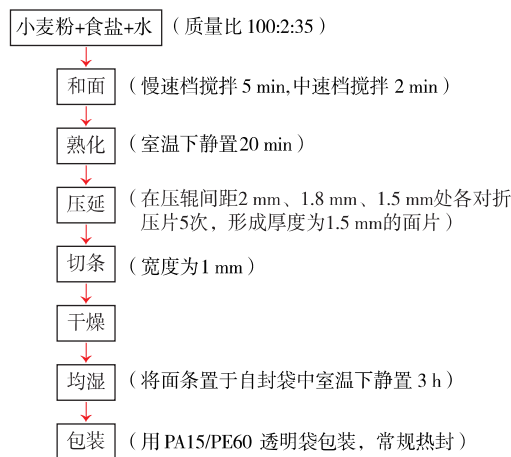


图 1 半干面的制作工艺

Fig. 1 Production process of semi-dried noodle

1.3.2 鲜湿面条的干燥处理 电热干燥:将生鲜面条单层平铺于铁丝网上,放入电热鼓风干燥箱中恒温干燥一定时间。电热温度分别为 105 ℃和 125 ℃。定时取出面条待测。紫外-微波干燥:将生鲜面条单层悬挂于支架上,放入紫外-微波旋转干燥箱进行干燥。微波功率分别为 2 000 W 和 4 000 W,紫外灯功率为 40 W。定时取出面条待测。

1.3.3 水分质量分数及干燥速率的测定 干燥后的面条均湿 3 h 后,按照 GB 5009.3-2010^[2]的直接干燥法测定水分质量分数,计算面条的干燥速率。

$$\text{干燥速率 } \eta = \frac{\Delta m}{\Delta t} \times 100\%$$

式中, Δm 为相邻两次称量的质量差,g; Δt 为相邻两次称量的时间差,min。

1.3.4 半干面初始含菌量的测定 半干面菌落总数的测定,参照 GB/T 4789.2-2008^[3]。

1.3.5 半干面质构特性的测定 取煮过面条放在载物台上或固定于拉伸装置的上下臂上进行 TPA 实验、剪切实验和拉伸实验。每个样品做 6 次平行,取其平均值。实验中的探头选择及参数设定参照文献^[4]。

1.3.6 半干面蒸煮特性的测定 取 30 根面条,称重,放入 500 mL 沸腾的去离子水中煮制 4.5 min,用筛网滤除面条,面汤冷却至常温后,转入 500 mL 容量瓶中定容混匀,取 100 mL 面汤倒入已恒重的 250 mL 烧杯中,放在电炉上蒸发至烧杯中剩余面汤少于 10 mL,将烧杯放入 105 °C 烘箱内烘干至恒重^[5]。每个样品做 3 次平行。

$$\text{蒸煮损失率 } P = \frac{5(M_2 - M_1)}{G \times (1 - W)} \times 100\%$$

式中, M_1 为空烧杯的质量,g; M_2 为烧杯和干物质的质量,g; G 为半干面的质量,g; W 为半干面的水分质量分数,%。

2 结果与分析

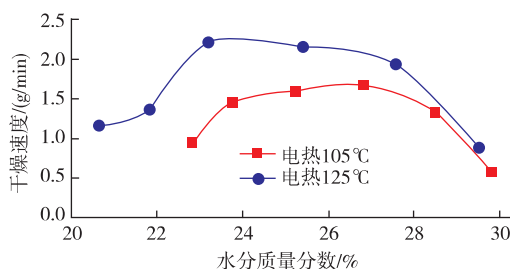
2.1 两种干燥对鲜湿面条的干燥特性的影响

物料干燥受干燥介质温度、湿度、物料本身物理化学结构、外部形状等的影响,是一个复杂的传热、传质过程^[6]。电热干燥是目前半干面生产中最常用一种干燥方式,具有投资小、操作简单、容易控温等优点,但也具有耗能高、效率低、占地面积大等缺点。而紫外-微波干燥是一种新型的脱水杀菌方式,既具有微波干燥速度快、效率高和品质影响小等优点,又具有通过紫外线照射对所干燥的物料进行同步协同杀菌的特点,应用前景较好。采用两种干燥方式对鲜湿面条进行干燥,对比研究紫外-微波干燥方式在半干面生产中的优劣。

