

# 蓝莓贮藏适宜温湿度条件研究

蔡宋宋<sup>1,2</sup>, 岳清华<sup>1,2</sup>, 韩澄<sup>3</sup>, 廖甜甜<sup>1,2</sup>

- (1. 青岛市蓝莓工程技术研究中心, 山东青岛 266400;
2. 佳沃集团沃林蓝莓果业有限公司, 山东青岛 266400;
3. 山东外贸职业学院, 山东青岛 266100)

**摘要:**以蓝莓为试材, 研究其贮藏适宜温湿度条件, 分析蓝莓冰点与可溶性固形物含量的相关性, 并探讨适宜温湿度条件下的耐贮性。研究发现, 公爵、蓝丰、布里吉塔、埃利奥特、杰兔五个品种的果实冰点范围无显著差异, 即-4.2~-0.4 ℃, 而相对湿度由85%~95%每下降10%, 日失重率增加0.2%~0.5%, 得出贮藏适宜温湿度为0~0.5 ℃、85%~95%; 不同品种冰点与可溶性固形物含量呈极显著( $p < 0.01$ )负相关, Pearson系数为0.552。蓝莓贮藏于0~0.5 ℃、85%~95%条件下冷藏期可达30~40 d, 贮藏后于10 ℃暂存7 d和25 ℃货架2 d好果率均控制在90%。

**关键词:** 蓝莓, 冰点, 温度, 湿度, 耐贮性

## Study on suitable temperature and humidity conditions of blueberry storage

CAI Song-song<sup>1,2</sup>, YUE Qing-hua<sup>1,2</sup>, HAN Cheng<sup>3</sup>, LIAO Tian-tian<sup>1,2</sup>

- (1. Qingdao Blueberry Engineering & Technology Research Center, Qingdao 266400, China;
2. Joyvio Group, Wallen Blueberry Ltd., Qingdao 266400, China;
3. Shandong Foreign Trade Vocational College, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** Suitable temperature and humidity conditions of blueberries storage were studied. Correlation between freezing point temperature and soluble solid content was discussed, and also storage time of blueberries under suitable temperature and humidity was researched. Results showed that the range of freezing point temperature among "Duke" "Bluecrop" "Brigitta" "Elliot" and "Premier" varieties was no significant difference, and that was -4.2~-0.4 ℃. The relative humidity from 85% to 95% for every 10% decline, and the weight loss rate increased by 0.2%~0.5%. Consequently, suitable conditions for blueberry storing were obtained, as 0~0.5 ℃ and 85%~95%. There was very significant ( $p < 0.01$ ) negative correlation between freezing point temperature and soluble solid content, and pearson coefficient was 0.552. With the storage condition at the temperature of 0~0.5 ℃, humidity of 85%~95% prolonged cold storage to 30~40 days. After 30~40 days of cold storage, temporary storage of 7 d at 10 ℃ or 2 d at 25 ℃, the rate of good fruit reached to 90%.

**Key words:** blueberry; freezing point; temperature; humidity; storability

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)18-0355-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.18.063

蓝莓, 属于杜鹃花科(*Ericacea*)越橘属(*Vaccinium* spp.), 为多年生落叶或常绿灌木<sup>[1]</sup>。蓝莓果实富含花色苷等抗氧化物质, 具有改善视力、抗氧化、抗癌及延缓脑神经衰老等保健功能。因此, 国际粮农组织将其列为人类五大健康食品之一, 被誉为“浆果之王”<sup>[2-3]</sup>。近几年国内蓝莓面积不断扩大, 产量迅速上升<sup>[4]</sup>, 而果实成熟期集中在6~7月份, 正值高温季节, 产期短且极不耐贮藏<sup>[5]</sup>。目前, 中国果蔬冷链流通率和运输率极低, 农产品损腐率较高, 迫切需要增加冷链覆盖率<sup>[6]</sup>。但是, 冷链和低温贮藏条件控制粗放, 缺

乏适宜温湿度控制参考数据, 温度过高或过低造成贮运损耗时有发生。国内蓝莓产业化初步形成, 对蓝莓适宜温湿度条件精确控制无经验参考, 并且研究甚少。文章旨在研究蓝莓贮藏适宜温湿度条件, 为生鲜产业全程冷链的发展和长期贮藏环境的控制提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

