

宋居易,陈 惠,郝德荣,等.“冷蒸”热处理工艺的研究[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):369-372.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.108

“冷蒸”热处理工艺的研究

宋居易,陈 惠,郝德荣,魏亚凤,汪 波,刘 建

(江苏沿江地区农业科学研究所,江苏如皋 226541)

摘要:为探讨加热温度和加热时间对“冷蒸”品质的影响,获取“冷蒸”灭菌的最佳工艺,采用响应面法中的中心组合设计对加热处理后“冷蒸”的色泽、葡萄糖含量、感官品质进行研究。结果表明,当加热温度为 79 ℃、加热时间为 20 min 时,“冷蒸”的 a^* 值为 0.928,葡萄糖含量为 50.80 $\mu\text{g/mL}$,感官品质为优,与模型预测值基本符合。说明利用响应面法优化加热灭菌工艺是可行的,加热时间(20 min)与温度(79 ℃)组合方案具有实际应用价值,可为加热灭菌在“冷蒸”贮藏加工中的应用提供理论依据。

关键词:元麦;冷蒸;加热灭菌;响应面法;中心组合设计

中图分类号: TS201.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0369-04

元麦即裸大麦,别称青稞,是大麦的一种类型,系禾本科(Gramineae)大麦属(*Hordeum*)谷类植物。元麦含蛋白质 10%~13.4%,脂肪 1.8%~2.9%,维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 B₆ 的含量也很高,其营养价值优于稻米和面粉,其籽粒中还特别富含 β -葡聚糖、食用纤维、母育酚等有益于人类健康的化合物^[1]。“冷蒸”是元麦由绿转黄时制作的一种产品,营养丰富,但其季节性很强,一般只有 10 d 左右。因此,研究“冷蒸”的保鲜工艺,可以提高其经济价值、延伸产业链。

热力灭菌是最常采用的贮藏保鲜方法的一种,可以有效杀菌和抑制酶活,可以形成风味物质,但是也会导致食品的外观和营养方面发生不同程度的变化^[2]。Rawson 等发现热处理草莓汁、橘子汁、西瓜汁,会使其营养物质流失和抗坏血酸等生物活性物质降解^[3];Skrede 等发现一定的加热处理会促进果汁中多酚类化合物的氧化而导致褐色物质的产生,破坏产品的色泽^[4]。因此,研究者通过优化加热时间与温度的组合,得到最佳处理工艺。

本试验采用响应面法(RSM)中的中心组合设计方法,对加热处理后“冷蒸”的色泽、葡萄糖含量、感官品质进行分析,从而获取最佳加热温度与时间的组合,为地方特色小吃“冷蒸”的保鲜工艺提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 材料 由实验室制作的“冷蒸”样品^[5](以苏裸麦 1 号为原料)、真空包装塑料袋(双面厚度 0.18 mm)、葡萄糖标准品均购于 Sigma 公司,蒽酮试剂、浓硫酸均为普通化学试剂。

收稿日期:2015-11-06

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(13)3078]。

作者简介:宋居易(1989—),女,安徽淮南人,硕士,研究实习员,主要从事食品加工及贮藏研究。E-mail:songjuyi526@163.com。

通信作者:刘 建,硕士,研究员,主要从事元麦的研究。E-mail:ntliuj@sina.com。

1.1.2 仪器设备 DNP-9162 型电热恒温培养箱(上海精宏试验设备有限公司);WH-3 微型旋涡混合仪(上海沪西分析仪器厂);SCL-1300 型垂直流洁净工作台(北京赛伯乐实验仪器有限公司);新飞 BCD-219CHG2B 电冰箱(河南新飞电器有限公司);GB303 电子天平(上海梅特勒-托利多集团);定量移液器(美国热电公司);DZQ-260 台式真空包装机(温州卓越机电有限公司);GKC 双列四孔数显恒温水浴锅(上海一科仪器有限公司);NR110 3nh 精密色差计(深圳市三恩驰科有限公司);752 紫外分光光度计(上海圣科仪器设备有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 原料处理 称取样品 100 g,(真空袋双面厚度 0.18 mm)真空包装(样品厚度为 5~8 mm),置于水浴锅中进行加热处理。单因素试验:(1)温度为 80 ℃,时间分别为 10、20、30、40、50 min,选取最佳加热时间范围;(2)时间为 20 min,温度分别为 65、70、75、80、85 ℃,选取最佳加热温度范围。

