

国家“十三五”重点研发计划 国家苹果产业技术体系

寒富苹果深加工 关键理论与技术

Key Theory and Technology of
Processing of Hanfu Apple

李 斌 孟宪军 吕春茂 著



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

国家“十三五”重点研发计划 国家苹果产业技术体系

寒富苹果深加工关键理论与技术

李 斌 孟宪军 吕春茂 著

中国农业大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本专著主要从寒富苹果深加工关键理论与技术两方面进行编写,着重介绍了寒富苹果果汁、果酒、脆片、果脯、果粉等产品加工理论和技术,并对加工后副产物多酚、果胶、膳食纤维、单细胞蛋白提取纯化等技术进行了详细介绍,旨在为苹果加工行业同行提供一些技术参数和应用指导。

图书在版编目(CIP)数据

寒富苹果深加工关键理论与技术 / 李斌,孟宪军,吕春茂著. — 北京:中国农业大学出版社,2018.7

ISBN 978-7-5655-2014-3

I. ①寒… II. ①李…②孟…③吕… III. ①苹果-水果加工-研究 IV. ①TS255.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 072239 号

书 名 寒富苹果深加工关键理论与技术

作 者 李 斌 孟宪军 吕春茂 著

策划编辑 王笃利 宋俊果

责任编辑 田树君

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.caupress.cn>

E-mail cbsszs @ cau. edu. cn

经 销 新华书店

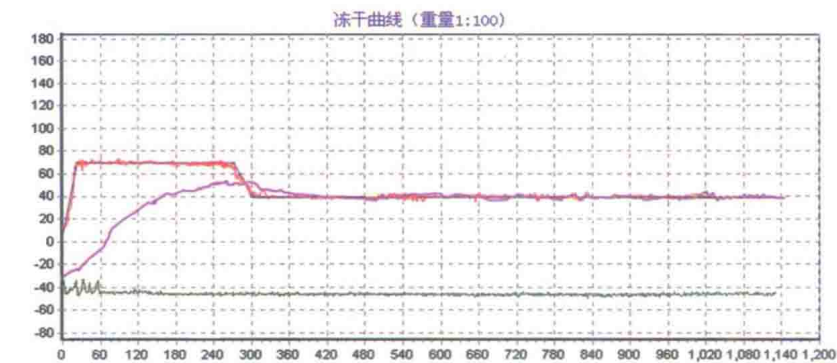
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 16.5 印张 410 千字 彩插 1

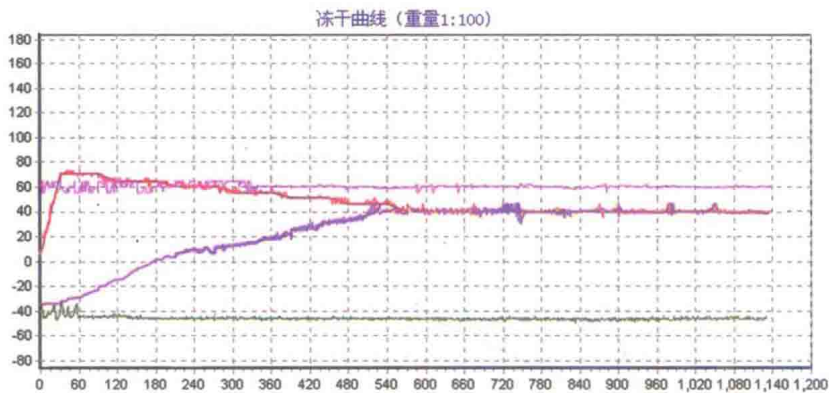
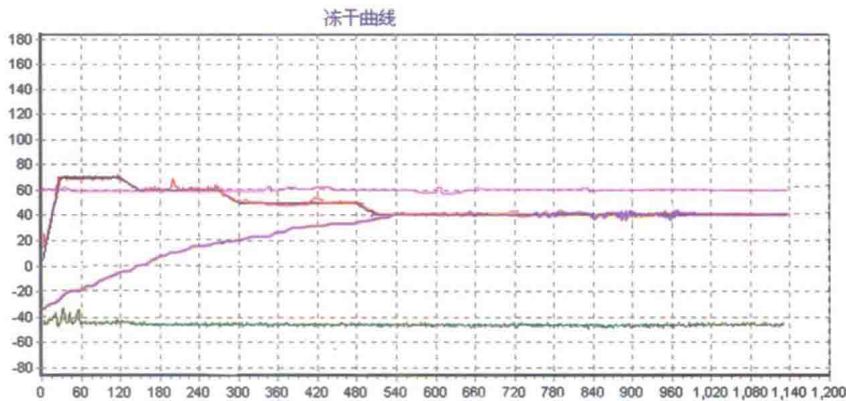
定 价 58.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换