蓝莓 采用早中晚熟品种公爵、蓝丰、布里吉塔、埃利奥特、杰兔, 采自佳沃集团青岛蓝莓种植基

收稿日期: 2015-01-04

作者简介: 蔡宋宋(1983-), 女, 硕士, 工程师, 研究方向: 水果贮藏与保鲜技术, E-mail: chengzi218@163.com。

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项项目(201204402)。

地。果实全蓝色正常成熟时采收,直接采摘于塑料筐,净重3 kg左右。采收后立即运至10℃预冷库,快速预冷后,选取横径15~18 mm、无机械损伤和病虫害的果实,待实验。

PAL-1糖度计 日本Atago公司;t106果心温度计 德国Testo公司;FLASHLINK温度记录仪 美国DeltaTRAK公司;Thermo Hygrometer湿度计 美国DeltaTRAK公司。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 贮藏适宜温度条件探讨

1.2.1.1 不同介质温度对果实冰点的影响 选取品种、批次、成熟度、规格等因素一致的果实,随机抽取果实置于三种空气介质温度中,即-12~-8℃、-16~-12℃和-20~-16℃,将电子温度记录仪的探头刺入蓝莓果实,每隔30 s监测果实冻结温度点<sup>[7]</sup>,比较不同介质温度中果实的冻结特点。

1.2.1.2 不同品种的果实冰点测定 选取早中晚熟品种公爵、蓝丰、布里吉塔、埃利奥特、杰兔果实,分别置于-20~-16℃空气介质中,将电子温度记录仪的探头刺入蓝莓果实,每隔30 s监测果实冻结温度点,每个样品测定30 min,得出相应果实冰点<sup>[7]</sup>,实验于2011~2013年进行。

1.2.2 冰点与可溶性固形物含量相关性探讨 可溶性固形物含量(SSC)用手持式折光仪测定,每个果实测定冰点后,检测相应果实SSC,通过SPSS统计分析蓝莓果实冰点与SSC相关性。

1.2.3 贮藏适宜湿度条件探讨 将蓝丰品种果实分别暂存于0~3℃、不同相对湿度下,即85%~95%、75%~85%、65%~75%、55%~65%,采用超声波加湿器控制相对湿度,暂存7 d称重,比较日失重率得出最佳贮藏湿度。将蓝莓果实贮藏于最佳湿度环境下40 d,分别于10、30、40 d称重,观察最佳湿度环境下不同贮藏阶段蓝莓果实的失重趋势。

1.2.4 适宜温湿度条件下耐贮性探讨 将蓝丰品种果实贮于最适宜温湿度条件下,比较不同贮藏时间的好果比例,探讨最佳温湿度条件下适宜贮藏期。同时,比较适宜贮藏期的蓝莓果实包装转运期(10℃)和常温货架期(25℃),即蓝莓置于10℃低温转运和25℃常温下每日观察好果比例的变化。

1.2.5 检测计算方法 由于蓝莓果实形体较小,实验中以果实发生霉变、果肉质地坍塌、果肉颜色由白色变成褐色均界定为腐烂<sup>[8]</sup>。好果率统计即去除上述腐烂果等。

$$\text{好果率}(\%) = \frac{\text{总果数} - \text{腐烂果数}}{\text{总果数}} \times 100$$

1.2.6 数据分析 应用SPSS 17.0软件进行方差分析,并利用邓肯氏多重比较对差异显著性进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 贮藏适宜温度条件探讨

2.1.1 不同介质温度对果实冰点的影响 由图1可见,在过冷点之前,果实温度随时间成良好的线性下降趋势,当温度降低至最低(过冷点)后,出现一个小幅度而迅速上升过程,当果实温度回升至顶点后,短

时间内维持相对稳定,即冰点。可见,在-12~-8℃、-16~-12℃和-20~-16℃介质温度下蓝莓果实的冰点分别为-1.8、-1.7、-1.9℃,无显著差异,说明冰点与介质温度无关。但随介质温度降低,冰点出现时间越早,并且通过最大冰晶生成区的时间也愈短,与王丹等<sup>[7]</sup>研究相似。其中,-20~-16℃空气温度下,9 min冰点出现,测试时间相对短,因此采用-20~-16℃介质温度测定果实冰点。

