

黄粉虫蛹蛋白面包的工艺配方研究

彭燕, 林华峰*, 岳霄霄, 刘至柔

(安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036)

摘要: 通过单因素多水平试验研究黄粉虫蛹蛋白的添加对面包品质的影响, 采用多因素多水平试验和响应面法研究黄粉虫蛹蛋白浆与白砂糖、干酵母、鸡蛋和奶粉的含量对面包感官的影响, 最终筛选出黄粉虫蛹蛋白面包的最佳配方, 并对其进行了验证。结果表明, 黄粉虫蛹蛋白浆可以显著增加面包的蛋白含量 ($P < 0.05$), 提高其营养价值; 黄粉虫蛹蛋白的最佳配方为: 黄粉虫蛹添加量 20%、白砂糖 18%、干酵母 1%、鸡蛋 10%、奶粉 6%、食用盐 1%、食用油 0.5%、面包改良剂 0.75% (以高筋粉的重量为基准), 最佳烘焙温度为 180℃/210℃ (面火/底火), 烘焙时间 25 min。面包中添加黄粉虫蛹蛋白不仅能改善风味, 还能增强其营养, 这对黄粉虫蛹作为资源昆虫在食品中的开发利用具有重要的意义。

关键词: 黄粉虫蛹; 蛋白浆; 营养面包; 工艺配方

中图分类号: TS219

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2013)05-0790-05

Processing formula of *Tenebrio molitor* pupae protein bread

PENG Yan, LIN Hua-feng, YUE Xiao-xiao, LIU Zhi-rou

(School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: In this article, multi-level and single factor experiment were used to study the effect of *Tenebrio molitor* pupae protein contents on the quality of bread. The effects of the main components' contents (including *Tenebrio molitor* pupae protein paste, sugar, dry yeast, eggs and milk powder) on sensory quality of bread was studied by multi-level and multi-factor experiment and response surface methodology. The best formula for bread were screened and validated finally. The results show that *Tenebrio molitor* pupae protein can increase protein content of bread significantly ($P < 0.05$). The best formula of *Tenebrio molitor* pupae protein bread is as follows: 20% *Tenebrio molitor* pupae protein paste, 18% sugar, 1% dry yeast, 10% eggs, 6% milk, 1% salt, 0.5% edible oil and 0.75% bread improver powder (on the basic weight of high-gluten flour). The optimal baking condition was 180℃/210℃ (the above /the below) for 25 min. It can not only improve the flavor, but also enhance the nutrition to add *Tenebrio molitor* protein in bread, which is of great significance for using *Tenebrio molitor* as a resource insect in the development and utilization of food.

Key words: *Tenebrio molitor* pupae; protein paste; nutritional bread; process formula

黄粉虫(*Tenebrio molitor* Linneus), 别名大黄粉虫、黄粉甲, 俗称面包虫、高蛋白虫, 世界性分布, 原产于美洲, 20 世纪 50 年代由前苏联传入我国^[1], 是一种高蛋白、高脂肪和氨基酸种类较全面的昆虫资源, 含有丰富糖类、维生素和矿物质。目前我国已经开始重视黄粉虫作为一类新食品资源的研究、开发和利用, 如汉虾粉、黄粉虫氨基酸营养液^[2]、黄粉虫酸奶^[3]等保健食品的成功研发。

黄粉虫蛹中的蛋白质、氨基酸、脂肪含量均高于幼虫^[4-5], 蛋白质含量甚至超过鸡蛋和鸭蛋, 与鱼类相近; 蛹中含有 17 种氨基酸, 所含必需氨基酸相对含量接近联合国粮农组织和世界卫生组织估计的人体必需氨基酸的理想比值, 尤其与婴幼儿所需要的比值接近^[6-7]; 脂肪中不饱和脂肪酸比例较高, 不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值高达 2.8:1, 超过一般推荐值(2:1)^[8], 尤其人体所需的油酸和亚油酸的

收稿日期: 2013-04-01

作者简介: 彭燕, 女, 硕士研究生。E-mail: pengycit@163.com

* 通信作者: 林华峰, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: hf.lin@163.com