彩图 1 加热板分温度为二阶段变化时苹果片的冻干曲线

彩图 2 加热板分温度为四梯度时苹果片的冻干曲线



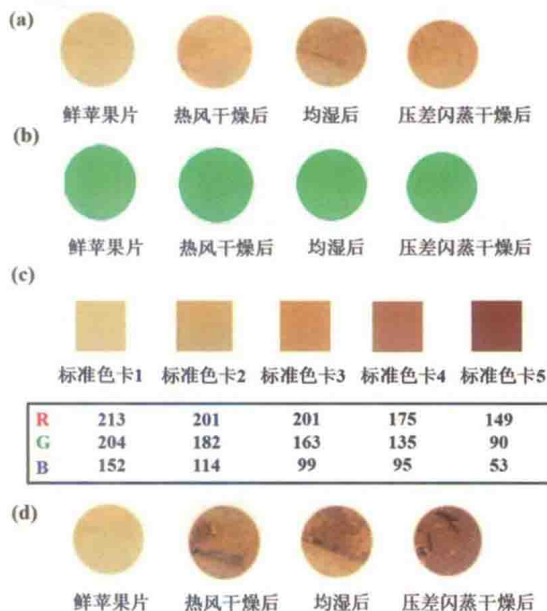
彩图 3 加热板分温度为六梯度升温时苹果片的冻干曲线



彩图 4 热风干燥苹果片



彩图 5 真空冷冻干燥苹果片



彩图 6 压差闪蒸苹果脆片图像分割技术步骤: (a) 原始图像; (b) 背景移除; (c) 确立参考色; (d) 图像分割

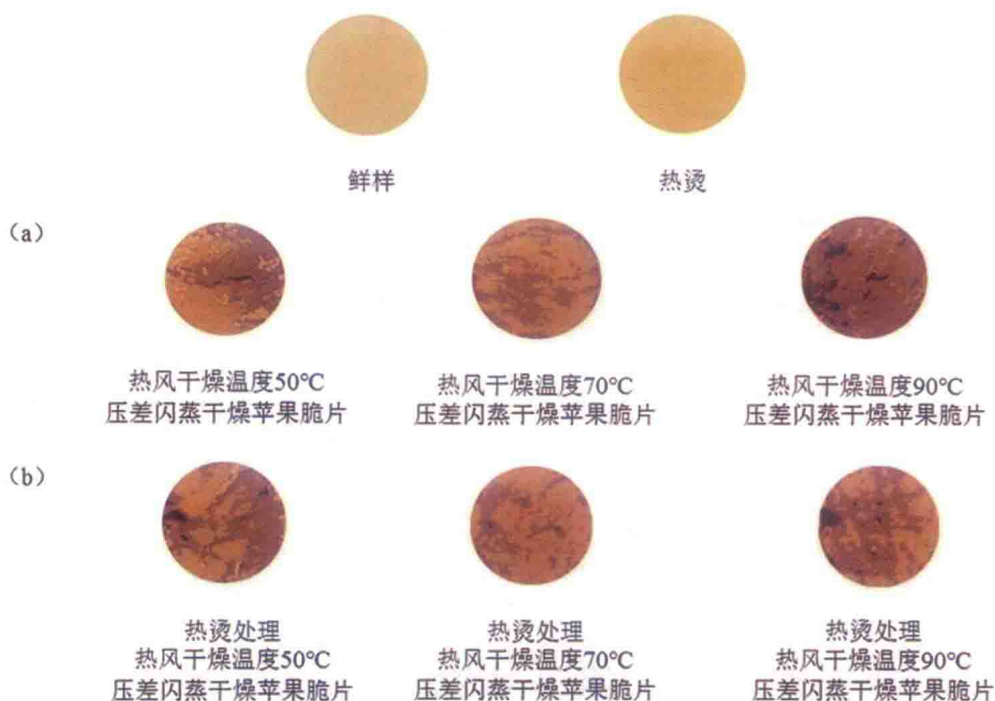


新鲜苹果 50℃ 70℃ 90℃

彩图 7 不同预干燥温度压差闪蒸苹果脆片图像



彩图 8 30 个品种鲜苹果果肉图片



彩图 9 非热烫处理 (a) 与热烫处理 (b) 压差闪蒸苹果脆片图像分割处理图片对比

前言

辽宁省素有“苹果之乡”的美誉,苹果产量长期居全国首位。寒富苹果是由沈阳农业大学李怀玉教授以东光做母本、富士做父本选育而成,具有抗病、抗寒、果大、矮化、丰产、稳产、质优和美观等诸多优良特性,突破了世界苹果栽培“1月份平均气温 -10°C 安全线”,将我国优质苹果栽培区域向北推移200 km以上,预计到2020年辽宁省栽培面积将达200万亩(1亩 $=666.7\text{ m}^2$),产量将超过200万t。受近年全国苹果产业规模迅速扩大的影响,寒富苹果整体价格走低,销量缓慢。以寒富苹果作为原料进行深加工,能够缓解收获季节大量苹果待出售的压力,减少因腐烂而造成的浪费;将农产品加工为休闲食品,能够提高产品附加值,增加农民收入,延长农业产业链,从而促进农业向产业化、现代化方向发展。