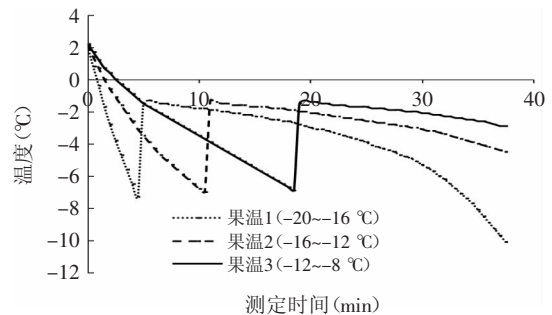


图1 不同介质温度下蓝莓果实冻结曲线

Fig.1 Freezing curves of blueberries in different temperature

2.1.2 不同品种的果实冰点测定 公爵、蓝丰、布里吉塔、埃利奥特、杰兔品种的果实冰点如图2所示。分析得出,五个品种的冰点范围无显著差异( $p>0.05$ ),整体冰点范围在-4.2~-0.4℃,其中杰兔、埃利奥特品种的检测样本量为3~4个,不能完全代表品种的冰点趋势。此结论与王丹等<sup>[7]</sup>的研究——蓝金品种与3个样本的果实冰点温度范围-3.6~-2.3℃存在差异,可能与其品种因素单一和样本量少有关。由图2可见,相同品种不同果实间冰点差异较大,为避免贮藏期间部分果实产生冷害或冻害,初步得出,五个品种贮藏适宜温度范围为0~0.5℃,不得低于0℃。屈海泳和王芳等<sup>[9-10]</sup>报道,蓝莓贮藏适宜温度分别为1~3℃和0~5℃,温度控制粗放,本研究得出五个品种适宜温度0~0.5℃,接近冰温贮藏,有效抑制果实的呼吸代谢和有害微生物的生长,延长蓝莓保鲜期<sup>[11]</sup>。

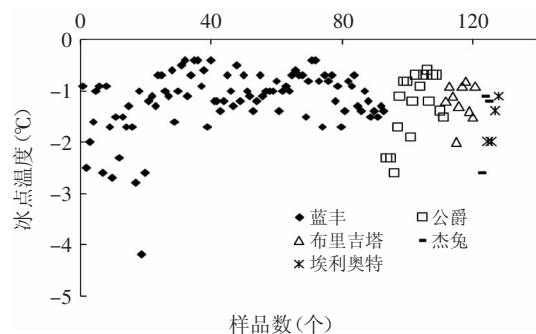


图2 不同品种的果实冰点比较

Fig.2 Comparison of freezing point temperature of different blueberries varieties

### 2.2 冰点与可溶性固形物含量相关性探讨

分析得出,不同品种冰点与可溶性固形物含量(SSC)呈极显著负相关( $p<0.01$ ),Pearson系数为0.552,

相关性模型为 $Y=-0.271X+2.138$ , X为SSC, Y为果实冰点。张璇、申春苗等<sup>[12-15]</sup>报道黄桃、梨等果品蔬菜的冰点温度与SSC呈显著相关,与密度、果实体积和单果重量相关性较低。分析可知,根据蓝莓品种、批次等果实SSC变化,初步推算冰点范围,调整适宜贮藏温度,将贮藏损耗降至最低。

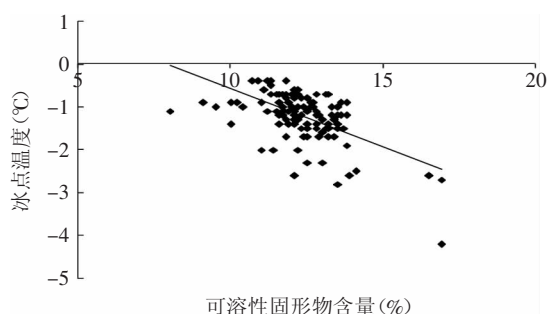


图3 冰点与可溶性固形物含量的相关性

Fig.3 Correlation between freezing point temperature and soluble solid content

### 2.3 贮藏适宜湿度条件探讨

感官实验得出,相对湿度85%以下,贮藏3~7 d果实失水萎蔫,果皮皱缩,外观鲜度降低。由表1可见,随相对湿度降低,果实日失重率显著增加( $p < 0.05$ ),相对湿度由85%~95%每下降10%,日失重率约增加0.2%~0.5%,可见耐贮藏适宜相对湿度为85%~95%。