1.2.2 色泽测定 应用精密色差计定量测定颜色。 L^* 值表示亮度,0 表示黑色,100 表示白色。 a^* 值表示红绿方向颜色变化, $+a^*$ 值表示向红色方向变化, $-a^*$ 值表示向绿色方向变化。 b^* 值表示黄蓝方向变化, $+b^*$ 值表示向黄色方向变化, $-b^*$ 值表示向蓝色方向变化。在样品袋表面用记号笔标注 5 个圈(直径大于色差计探头),每个处理再做 1 次重复^[2,6]。

1.2.3 葡萄糖的测定 采用蒽酮分光光度法^[7]进行测定。

1.2.4 感官评价 评定小组由 3 位具有 3 年以上专业经验的人员组成,自然灯光下进行,每次评定在早上 10:00 进行,房间温度控制在 22 ℃,对样品的黏性、咀嚼性、细腻度指标进行评分。评分标准见表 1^[8]。

1.2.5 微生物指标的测定 将所得最佳处理的样品在 4 ℃下贮藏 30 d 后进行微生物指标测定。(1)菌落总数:参照 GB 4789.2—2010《食品卫生 微生物学检验菌落总数测定》^[9];(2)大肠菌群:参照 GB 4789.3—2010《食品卫生 微生物学检验大肠菌群计数》^[10];(3)霉菌和酵母:参照 GB 4789.15—

表 1 “冷蒸”感官评价评分标准

评定项目	评分标准			
	9~10 分	6~8 分	3~5 分	0~2 分
黏性	很黏	较黏	一般	无
咀嚼性	较有弹性	有弹性	一般	无
细腻度	较细腻	细腻	一般	粗糙
甜度	较甜	甜	一般	无

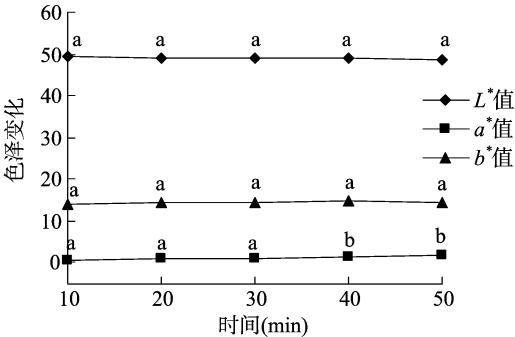
2010《食品卫生 微生物学检验霉菌和酵母计数测定》^[11]。每个处理设置 2 次重复,3 个平行,结果取平均值。

1.2.6 数据处理 各指标重复测定 3 次,数据由 SPSS 17.0 统计分析,图由 Origin 8.0 绘制。

2 结果与分析

2.1 在 80 ℃ 下不同加热时间对“冷蒸”色泽、葡萄糖含量及感官品质的影响

如图 1 所示,对于 L^* 值和 b^* 值来说,5 组不同加热时间处理的样品无显著差异 ($P < 0.05$);对于 a^* 值来说,加热时间为 10、20、30 min 时的样品与加热时间为 40、50 min 时的样品间差异显著 ($P < 0.05$)。因此,加热时间在 10~30 min 之间时,对“冷蒸”的色泽影响较小。



不同字母表示不同加热时间处理间差异显著 ($P < 0.05$); 下图同

图 1 在 80 ℃ 下不同加热时间对“冷蒸”色泽的影响

如图 2 所示,不同加热时间处理会使样品中葡萄糖含量先增加后降低再增加,但是在 10~30 min 时间内,样品中葡萄糖含量基本无显著差异 ($P < 0.05$)。