含量很高^[9-10], 而胆固醇含量低于所有的畜禽类及其它动物性产品^[11]。因此黄粉虫蛹具有较高的营养价值和较强的保健功能, 是可以供人类食用的理想动物资源。另外, 黄粉虫蛹无异味, 具有天然防腐^[12]等作用, 且无任何副作用。正是基于以上优势, 黄粉虫蛹目前已经成为食品研究的热点材料, 广泛应用于食品研发中^[13]。

本实验在传统的面包配方的基础上添加黄粉虫蛹蛋白浆, 研制出新的面包配方, 旨在保持面包形态色泽、组织状态、口感等各指标达最佳的同时增加面包的蛋白含量, 增强面包的营养价值和保健功能, 这为黄粉虫的综合利用开辟了一条新的途径。

1 材料与方法

1.1 材料

供试黄粉虫蛹: 安徽农业大学植保学院养虫室提供, 以麦麸及少量南瓜、青菜为饲料, 于 25℃ 恒温黑暗条件下室内饲养至第 2 代幼虫、化蛹后将蛹置于 -20℃ 冰箱中保存备用。

面包专用高筋粉、干酵母、白砂糖、面包改良剂、鸡蛋、奶粉、食盐、调和油: 市售。

1.2 仪器与设备

FA210 电子天平: 上海民桥精密科学仪器有限公司; FX-26 发酵箱: 广东恒联食品机械有限公司; GRX-9071B 烤箱: 上海福玛实验设备有限公司; MM823MF3-PW 微波炉: 广东美的电器制造有限公司; HWS 型智能恒温恒湿箱: 宁波江南仪器厂; K9840 自动凯氏定氮仪: 海能仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 黄粉虫蛹蛋白浆的制作 黄粉虫蛹蛋白浆的制备工艺: 黄粉虫蛹→清洗→浸泡→打浆→过滤→脱气→蛋白浆。

黄粉虫蛹蛋白浆的制作: 将黄粉虫蛹用清水清洗后用 90℃ 热水浸泡 3~5 min, 沥干。按虫:水=1:2 混合磨浆, 用 100 目绢筛过滤, 除去虫皮、内脏。然后, 在 0.09 MPa、50℃ 条件下, 真空脱气、浓缩 15 min, 以除去异味, 得到乳白色蛋白浆。

1.3.2 分析方法 I 面包水分的测定, 用恒重干燥法。

II 面包比容的测定, 面包比容(%)=面包体积/面包重量×100%。

III 粗蛋白测定, 将黄粉虫面包样品烘干, 碾磨成粉末状, 采用凯氏定氮法测定, 参见 GB 5009.5-2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[14]中的第一法。

1.3.3 面包的制作 (1) 工艺流程。高筋粉、干酵母、糖、鸡蛋、奶粉、盐、调和油(黄粉虫蛋白浆)→调制→发酵→整形→醒发→烘焙→出炉。

(2) 方法。选用优质高筋粉, 糖、盐溶解过滤, 活化酵母(称取干酵母与等质量的温水混合成均匀后置于 40℃ 下培养 25 min 左右), 鸡蛋去壳搅打待用。

将各物料按照不同比例搭配搅拌成面团, 然后放入温度为 30~32℃, 相对湿度 78%~80% 的发酵箱中发酵 120 min 左右, 目测发酵后的面团体积约是原体积的 3~4 倍即可, 否则发酵不良, 需要发酵 90 min 时取出掀粉 1~2 次。将发酵后的面团切块、称量, 同样条件中间醒发 20 min, 然后揉面成型。将成型后的面包坯放到已刷上油的烤盘上, 送入温度为 38℃, 相对湿度为 80%~95% 的醒发箱内醒发 60 min 左右。

微波炉用大、中、小火对面团进行不同时间的烘焙, 烤箱用不同温度进行不同时间的烘焙至面包表面金黄色即可, 出炉后自然冷却。

2 结果与分析

2.1 黄粉虫蛹蛋白面包烘焙温度的研究

烘焙温度是面包成型的重要影响因素, 随着烘焙温度的变化, 面包的色泽、形状和口感等感官品质都会受到严重影响。在面包中加入黄粉虫蛹蛋白浆也可能影响烘焙温度的选择, 本实验研究了不同烘焙温度对黄粉虫蛹蛋白面包的感官品质的影响(表 1), 从而确定黄粉虫蛹蛋白面包的最佳烘焙温度。