表1 不同湿度条件蓝莓贮藏重量损耗

Table 1 Weight loss of blueberries storage under different relative humidity

类别	不同相对湿度下日失重率(%)			
湿度范围(%)	85%~95%	75%~85%	65%~75%	55%~65%
日失重率(%)	0.10 a	0.29 b	0.67 c	1.20 d

注:不同小写字母表示差异显著, $p < 0.05$ ;表2同。

由表2可见,伴随贮藏周期的延长,日失重率呈下降趋势,可能与后期贮藏环境稳定、休眠期代谢缓慢有关。失水不仅造成明显的失重和失鲜,更重要的是促使产品衰老变质,缩短贮藏期<sup>[16]</sup>。

表2 适宜湿度下不同贮藏期的重量损耗

Table 2 Weight loss of blueberries by different storage time under suitable relative humidity

类别	85%~95%湿度下不同贮藏期日失重率(%)		
贮藏期(d)	0~10	10~30	30~40
日失重率(%)	0.104 a	0.094 a	0.069 b

### 2.4 适宜温湿度条件下耐贮性探讨

蓝丰品种在0~0.5 °C、85%~95%温湿度环境下贮藏效果如图4所示。分析可知,10、20、30 d贮藏效果无显著差异,但显著优于40 d( $p < 0.05$ ),贮藏30~40 d的好果率变化由97%降至89%,降低了8%。将贮藏30 d的蓝莓于10 °C低温包装转运7 d、25 °C货架2 d,

好果率均控制在90%。因此,蓝莓贮藏于0~0.5 °C、85%~95%条件下贮藏期可达30~40d。

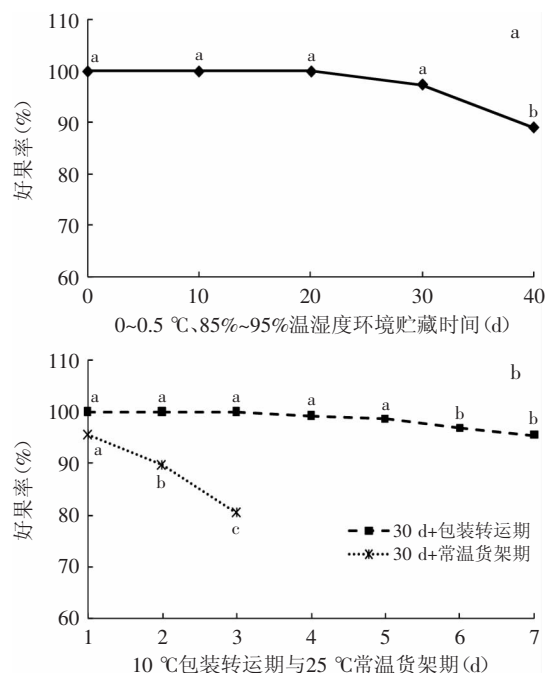


图4 蓝丰品种在适宜温湿度条件下贮藏效果

Fig.4 Storage effect of bluecrop under suitable temperature and humidity conditions

注:同一曲线不同小写字母表示具有显著性差异, $p < 0.05$ ;  
a: 蓝丰品种在0~0.5 °C、85%~95%温湿度环境的贮藏效果;  
b: 蓝丰品种贮藏30 d后在10 °C与25 °C贮藏效果。

## 3 结论

探讨适宜温湿度条件以提高耐贮性,得出以下结论:公爵、蓝丰、布里吉塔、埃利奥特、杰兔品种冰点范围无显著差异,在-4.2~-0.4 °C,初步得出贮藏适宜温度为0~0.5 °C;长期贮藏最佳相对湿度为85%~95%;不同品种冰点与可溶性固形物含量(SSC)呈极显著负相关( $p < 0.01$ ),Pearson系数为0.552,可根据果实SSC变化推算冰点范围,调整适宜贮藏温度;适宜温湿度条件0~0.5 °C、85%~95%,可将蓝莓贮藏期延长至30~40 d,好果率控制在90%以上。因此,适宜温湿度条件提高耐贮性可应用于蓝莓全程冷链发展和长期贮藏控制。