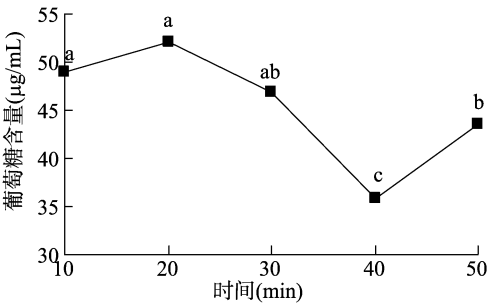


图 2 在 80 ℃ 下不同加热时间对“冷蒸”葡萄糖含量的影响

如表 2 所示,随着加热时间的延长,样品的黏性、咀嚼性和细腻度均增加;甜度结果与上面葡萄糖含量的检测结果较一致。青稞中淀粉含量为 40.54%~67.68%,平均值为 59.25%,普遍含有 74%~78% 支链淀粉,有些含量甚至高达或接近 100%^[12],因此易于糊化,增加了样品的黏性和咀嚼

表 2 在 80 ℃ 下不同加热时间对“冷蒸”感官品质的影响

处理	黏性 (分)	咀嚼性 (分)	细腻度 (分)	甜度
80 ℃ 10 min	2	3	2	6
80 ℃ 20 min	8	9	8	9
80 ℃ 30 min	8	8	9	8
80 ℃ 40 min	9	9	9	4
80 ℃ 50 min	10	10	10	5

性,提高了其细腻度,改善了样品的口感。

虽然,加热时间为 40 min 和 50 min 时样品的黏性、咀嚼性和细腻度较高,但对样品的色泽和葡萄糖含量影响较大,故综上所述,加热时间选择在 10~30 min。

2.2 不同加热温度加热 20 min 对“冷蒸”色泽、葡萄糖含量及感官品质的影响

如图 3 所示,对于 L^* 值和 b^* 值来说,5 组不同加热温度处理之间无显著差异 ($P < 0.05$);对于 a^* 值来说,加热温度为 75、80、85 ℃ 时的样品与加热温度为 65、70 ℃ 时的样品间差异显著 ($P < 0.05$)。

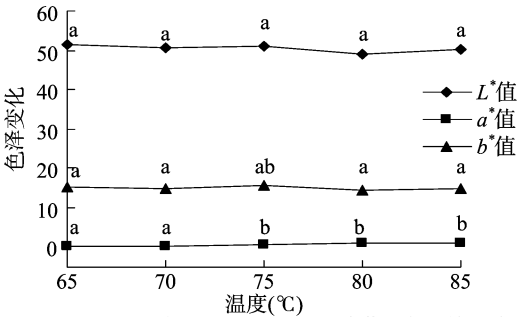


图 3 不同加热温度加热 20 min 对“冷蒸”色泽的影响

如图 4 所示,不同加热温度处理之间均有显著差异 ($P < 0.05$);加热处理会使样品中葡萄糖含量先升高后降低,在加热温度为 80 ℃ 时,样品中葡萄糖含量最高。

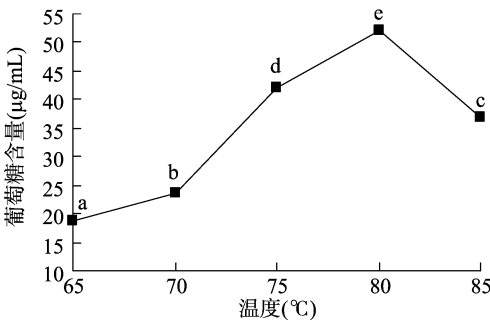


图 4 不同加热温度加热 20 min 对“冷蒸”葡萄糖含量的影响

如表 3 所示,随着加热温度的增加,样品的黏性、咀嚼性和细腻度均增加;甜度先增加后减少。郑学玲等研究表明,青稞淀粉在 60 ℃ 以下时膨胀力较小,当温度上升到 60 ℃ 之后其膨胀力明显增大,而且其成糊温度在 80 ℃ 左右^[13]。

根据以上色泽、葡萄糖含量和感官品质评价的综合考虑,加热温度选择在 75~85 ℃。

2.3 响应面优化“冷蒸”的保鲜工艺

2.3.1 中心组合设计试验结果 根据单因素试验结果,将加

表 3 不同加热温度加热 20 min 对“冷蒸”感官品质的影响

处理	黏性	咀嚼性	细腻度	甜度
65 ℃ 20 min	2	2	1	5
70 ℃ 20 min	5	4	6	6
75 ℃ 20 min	7	9	8	8
80 ℃ 20 min	8	9	9	8
85 ℃ 20 min	8	9	9	7