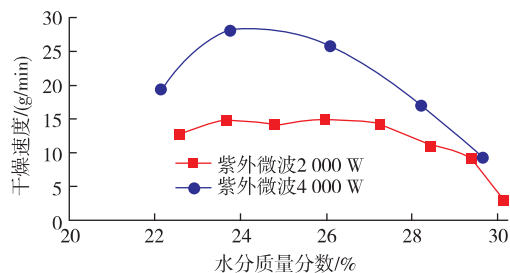
研究发现微波干燥的效率明显高于电热干燥,在试验的两个功率下,干燥 25~40 s 就能使面条含水量降至 22% 左右。此外,微波功率对干燥速度有明显的影响。微波功率越大,干燥速率越快,所需的干燥时间越短。这说明提高微波功率,可以在面条内部产生更多的热量,从而加快面条内水分的传质速度。由试验确定紫外-微波干燥不同功率的工艺参数为 2 000 W/40 s 和 4 000 W/25 s,此时半干面的水分质量分数可以基本保持一致,分别为 $(22.50 \pm 0.43)\%$ 、 $(22.28 \pm 0.24)\%$;而电热干燥不同温度的工艺参数为 105 °C/360 s 和 125 °C/270 s,此时半干面的水分质量分数基本一致,分别为 $(22.59 \pm 0.24)\%$ 和 $(22.40 \pm 0.19)\%$ 。

图 2 是鲜湿面条在两种干燥方式下的干燥速率变化曲线。从图中可以看出,鲜湿面条的电热干燥过程包括加速期、恒速期和降速期。其中,恒速期

较短,加速期过后很快就进入了降速干燥阶段。这是由电热干燥的机理和面条本身的性质决定的。在干燥过程中,面条表面的水分首先受热而蒸发,面条内部的水分向外迁移的速率小于表面水分散失的速率,面条表面变得很干燥,内部水分向外迁移的阻力变大,从而导致水分的蒸发大大减少,干燥速率因此减小^[7]。而从紫外-微波干燥图中可以看出,当微波功率为 2 000 W 时,鲜湿面条的干燥过程主要包括一个短暂的加速期和一个较长的恒速期,未出现明显的降速干燥期。加速期脱去的水分较少,大量的水分在恒速干燥期脱去。这是因为,微波能使面条中的水分子高速震动、摩擦而产生大量的热,面条表面和内部温度同时迅速升高,面条表面的水分首先蒸发,引起表面温度下降,面条内外形成温度梯度,促使内部水分向外迁移,使蒸发速率保持恒定^[8]。当微波功率为 4 000 W 时,恒速干燥阶段不明显,面条大量的水分在加速期内脱去,达到最大干燥速率后,面条的含水量难以维持最大干燥速率,因此,干燥速率在干燥后期有所降低。



(a) 电热干燥



(b) 紫外微波干燥

图 2 鲜湿面条在两种干燥方式下的干燥速率变化曲线
Fig. 2 Change of dehydrating rate of fresh noodles at two different drying methods

2.2 不同干燥方式下面条含菌量的变化规律

面条在生产过程中,由于面粉未经过灭菌处理,压面切面的过程也不是在无菌室中进行的,所以,鲜湿面条中含有大量的微生物,经过测定,未经

过干燥的半干面菌落总数可达 2.0×10^4 cfu/g。半干面的脱水处理,一方面可以降低面条的含水量,使面条在贮藏过程中不易产生粘连的问题,另一方面,也能在一定程度上起到杀菌的作用。图3是鲜湿面条在两种干燥方式下的菌落总数变化曲线。由图可知,对于电热干燥来说,在半干面水分质量分数由31%降至27%的范围内,菌落总数大幅度降低,在此阶段内杀灭的微生物占半干面菌落总数的85%以上,随温度的升高,菌落总数降低越快;在半干面水分质量分数由27%降至22%的范围内,菌落总数降低趋势平缓,此阶段内杀灭的微生物较少。这可能因为,在电热干燥初期,由于面条表面和热空气间存在温度差,热空气中的热量首先传到面条表面,此时面条表面的微生物因难以耐受环境高温而死亡;随着干燥时间的延长,面条内部因温度梯度的存在而达到与表面相同的温度,内部的一些微生物也因受热而死亡,而部分耐热微生物,如芽孢杆菌等因具有良好的耐热性而得以存活。在此过程中,热空气的温度越高,热量传递速度越快,面条内外升温越迅速,干燥前期微生物数量的降低也越迅速。