### 参考文献

- [1] 李亚东. 越橘(蓝莓)栽培与加工利用[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2000:4-6.
- [2] 亦菲. 蓝莓,浆果之王的传奇[J]. 食品与药品,2010,12(8):10-11.
- [3] 李亚东,张志东,吴林. 蓝莓果实的成分及保健机能[J]. 中国食物与营养,2002(1):27-28.
- [4] 苏上,王丽金,王贺新,等. 蓝莓产业发展现状与趋势[J]. 高科技与产业化,2014(4):76-80.
- [5] 孙贵宾. 草莓与蓝莓果实贮藏保鲜技术初探[J]. 保鲜与加工,2002,2(4):20-22.

(下转第361页)



斑病,但由于其作用机理较为复杂,还需进一步从分子水平上阐明外源NO作为信号分子对病原菌的抑制和寄主抗性诱导的调控机制。

### 参考文献

- [1] 刘瑾瑾,李永才,刘昌宁. 采后纳米氧化锌对苹果黑斑病青霉病的控制[J]. 食品工业科技,2014,35(4):327-330.
- [2] 李鹏霞,张兴,王炜,等. 30种精油对采后油桃防腐保鲜活性的初步研究[J]. 江苏农业科学,2008(6):246-248.
- [3] 段学武,邹如意,蒋跃明,等. NO对采后龙眼常温贮藏效果的影响[J]. 食品科学,2007,28(2):327-329.
- [4] Millar A H, Day D A. Nitric oxide inhibits the cytochrome oxidase but not the alternative oxidase of plant mitochondria[J]. FEBS letters,1996,398(2):155-158.
- [5] Caro A, Puntarulo S. Nitric oxide generation by soybean embryonic axes. Possible effect on mitochondrial function [J]. Free radical research,1999,31:S205-S212.
- [6] Thomas D D, Ridnour L A, Isenberg J S, et al. The chemical biology of nitric oxide: implications in cellular signaling[J]. Free Radical Biology and Medicine,2008,45(1):18-31.
- [7] Wills R B H, Ku V V, Leshem Y Y. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries[J]. Postharvest Biology and Technology,2000,18(1):75-79.
- [8] Lazard E E, Wills R B H, Ho B T, et al. Antifungal effect of gaseous nitric oxide on mycelium growth, sporulation and spore germination of the postharvest horticulture pathogens, *Aspergillus niger*, *Monilinia fructicola* and *Penicillium italicum*[J]. Letters in applied microbiology,2008,46(6):688-692.
- [9] Wang J, Higgins V J. Nitric oxide has a regulatory effect in the germination of conidia of *Colletotrichum coccodes*[J]. Fungal Genetics and Biology,2005,42(4):284-292.
- [10] Manjunatha G, Nniranjan-raj S, Prasnanth G N, et al. Nitric oxide is involved in chitosan-induced systemic resistance in pearl millet against downy mildew disease[J]. Pest management science,2009,65(7):737-743.
- [11] Lai T, Wang Y, Li B, et al. Defense responses of tomato fruit to exogenous nitric oxide during postharvest storage[J]. Postharvest Biology and Technology,2011,62(2):127-132.
- [12] 李永才, 毕阳. 苹果梨黑斑病菌潜伏侵染的组织学研究[J]. 甘肃农业大学学报,2005,40(4):516-520.
- [13] Yao H J, Tian S P. Effects of a biocontrol agent and methyl jasmonate on postharvest diseases of peach fruit and the possible mechanisms involved[J]. Journal of Applied Microbiology,2005,98(4):941-950.