沈阳农业大学食品学院“寒富苹果深加工关键理论与技术课题组”自“十五”以来一直从事寒富苹果深加工关键技术及综合利用研究,特别在寒富苹果多酚提取和性质研究、寒富苹果压差膨化脆片加工技术等基础理论方面的研究取得了系列成果,研究成果已处于国内领先地位,部分成果已申报国家发明专利,为寒富苹果的综合开发利用积累了坚实的理论基础和实践经验。

本专著主要从寒富苹果深加工关键理论与技术两方面进行编写,着重介绍了寒富苹果果汁、果酒、脆片、果脯、果粉等产品加工理论和技术,并对加工后副产物多酚、果胶、膳食纤维、单细胞蛋白提取纯化等技术进行了详细介绍,旨在为苹果加工行业同行提供一些技术参数和应用指导。

本专著涉及实验内容得到了中国农业科学院农产品加工研究所王强研究员、毕金峰研究员,沈阳农业大学园艺学院吕德国教授,辽宁省果蚕管理总站宣景宏研究员,沈阳农业大学食品学院岳喜庆教授、刘瑞海教授、辛广教授、张佰清教授、吴朝霞教授、颜廷才副教授、孙希云副教授、冯颖副教授、张琦副研究员、李冬男、汪艳群、王月华、檀德宏、史琳、边媛媛、田金龙、龚二生等老师的热情帮助和张炜佳、丑述睿、公丽艳、高琨等博士,张舒翼、王撼辰、崔慧军、何思、郭爽、曲彦丞、谢旭、张野、王博、石思文、韩璐、刘畅、宋雨涵、孙艺、赵明慧、郑鹏等硕士的辛勤付出,在此一并表示感谢。本书的出版得到了国家“十三五”重点研发计划(2016YFD0400203)、辽宁省科技厅、沈阳市科技局等资金资助。非常感谢国家农业部农产品加工局、辽宁省科技厅、沈阳市科技局有关领导对寒富苹果产业的关注和指导。由于编写仓促,水平有限,书中错误和缺憾之处在所难免,恳请读者谅解并提出宝贵的指导建议!