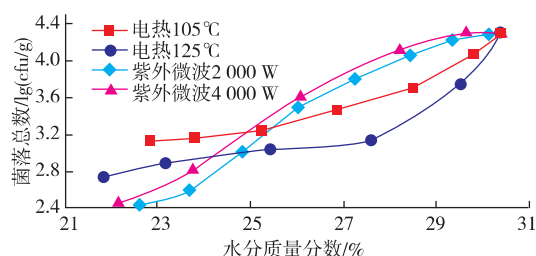


图3 鲜湿面条在两种干燥方式下的菌落总数变化曲线

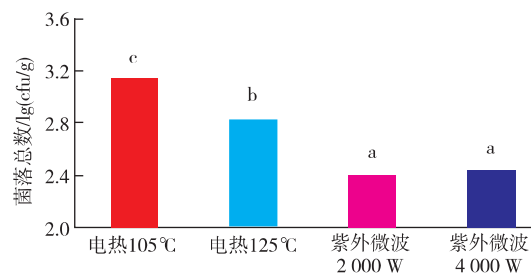
Fig. 3 Change of total bacterial count of fresh noodles at two different drying methods

而与电热干燥相比,紫外-微波干燥中,面条菌落总数的变化呈现出不同的降低趋势。在半干面水分质量分数由31%降至29%的过程中,杀灭的微生物数量较少,随着水分质量分数的进一步降低,菌落总数快速下降。紫外-微波干燥的杀菌机制主要包括3个方面。一是微波的热效应,即微波引起水、核酸、蛋白质等极性分子剧烈震动、相互摩擦而产生热,温度升高,微生物细胞内的核酸、蛋白质等发生改性、失活而死亡^[9]。二是微波的非热效应,即微波引起微生物的细胞膜功能发生障碍、生理活性物质产生变化、生存环境有所破坏等使得微生物的生长

繁殖受到抑制,甚至死亡^[10]。三是紫外与微波的协同杀菌作用,即紫外辐射与微波辐射相结合,两者达到协同增效的效果。有文献表明^[11-12],在紫外线辐射时加入微波辐射,则紫外线变异的效果得到加强;刘钟栋等人研究发现^[13],微波与紫外线有着较好的协同杀菌作用,杀菌效果明显优于两者单独杀菌。

2.3 干燥方式对半干面初始含菌量的影响

电热干燥和紫外-微波干燥均能使半干面的初始含菌量得以降低,从而为半干面货架期的延长创造有利条件。图4是对电热干燥和紫外-微波干燥降低面条含菌量的比较。从图可知,对于电热干燥,干燥温度越高,面条含菌量越低,尤其是当温度升高到125℃时,半干面的菌落总数显著下降。这是因为,在电热干燥的条件下,热的穿透力较差,微生物的耐热性较强,提高干燥温度有利于达到更好的灭菌效果。从图中可以看出,经紫外-微波干燥的半干面,其含菌量显著低于电热干燥的半干面,说明在脱水的同时,紫外-微波干燥起到更好的杀菌作用,这对进一步延长半干面的保质期非常有利。在两个不同的干燥功率下,面条的含菌量没有显著差异,2000 W比4000 W时含菌量略低。一般来说,较高的微波功率对杀菌更有利,因为微波功率越高,电场强度越强,食品中微生物吸收的微波能也就越多,从而更能加剧其死亡^[14]。但是由于4000 W干燥效率高,达到相同含水量是所需的时间短,微波致死效应和紫外致死效应降低^[15],所以在4000 W的微波功率下不能获得更好的杀菌效果。



注:a~d不同上标字母代表有显著性差异($p < 0.05$)($n=3$)

图4 紫外微波干燥和电热干燥对半干面初始菌落总数的影响

Fig. 4 Effects of ultraviolet-microwave and electric drying on initial total bacterial count in semi-dried noodle

2.4 干燥方式对半干面质构特性的影响

质构分析作为一种评价面条品质的客观测试

手段,能够排除主观因素的干扰,是一种准确、有效的评价面条的方法。质构特性中的硬度、最大剪切力与面条的筋道感呈高度正相关,质构特性中的弹性与面条的弹性呈显著正相关,质构特性中的拉断距离与面条的滑口感、筋道感呈高度正相关^[16]。从表1可以看出,对于电热干燥来说,随着干燥温度的升高,半干面的硬度、最大剪切力变大,弹性、拉断距离变小。说明提高干燥温度,虽然能降低面条的含菌量,但面条的品质也会发生变化,这可能是由于