实验结果表明: 微波炉烘烤时, 面团的水分严重流失, 所以成型的面包质地坚硬, 且容易焦糊; 烤箱烘焙时, 温度偏低则烤不熟面包, 而烘焙温度为 180℃/200℃(面火/底火), 烘焙时间为 25 min 时, 成型的面包色香味形俱佳。这与传统面包的烘焙温度(190℃/220℃, 25 min)稍有不同, 与李雨露^[15]研究的结果也稍有不同, 可能主要是在面包中添加了黄粉虫蛹蛋白浆的原故。

2.2 黄粉虫蛹蛋白浆的添加量对面包的影响

为研究黄粉虫蛋白浆添加量对面包品质的影响, 设计单因素多水平试验, 以高筋粉重量为基准, 分别添加 0%、5%、10%、15%、20%、25% 和 30% 黄粉虫蛹蛋白浆制作面包, 测定面包的理化指标: 质量、水分、比容、粗蛋白含量来评价面包品质(表 2), 数据分析采用 SAS 9.1 中 ANOVA 程序。

从表 2 可看出, 随着黄粉虫蛹蛋白浆添加量的

增加,面包比容显著降低,粗蛋白的含量显著升高 ($P<0.05$),面包的质量和水分含量虽然也有降低趋势,但无显著影响 ($P<0.05$)。因此,黄粉虫蛹蛋白可以有效地提高面包的营养价值。但综合面包的感官品质,当黄粉虫蛹蛋白浆的添加量为 25%和 30%

时,面包芯颜色发暗,口感不佳,严重影响了面包的感官品质;当黄粉虫蛹蛋白浆含量不高于 20%时,随着黄粉虫蛹蛋白浆含量的增加,面包的香味渐浓。综合考虑,黄粉虫蛹蛋白浆的添加量不宜高于 20%。

表 1 烘焙温度对面包的影响

Table 1 Effects of baking temperature on bread

烘焙工具 Baking tool	烘焙温度/℃ Baking temperature	时间/min Time	面包的感官评价 Sensory evaluation of bread
微波炉 Microwave	小火 Soft fire	15	形状不规则,表面有气泡,表面黄白色,中间黄褐色,质地很硬,有淡淡的糊味,口感硬且酸涩
	中火 Medium heat	10	形状不规则,表面有气泡,表面焦黄色,中间褐色,质地很硬,有糊味,口感硬且酸涩苦
	高火 High heat	5	形状不规则,表面有大量气泡,表面白色,中间黑色,质地很硬,有淡淡的糊味,口感硬酸涩
烤箱 Oven	170/190 (面火/底火) Surface fire/Primer	45	表面光滑,内外均黄白色,弹柔性不足,无香味,口感酸涩且粘牙
	180/190 (面火/底火) Surface fire/Primer	35	表面光滑,内外均黄白色,弹柔性不足,无香味,口感酸涩且粘牙
	180/200 (面火/底火) Surface fire/Primer	30	形状规则,表面光滑,呈金黄色,弹柔性一般,具香味,口感松软且有淡淡的酸涩
	180/210 (面火/底火) Surface fire/Primer	25	形状规则,表面光滑,呈金黄色,面包芯纹理均匀,弹柔性好,有浓香,口感松软且有香味

表 2 黄粉虫蛹蛋白浆的添加量对面包品质的影响

Table 2 Effects of *Tenebrio Molitor* L. pupa protein paste contents on bread quality

蛋白浆含量/% Content of protein paste	面包质量/g Bread weight	水分含量/% Content of moisture	比容/mL·g ⁻¹ Specific volume	粗蛋白含量/% Crude protein
0	100.0±1.15 ^a	42.33±0.68 ^a	3.94±0.12 ^a	9.83±0.16 ^a
5	98.60±1.10 ^{ab}	41.79±0.44 ^{ab}	3.83±0.65 ^b	9.97±0.25 ^a
10	98.20±0.7 ^{ab}	41.19±0.46 ^{bc}	3.81±0.38 ^{bc}	10.80±0.26 ^b
15	97.06±0.64 ^{abc}	40.63±0.55 ^{cd}	3.78±0.98 ^c	11.87±0.29 ^c
20	95.80±0.72 ^{bcd}	40.06±0.35 ^d	3.71±0.43 ^d	13.33±0.15 ^d
25	94.26±1.02 ^{cd}	39.80±0.40 ^d	3.62±0.30 ^e	14.83±0.26 ^e
30	92.86±1.30 ^d	38.86±0.57 ^e	3.59±0.49 ^e	16.30±0.36 ^f

注:表中同列字母不同的为差异显著($P<0.05$),相同字母或无字母的无显著差异($P>0.05$)。

Note: Different letters within a column mean significant difference ($P<0.05$), the same or no letters mean no significant difference ($P>0.05$).