热温度设为 75 ~ 85 ℃, 加热时间设为 10 ~ 30 min。采用软件 Design expert (version 8.0.5b) 中的中心组合设计原理, 设计 2 因素 3 水平试验 (表 4)。

表 4 中心组合设计试验因子编码

编码	A: 加热温度 (℃)	B: 加热时间 (min)
-1	75	10
0	80	20
1	85	30

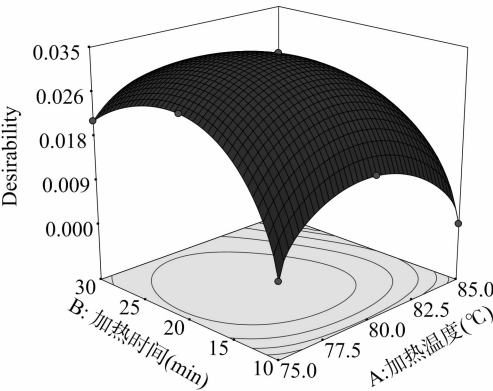
表 5 为 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值、葡萄糖含量和感官品质之间的响应值。如表 6 所示, 除了 L^* 值的 P 值和失拟项值都是不显著 ($P > 0.05$), 其余响应值的 P 值和失拟项值均分别是差异显著或极显著 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$) 和差异不显著 ($P > 0.05$)。

利用 Design Expert 软件对表 5 的数据进行分析, 分别获得 a^* 值、 b^* 值、葡萄糖含量、感官品质的二元回归方程如表 7 所示, 说明除了 b^* 值以外, 其他各因子系数均有意义, 3 个模

表 7 二元回归方程、 R^2 和 R^2_{adj}

响应值	回归方程	R^2	R^2_{adj}
a^* 值	$y = +33.549\ 66 - 0.875\ 16A + 0.0247\ 82B + 8.500\ 00E - 004AB + 5.655\ 17E - 003A^2 - 1.486\ 21E - 003B^2$	0.934\ 2	0.887\ 1
b^* 值	$y = +39.762\ 99 - 0.604\ 83A + 0.762\ 28B - 6.300\ 00E - 003AB + 3.255\ 17E - 003A^2 - 6.436\ 21E - 003B^2$	0.814\ 3	0.681\ 7
葡萄糖含量	$y = -3\ 009.612\ 07 + 75.614\ 37A + 4.262\ 36B - 0.015\ 000AB - 0.472\ 07A^2 - 0.070\ 517B^2$	0.975\ 2	0.957\ 5
感官品质	$y = -373.229\ 89 + 8.814\ 94A + 4.115\ 52B + 0.015\ 000AB - 0.056\ 552A^2 - 0.109\ 14B^2$	0.979\ 6	0.964\ 9

2.3.2 “冷蒸”加热处理的最佳条件优化 为使“冷蒸”在加热处理中最大程度地保持其色泽、葡萄糖含量和感官品质, 利用 Design Expert 软件, 通过对 3 个方程模拟寻优, 结果如图 5 所示。当加热时间 19.89 min、加热温度 78.75 ℃ 时, 可得到最佳响应值, 即 a^* 值为 0.94, 葡萄糖含量为 50.84 $\mu\text{g/mL}$, 感官品质为 32.42 分。选取加热温度 79 ℃、加热时间 20 min 条件下进行验证试验, 3 次平行试验结果: a^* 的均值为 0.928, 相对误差为 0.56%; 葡萄糖含量为 50.80 $\mu\text{g/mL}$, 相对



三维分析图

表 5 中心组合设计试验方案及响应值结果

试验序号	A	B	L^* 值	a^* 值	b^* 值	葡萄糖含量 ($\mu\text{g/mL}$)	感官品质 (分)
1	0	0	49.98	1.07	13.81	50.75	33
2	-1	0	51.63	0.78	16.07	39.50	33
3	-1	-1	49.98	0.52	14.90	30.50	10
4	0	-1	49.41	0.52	14.45	41.25	13
5	1	0	50.02	1.51	14.31	36.50	30
6	-1	1	49.28	1.10	15.54	37.75	28
7	1	-1	48.99	0.77	13.26	30.25	11
8	0	0	48.47	0.93	14.62	52.50	34
9	0	0	48.64	0.93	15.17	50.75	33
10	0	1	49.08	1.19	14.48	44.25	31
11	0	0	49.98	1.07	14.62	52.50	30
12	0	0	48.64	0.93	15.17	53.25	33
13	1	1	48.55	1.52	12.64	34.50	32