- [14] Bi Y, Tian S P, Guo Y R, et al. Sodium silicate reduces postharvest decay on Hami melons: induced resistance and fungistatic effects[J]. Plant disease,2006,90(3):279-283.
- [15] 高向阳,林碧润,姚汝华,等. 新抗生素万隆霉素对黄瓜疫病病菌抑菌形态学研究[J]. 华南农业大学学报,2004,25(4):27-29.
- [16] 毕阳,张维一. 感病甜瓜果实的呼吸,乙烯及过氧化物酶变化的研究[J]. 植物病理学报,1993,23(1):69-73.
- [17] 陈学红,郑永华,杨震峰,等. 高氧处理抑制草莓果实采后腐烂与抗病性诱导的关系[J]. 农业工程学报,2007,22(10):208-211.
- [18] Samalova M, Johnson J, Illes M, et al. Nitric oxide generated by the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae* drives plant infection [J]. New Phytologist,2013,197(1):207-222.
- [19] Terrile M C, Mansilla A Y, Albertengo L, et al. Nitric-oxide-mediated cell death is triggered by chitosan in *Fusarium eumartii* spores[J]. Pest management science,2015,71(5):668-674.
- [20] Carreras M C, Franco M C, Peralta J G, et al. Nitric oxide, complex I, and the modulation of mitochondrial reactive species in biology and disease[J]. Molecular aspects of medicine,2004,25(1):125-139.
- [21] 赖童飞,刘毅,任梦,等. 外源一氧化氮对果蔬采后病害 *Penicillium expansum* 发育的影响[J]. Journal of Agricultural Biotechnology,2013,21(3):253-262.
- [22] 王倩,高丽朴,杨娜,等. 一氧化氮对果蔬采后灰霉菌生长发育及致病性的影响[J]. 植物保护学报,2013,40(3):243-248.
- [6] 于森. 农产品冷链发展或将进入爆发期[J]. 物流时代,2014(3):25.
- [7] 王丹,孙蕾,孙家正,等. 蓝莓果实的冻结特性及影响因素分析初报[J]. 江西农业大学学报,2013,35(5):940-944.
- [8] 吴欣,徐俐,李莉莉,等. 保鲜剂对蓝莓贮藏效果及相关酶活性的影响[J]. 食品科技,2013,38(2):26-31.
- [9] 屈海泳,刘连妹,张旻倩,等. 冷藏温度对蓝莓果实品质的影响[J]. 安徽农业大学学报,2014,41(5):871-874.
- [10] 王芳,刘华,陈文荣,等. 贮藏温度对蓝莓活性成分及抗氧化活性的影响[J]. 宁夏大学学报:自然科学版,2011,32(2):172-175.
- [11] 朱志强,张平,任朝晖,等. 国内外冰温保鲜技术研究与应用[J]. 农产品加工学刊,2011(3):4-6.
- [12] 张璇,孙娅,王毓宁,等. 不同品种黄桃的冰点温度及其影响因素分析[J]. 食品科学技术学报,2013,31(4):37-41.
- [13] 申春苗,汪良驹,王文辉. 12个梨品种果实冰点温度的测定与影响因素分析[J]. 南京农业大学学报,2011,34(1):35-40.
- [14] 王颖,李里特,丹阳. 果蔬冰点同可溶性固形物含量关系的研究[J]. 制冷学报,2005,26(1):14-18.
- [15] 钟志友,张敏,杨乐,等. 果蔬冰点与其生理生化指标关系的研究[J]. 食品工业科技,2011(2):76-78.
- [16] 罗云波,蔡同一. 园艺产品贮藏加工学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2001:79.

(上接第357页)

- [6] 于森. 农产品冷链发展或将进入爆发期[J]. 物流时代,2014(3):25.
- [7] 王丹,孙蕾,孙家正,等. 蓝莓果实的冻结特性及影响因素分析初报[J]. 江西农业大学学报,2013,35(5):940-944.
- [8] 吴欣,徐俐,李莉莉,等. 保鲜剂对蓝莓贮藏效果及相关酶活性的影响[J]. 食品科技,2013,38(2):26-31.
- [9] 屈海泳,刘连妹,张旻倩,等. 冷藏温度对蓝莓果实品质的影响[J]. 安徽农业大学学报,2014,41(5):871-874.
- [10] 王芳,刘华,陈文荣,等. 贮藏温度对蓝莓活性成分及抗氧化活性的影响[J]. 宁夏大学学报:自然科学版,2011,32(2):172-175.
- [11] 朱志强,张平,任朝晖,等. 国内外冰温保鲜技术研究与应用