表 3 因素水平

Table 3 Levels of factors

水平 Level	因素 Factor				
	蛋白浆/% Protein paste	白砂糖/% Sugar	干酵母/% Dry yeast	鸡蛋/% Egg	奶粉/% Milk powder
1	5	12	1.000	4	4
2	10	14	1.067	6	6
3	15	16	1.133	8	8
4	20	18	1.200	10	10

2.3 黄粉虫蛹蛋白面包配方的研究

感官评分是面包感官品质的重要评价手段之一^[16],研究各主要添加成分的添加量对面包感官品质的影响,采用 5×4 多因子多水平试验设计:以高

筋粉重量为基准,黄粉虫蛹蛋白浆 x1 (5%~20%)、白砂糖 x2 (12%~18%)、干酵母 x3 (1%~1.2%)、鸡蛋 x4 (5%~15%) 和奶粉 x5 (5%~15%),随机顺序进行了 4⁵ 个试验,表 3 列出各因素的水平。面包

感官评分标准参考 GB/T 14611-2008^[17], AACC 方法 10-10A^[18]。参评人员 15 人, 评价项目及分数分配如下: 总分 100 分, 比容 25 分, 外观 25 分, 纹理 25 分, 弹柔性 10 分, 口感 15 分^[19]。

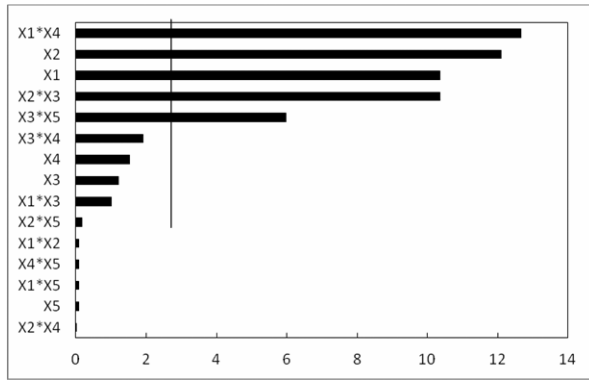
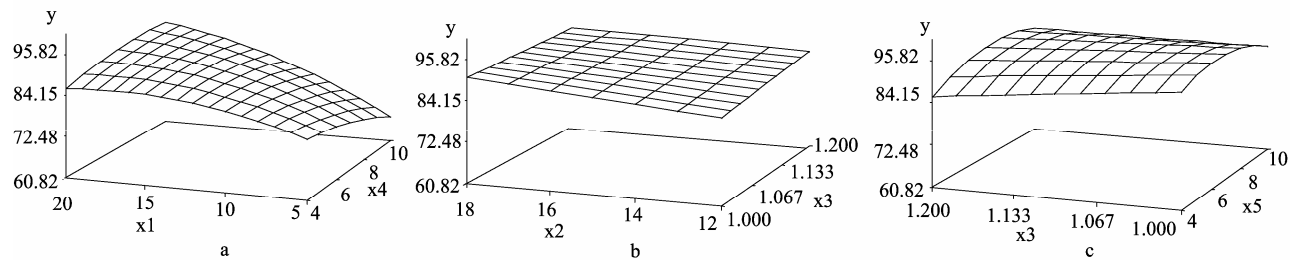


图 1 各主要成分对感官品质影响的标准效应帕累托图
Figure 1 Standardized Pareto chart for effects of compositions' contents on sensory quality of bread