表 6 对应每个响应值多项式回归模型的 P 值和失拟项

响应值	P 值	失拟项值
L^* 值	0.318\ 9	0.394\ 8
a^* 值	0.000\ 5	0.158\ 0
b^* 值	0.017\ 0	0.6082
葡萄糖含量	<0.000\ 1	0.096\ 3
感官品质	<0.000\ 1	0.320\ 1

型拟合程度良好, 试验误差小, 试验模型合适。

误差为 0.20%; 感官品质为 33 分, 相对误差为 0.20%; 这表明响应面法优化“冷蒸”保鲜工艺的方案是可行的。

2.3.3 微生物指标测定 将加热温度 79 ℃、加热时间 20 min 条件下得到的样品在 4 ℃ 贮藏 30 d 后测定的微生物指标为: 细菌总数 60 CFU/mL; 大肠菌群 < 3 CFU/mL; 霉菌和酵母 < 20 CFU/mL。根据食品科学与技术协会 (IFST) 的规定^[14], 细菌总数以及酵母和霉菌可接受的最大微生物量分别在 4 lg CFU/mL 和 3 lg CFU/mL。所以, 此处理的样品符合规定。

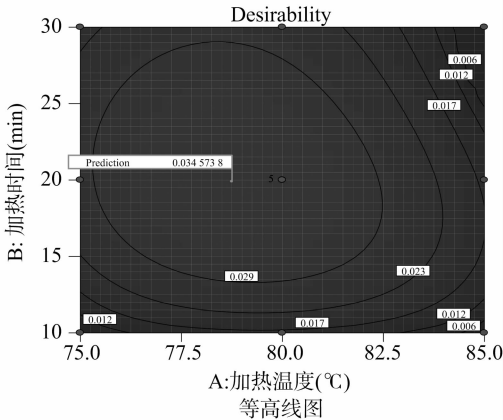


图5 响应面三维分析图和等高线图

3 结论与讨论

在单因素试验基础上,利用响应面法建立了加热灭菌处理的温度和时间与“冷蒸”色泽、可溶性糖含量和感官品质之间关系的二次多项回归模型,经验证该模型拟合程度高,准确有效。优化得到的最佳加热杀菌工艺修正条件为加热温度 79 ℃、加热时间 20 min。此时获得的 a^* 值、葡萄糖含量、感官品质得分的实际值与预测值均基本吻合,表明响应面法用于加热杀菌工艺的优化是可靠的,本研究可为“冷蒸”贮藏加工中的应用提供理论依据。

由本试验结果可知,适当的加热处理会提高“冷蒸”的葡萄糖含量和改善感官品质,但是样品的颜色却发生了改变。食品发生颜色变化的原因有 3 种:一是叶绿素被破坏^[15-16];二是发生了非酶褐变^[17];三是酶促褐变^[18-20]。本试验加热处理温度较高、处理时间也较长,酶促褐变的可能性较小,因此推测“冷蒸”发生色变的原因因为叶绿素遭到破坏或是发生非酶褐变或是两者皆有,须要以后对此进行试验验证来得到其变色的原因。

参考文献:

- [1] 刘新红,杨希娟,吴昆仑,等. 青稞品质特性及加工利用现状分析[J]. 农业机械,2013,14(14):49-53.
- [2] Vegara S, Marti N, Mena P, et al. Effect of pasteurization process and storage on color and shelf-life of pomegranate juices[J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 54(2):592-596.
- [3] Rawson A, Patras A, Tiwarib K, et al. Effect of thermal and non-thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: review of recent advances[J]. Food Research Internet, 2011, 44(7):1875-1887.
- [4] Skrede G, Wrolstad R E, Durst R W. Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) [J]. Journal of Food Science, 2000, 65(2):357-364.
- [5] 刘建. 江苏裸大麦[M]. 北京:科学技术文献出版社, 2014:130-132.
- [6] Seckin A M, Cengiz C C. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorinedioxide on strawberry storage life[J]. LWT - Food Science and Technology, 2014, 57(1):344-351.