在较高的干燥温度下,面条表面水分蒸发迅速,内部水分来不及向外扩散,表面容易形成干硬膜^[17],从而影响了面条的品质。对于紫外-微波干燥来说,不同加热功率对半干面的质构特性影响较明显,在功率达到4 000 W时,半干面的硬度、最大剪切力、弹性、拉断距离均小于2 000 W的面条,这可能是由于,在高的干燥功率下,面条中心的温度立刻升高,水分迅速向外迁移的过程中使面条的面筋网络结构遭到一定程度的破坏^[18],面条的品质下降。

表1 紫外微波干燥和电热干燥对半干面质构特性的影响

Table 1 Effects of ultraviolet-microwave and electric drying on texture characteristic of semi-dried noodle

样品干燥方式	指标			
	硬度/g	弹性	最大剪切力/g	拉断距离/mm
电热 105 ℃	5615±348b	0.808±0.015c	608.8±18.1ab	111.1±7.2d
电热 125 ℃	6036±244c	0.785±0.021b	648.6±18.7c	101.2±6.9bc
紫外微波 2 000 w	5408±279b	0.780±0.017ab	620.5±18.3b	99.4±7.5b
紫外微波 4 000 w	4821±218a	0.767±0.016ab	595.4±18.4a	87.4±8.4a

注:a~d 同列中数据的不同上标字母代表有显著差异($p<0.05$)($n=6$)。

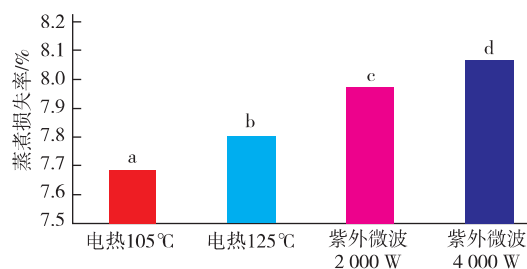
2.5 干燥方式对半干面蒸煮特性的影响

蒸煮损失率是指面条煮制过后,面汤中残余干物质的含量。蒸煮损失率可以反映出面条的蒸煮品质,蒸煮损失率越小,面条的蒸煮品质越好^[19]。图5是电热干燥和紫外微波干燥对半干面蒸煮损失率的影响。由图可知,电热干燥温度越高,半干面的蒸煮损失率越大。这可能是因为,在电热干燥过程中,由于温度高、干燥时间长,使得面筋网络结构发生收缩,面条的内部组织结构发生了一定的塌陷。对于紫外-微波干燥,不同功率下的蒸煮损失均高于电热干燥的面条,不同功率间的差异显著。这可能是由于在微波的作用下,水分的扩散速率远远小于其蒸发速率,水分急剧蒸发,使得面条紧密的组织结构中出现了细小的蒸发通道^[20],微波功率越高,水分蒸发速度越剧烈,对面条组织结构的破坏就越大,因而面条的淀粉、蛋白质更容易损失。

3 结 语

鲜湿面条在紫外-微波干燥和电热干燥下所呈现的失水特性和减菌规律有所不同。电热干燥效率相对较低,恒速期短,在干燥前期,面条的菌落总数

迅速降低,后期杀菌效果不明显;紫外-微波干燥效率相对较高,干燥的后期面条的含菌量迅速下降。对于电热干燥,提高干燥温度能降低半干面的含菌量,但面条的品质也随之变差。紫外-微波干燥的半干面,其含菌量显著低于电热干燥,但不同微波功率间差异很小。当微波功率为4 000 W时,半干面的质构和蒸煮品质明显降低;微波功率为2 000 W时,面条的质构特性与125 ℃电热干燥下的半干面接近,是较为合适的微波干燥功率。



注:a~d 不同上标字母代表有显著性差异($p<0.05$)($n=3$)

图5 电热干燥和紫外微波干燥对半干面蒸煮损失率的影响
Fig. 5 Effects of ultraviolet-microwave and electric drying on cooking loss of semi-dried noodles

参考文献:

- [1] 梁军. 一种麦麸保鲜面及其制作方法[P]. 中国专利:201010272424.5, 2011-01-05.
- [2] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3-2010 食品中水分的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2010.
- [3] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 4789.2-2008 食品卫生学检验菌落总数测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2009.
- [4] 刘增贵. 湿生面条的保鲜研究[D]. 无锡:江南大学, 2008.
- [5] Martin J M, Beecher B, Giroux M J. White salted noodle characteristics from transgenic isolines of wheat over expressing puroindolines[J]. **Journal of Cereal Science**, 2008, 48(3): 800-807.
- [6] 张慙, 张鹏. 食品干燥新技术的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(3): 115-119.
ZHANG Min, ZHANG Peng. Progress of new food drying technology [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2006, 25(3): 115-119. (in Chinese)
- [7] 魏巍. 不同干燥技术对绿茶品质影响的研究[D]. 福州:福建农林大学, 2009.
- [8] Ozkan I A, Akbudak B, Akbudak N. Microwave drying characteristics of spinach [J]. **Journal of Food Engineering**, 2007, 78(2): 577-583.
- [9] 王瑞, 张慙, 范柳萍, 等. 麦苗粉的微波杀菌[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(2): 150-155.
WANG Rui, ZHANG Min, FAN Liu-ping, et al. Study on barley grass power sterilization by microwave heating [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28(2): 150-155. (in Chinese)
- [10] Hyland G J. Non-thermal bioeffects induced by low-intensity microwave irradiation of living systems[J]. **Engineering Science and Education Journal**, 1998, 7(6): 261-269.
- [11] 李廷生, 王平诸, 鲍宇茹. 果胶酶高产菌株 *Aspergillus niger* 3502 的选育[J]. 郑州工程学院学报, 2001, 22(4): 13-14.
LI Ting-sheng, WANG Ping-zhu, BAO Yu-ru. Breeding of high yield strain *Aspergillus niger* 3502 [J]. **Journal of Zhengzhou Institute of Technology**, 2001, 22(4): 13-14. (in Chinese)
- [12] LI X H, Yang H J. Enhanced cellulose production of the *Trichoderma viride* mutated by microwave and ultraviolet [J]. **Microbiological Research**, 2010, 165: 190-198.
- [13] 刘钟栋, 陈肇铨, 欧军辉, 等. 微波紫外线协同生物学作用及紫外线微波炉杀菌研究[J]. 食品科技, 2007, 12: 140-143.
LIU Zhong-dong, CHEN Zhao-tan, OU Jun-hui, et al. Synergistic biological effect of microwave and ultraviolet in sterilization[J]. **Food Science and Technology**, 2007, 12: 140-143. (in Chinese)
- [14] 黄敏璋. 液态大豆制品的微波杀菌特性及品质保持研究[D]. 上海:上海水产大学, 2007.
HUANG Min-zhang. The characteristics of liquid soybean product and quality keeping research by microwave sterilization[D]. **ShangHai: Shanghai Ocean University**, 2007. (in Chinese)
- [15] 肖淼鑫, 张仲欣, 张玉先. 牛乳中微生物的微波致死特性试验研究[J]. 食品研究与开发, 2005, 6: 42-44.
XIAO Miao-xin, ZHANG Zhong-xin, ZHANG Yu-xian. Study on characters of sterilization of microorganism of milk by microwave heating[J]. **Food Research and development**, 2005, 6: 42-44. (in Chinese)
- [16] 王灵昭, 陆启玉, 袁传光. 用质构仪评价面条质地的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2003, 24(3): 29-33.
WANG Ling-zhao, LU Qi-yu, YUAN Chuan-guang. Study on the assement for noodle texture with texture analyser [J]. **Journal of Zhengzhou Institute of Technology**, 2003, 24(3): 29-33. (in Chinese)
- [17] Ratti C. Hot air and freezing-drying of high-value foods: a review[J]. **Journal of Food Engineering**, 2001, 49: 311-319.
- [18] 刘嫣红, 唐炬明, 毛志怀. 射频-热风与热风处理保鲜白面包的比较[J]. 农业工程学报, 2009, 25(9): 323-328.
LIU Yan-hong, TANG Ju-ming, MAO Zhi-huai, et al. Comparison between combined radio frequency and hot air treatment and hot air treatment on bread fresh-keeping[J]. **Transactions of the CSAE**, 2009, 25(9): 323-328. (in Chinese)
- [19] 王猛. 面条品质评价方法及品质改良研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2007.
- [20] 何学连. 白对虾干燥工艺的研究[D]. 无锡:江南大学, 2008.