差异显著性分析, 发现黄粉虫蛹蛋白浆、白砂糖、黄粉虫蛹蛋白浆与鸡蛋的交互作用、白砂糖与干酵母的交互作用、干酵母和奶粉的交互作用对黄粉虫蛹蛋白面包的感官品质均具有显著的影响 ($P < 0.05$), 如图 1。该图是主要添加成分对黄粉虫蛹蛋白面包感官品质的影响效应按减序排列的帕累托图^[20], 每条柱子的长度正比于各成分及其交互作用对面包感官品质影响的标准化效应。超过竖线的柱子对应的因子对面包感官品质的影响效应在 95% 置信区间上差异显著。利用 SAS9.1 中 Backward Elimination model 和二次响应面分析程序处理数据, 得到了各成分对面包感官品质影响的三维响应面图, 并筛选出制作黄粉虫蛹蛋白面包的最佳配方 (表 4)。图 2 列出了黄粉虫蛹蛋白浆与鸡蛋、白砂糖与干酵母、干酵母与奶粉分别对面包感官品质影响的三维响应面图, 该图直观反应了这 3 组成分对面包感官品质的交互影响机制。

利用 SAS9.1 的 ANOVA 程序对实验数据进行



a, 黄粉虫蛹蛋白浆和鸡蛋的添加量; b, 白砂糖和干酵母的添加量; c, 干酵母和奶粉添加量; x1, 黄粉虫蛹蛋白浆添加量; x2, 白砂糖添加量; x3, 干酵母添加量; x4, 鸡蛋添加量; x5, 奶粉添加量
a, contents of *Tenebrio Molitor* pupae protein paste and egg; b, contents of sugar and dry yeast; c, contents of dry yeast and milk powder; x1, content of *Tenebrio Molitor* pupae protein paste; x2, content of sugar; x3, content dry yeast; x4, content of egg; x5, content of milk powder

图 2 黄粉虫蛹蛋白面包的感官品质响应面图

Figure 2 The surface plots of sensory quality of *Tenebrio molitor* pupa protein bread

表 4 各成分添加量对面包感官评分的影响

Table 4 Effects of compositions' contents on sensory scores of bread

黄粉虫蛹蛋白浆/% <i>Tenebrio molitor</i> pupae protein paste	糖/% Sugar	干酵母/% Dry yeast	鸡蛋/% Egg	奶粉/% Milk powder	感官评分 Sensory score
20	18	1	10	6	95.82
20	18	1	8	6	95.45
20	18	1	10	8	95.17
20	18	1	12	6	94.81
20	18	1	8	8	94.80
20	18	1	12	8	94.16
20	18	1.1	10	8	94.13
20	16	1	10	6	93.90
20	18	1.1	8	8	93.76
20	18	1	6	6	93.70

由表3可知,黄粉虫蛹蛋白浆添加量20%、白砂糖18%、干酵母1%、鸡蛋10%、奶粉6%时,可以获得最佳面包配方,感官评分达95.82分。如果在考虑成本的情况下,可以选择配方黄粉虫蛹蛋白浆添加量20%、白砂糖18%、干酵母1%、鸡蛋8%和奶粉6%时,面包的感官评分达95.45分,既降低了成本也保证了面包的品质。

2.4 验证实验

为检验实验的可靠性,采用上述最佳工艺配方制作黄粉虫蛹蛋白面包,经过3次重复实验,实际得到的面包感官评分平均值达到96.29分,与预测值相差0.47分,相对误差小于5%,说明响应面分析得到的结果是可靠的。

3 讨论

实验结果表明:添加黄粉虫蛹蛋白浆可以提高面包蛋白质含量,改善传统面包的感官品质和营养价值,且最佳添加量为20%,黄粉虫蛹蛋白面包的最佳烘焙温度为180℃/210℃(面火/底火),烘焙时间25 min。20%黄粉虫蛹蛋白浆、18%白砂糖、1%干酵母、10%鸡蛋、6%奶粉(以高筋粉重量为基准)为最佳配方,并得到了验证。而20%黄粉虫蛹蛋白浆、18%白砂糖、1%干酵母、8%鸡蛋和6%奶粉的配方既保证了面包质量,也可节约成本,在实际生产也具有较强烈的实用价值。另外,实验利用SAS 9.1中ANOVA、Backward elimination model和二次响应面分析程序处理数据,比常规回归分析更加可靠,不仅可以很方便的得到面包的最佳配方,还可反映各成分及其交互作用对面感官品质的影响,可以据此合理选择面包制作原材料。