(上接第 291 页)

综上所述,确定出乔砧密植(3 m×4 m)凉香苹果栽培的果园,进入盛果期树采用间伐方法是乔化密植郁闭园改造提高苹果产质量比较理想的方法。与牛军强等的结论^[9]相一致,对辽宁省乔化密植郁闭园改造具有现实指导意义。

参考文献:

- [1] Wertheim S J, Wagenmakers P S, Bootsma J H, et al. Orchard systems for apple and pear: conditions for success[J]. Acta Horticulturae, 2001, 557: 209-227.
- [2] Buler Z, Mika A, Trader W, et al. Influence of new training systems of dwarf and semidwarf apple trees on yield, its quality and canopy illumination[J]. Acta Horticulturae, 2001, 557: 253-259.
- [3] 李绍华,李明,刘国杰,等. 直立中央领导干树形条件下幼年苹

- [7] Barboni T, Cannac M, Chiaramonti N. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa* [J]. Food Chemistry, 2010, 121(4):946-951.
- [8] 马永强,韩春然,刘静波. 食品感官检验[M]. 北京:化学工业出版社, 2005.
- [9] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB 4789.2—2010 食品卫生 微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2011.
- [10] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB 4789.3—2010 食品卫生 微生物学检验大肠菌群计数[S]. 北京:中国标准出版社, 2011.
- [11] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB 4789.15—2010 食品卫生 微生物学检验霉菌和酵母计数[S]. 北京:中国标准出版社, 2011.
- [12] 江春艳,严冬,谭进,等. 青稞的研究进展及应用现状[J]. 西藏科技, 2010(2):14-16.
- [13] 郑学玲,张玉玉,张杰. 青稞淀粉和小麦淀粉的理化性质比较研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(10):52-56.
- [14] Santhirasegaram V, Razali Z, George D S, et al. Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice[J]. Food and Bioprocess Technology, 2015, 94:313-321.
- [15] 汪志国,王静,李国刚. 双波长分光光度法同时测定叶绿素 a、b[J]. 中国环境监测, 1999, 15(5):21-22.
- [16] 唐明霞,陈惠,袁春新,等. 通豆 6 号大豆响应面法微波烫漂工艺的优化[J]. 江苏农业学报, 2013, 29(4):870-875.
- [17] Delgado-Andrade C, Seiquer I, Haro A A, et al. Development of the Maillard reaction in foods cooked by different techniques. Intake of Maillard-derived compounds[J]. Food Chemistry, 2010, 122(1):145-153.
- [18] 昌昌勇,徐致远,廖文艳,等. 低糖褐色乳酸菌饮品的研制[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(11):354-356.
- [19] 詹嘉红. 枇杷果实过氧化物酶活性的抑制[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7):316-317, 354.
- [20] 周翠英,汤瑾,周建俭,等. 气调包装保鲜翠冠梨的试验[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8):281-283.

果树体生长特性的研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(7):826-830.

- [4] 魏钦平,鲁初强,张显川,等. 富士苹果高干开心形光照分布与产量品质的关系研究[J]. 园艺学报, 2004, 31(3):291-296.
- [5] 吴光林. 果树生态学[M]. 北京:农业出版社, 1992:68-79.
- [6] 张建军,马希满,杜纪壮,等. 红富士苹果新梢及叶与果实品质的关系[J]. 中国果树, 1994(3):15-17.
- [7] 束怀瑞. 果树栽培生理学[M]. 北京:中国农业出版社, 1993:152-162.
- [8] 孙志鸿,魏钦平,杨朝选,等. 改良高干开心形富士苹果树冠不同层次相对光照强度分布与枝叶的关系[J]. 果树学报, 2008, 25(2):145-150.
- [9] 牛军强,马明,尹晓宁,等. 乔化密植红富士苹果园改造试验[J]. 中国果树, 2010(6):23-25.