近年来养殖黄粉虫的企业越来越多,但市场上的黄粉虫主要是用作鱼类及其他经济动物的饲料,尚未用于食品深加工。在现代快节奏生活中,面包已成为人们的早餐主食,然而市场上的面包品种单一且蛋白质含量不高,而黄粉虫蛹的天然优势可以弥补传统快餐食品中的不足。首先,黄粉虫蛹的高蛋白^[4]含量、全面的氨基酸组成及合理脂肪酸配比^[12],可以有效地提高面包的营养价值,具有保健功能;其次,黄粉虫生活在蛹期无需进食,体内无粪便等异物,无明显异味;最后,黄粉虫蛹体内的脂类物质有抗菌防腐作用^[13],能延长食品的保质期,减少防腐剂的使用,保证食品质量安全。因此在面包中添加黄粉虫蛹,可为黄粉虫在食品中的利用提供一条新的途径。

参考文献:

- [1] 刘玉升,王付彬,崔俊霞,等.黄粉虫资源研究利用现状与展望[J].环境昆虫学报,2010,32(1):106-114.
- [2] 王文亮,程安玮,弓志青,等.一种黄粉虫氨基酸口服液及其制备方法[P].中国专利:201110299242.1,2012-02-08.
- [3] 赵大军,吕长鑫,马勇.黄粉虫蛋白酸奶的工艺研究[J].食品科学,2004,25(7):210-213.
- [4] 代春华,马海乐,沈小昆.黄粉虫幼虫及蛹中营养成分分析[J].食品工业科技,2009,30(04):315-318.
- [5] 吴书侠,林华峰.黄粉虫幼虫饲养条件优化和营养物质含量研究[D].合肥:安徽农业大学,2009.
- [6] 黄琼,胡杰,周定刚,等.两种色型黄粉虫的营养成分比较[J].营养学报,2012,34(3):292-294.
- [7] Ye X Q, Liu D H, Hu C. Some factors' effects on the solubility of protein from yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L) larvae[J]. Journal of Zhejiang University Science, 2001, 2(4): 436-438.
- [8] 中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量[M].北京:中国轻工业出版社,2000:86-102.
- [9] De Foliart G R. Insect fatty acid: similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturaton, but higher in the polyunsaturates[J]. The Food In-sects Newsletter, 1991, 4(1): 1-6.
- [10] Dadd R H. Essential fatty acids: insects and vertebrates compared[M]// Mittler T E, Dadd R H. Metabolic aspects of lipid nutrition in insects[M]. Boulder, Colo: West view Press. 1983, 107-147.
- [11] 黄琼,周祖基,周定刚,等.黄粉虫蛹的营养成分分析[J].四川动物,2006,25(4):809-813.
- [12] 王君,林华峰,李世广,等.黄粉虫成虫体内脂类抗菌物质的抑菌活性[J].食品科学,2011,32(19):104-107.
- [13] 吴福中,林华峰,刘志红,等.中国黄粉虫产品开发利用的现状及其对策[J].中国农学通报,2005,21(8):72-75.
- [14] GB 5009.5-2010.食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].2010.
- [15] 李雨露,刘丽萍,杨华松.添加黄粉虫蛋白浆对面包品质的影响[J].食品开发与研究,2008,29(7):81-83.
- [16] Harry T. Lawless Hildegarde Heymann. 食品感官评价原理与技术[M].王栋等译.北京:中国轻工业出版社,2001,6:1-13.
- [17] GB/T 14611-2008.粮油检验 小麦粉面包烘焙品质试验 直接发酵法[S].2008.
- [18] AACC方法10-10A.74-10美国谷化协会审批方法[S].8版.
- [19] 刘海燕,尚珊,王宏兹,等.糯麦粉对冷冻面团发酵流变特性和面包烘焙特性的影响[J].食品科学,2012,33(3):77-81.
- [20] Maragou N C, Rosenberg E, Thomaidis N S, et al. Direct determination of the estrogenic compounds 8- prenylnaringenin, zearalenone, α -and β -zearalenol in beer by liquid chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2008, 1202(1): 47-57.
- [21] Schildknecht H, Weis K H. Unber die Tenebrioniden-chinone bei lebendem und totem uniesruehungs material[J]. Z Naturf, 1960, 15: 757-758.