李斌

2018年1月23日

我国 40°N 以北的广大冷凉地区受低温限制,历来是优质大苹果生产的禁区,国际上主栽的优质大苹果富士系、元帅系等品种不能正常越冬,只能零星种植一些酸度极高的劣质小苹果类型,经济效益低。寒富的育成打破了这种限制,扩大了传统优质大苹果的栽植区域,在 1 月份平均气温 $-10\sim-12^{\circ}\text{C}$ 的我国“三北”冷凉地区形成了优势产业,目前已占辽宁苹果栽培面积的 $1/2$ 以上,全国超过 250 万亩,也是我国育成的 300 余个苹果品种中目前栽培面积最大、产量最高和效益最好的苹果品种,在促进冷凉地区农业产业结构调整、农村经济发展和农民致富方面起到了巨大作用。但是,随着产业规模的迅速扩大,果品依赖鲜食、产业链过短的弊端已经显现,果品精深加工是实现产业可持续发展的必由之路。寒富苹果除了良好的综合抗性和卓越的生产性能外,还具有优异的加工性状,如果实硕大、周正,可以加工成高档的脆片;果肉不易褐变,可以鲜切销售;制汁性能良好,可以加工成高档果汁;贮藏期间品质保持良好,适宜加工期长等。沈阳农业大学食品学院“寒富苹果深加工关键理论与技术课题组”多年来围绕寒富苹果全方位深加工的原理、关键技术进行了深入、系统的研究,并集成、优化了加工工艺,形成了多项专利成果,成为产业链延伸的可靠支撑。本著作《寒富苹果深加工关键理论与技术》系统总结了课题组多年的研究成果,既有深入系统的理论,又有可操作性强的技术,是理论联系实践的典范,相信这本著作的出版,会为东北地区苹果产业注入强劲的发展动力,也是其他农业产业可资借鉴的宝贵文献。

——吕德国

寒富苹果的选育成功将传统优质大苹果栽植北界向北推进了 2 个地理纬度,目前成为辽宁苹果栽培面积最大、产量最高和效益最好的苹果品种,从而改变了中国乃至世界大苹果栽培的适宜范围,特别是研究并建立了适于北纬 40° 以北地区集约、矮化栽培的“寒富/GM256/山丁子”砧穗组合的寒富苹果栽培理论体系及高效生产技术模式之后,实现了良种良法配套,极大地提高了寒富苹果的产量。寒富苹果产业链条涉及多个环节,其中的寒富苹果深加工是产业链条增粗延长的重要节点。多年来,沈阳农业大学食品学院“寒富苹果深加工关键理论与技术课题组”开展的寒富苹果深加工关键技术及综合利用研究,特别是在寒富苹果多酚提取和压差膨化脆片加工等基础理论方面的研究成果,为寒富苹果产业可持续发展奠定了坚实的理论基础和实践经验。寒富苹果果汁、果酒、脆片、果脯等产品加工理论和技术,以及加工后副产物多酚、果胶、膳食纤维、单细胞蛋白提取纯化等技术参数,是课题组成员多年的成果荟萃。既有深厚的理论功底,又有丰富的实践经验。该著作的出版对我国寒富苹果科学研究与生产实践均具有指导意义,对推动寒富苹果产业可持续发展具有重要作用。

——宣景宏

目 录

第一章 寒富苹果白兰地生产工艺的研究	1
第一节 概述	1
第二节 酿造工艺参数对寒富苹果白兰地影响的研究	1
第三节 人工催陈方式对寒富苹果白兰地影响的研究	23
第四节 寒富苹果白兰地的感官评价研究	38
第二章 寒富苹果脆片变温压差膨化干燥技术和真空冷冻干燥技术研究	39
第一节 概述	39
第二节 变温压差膨化寒富苹果片的工艺研究	39
第三节 变温压差膨化干燥苹果片理化性质及风味物质研究	47
第四节 寒富苹果真空冷冻干燥工艺技术研究	53
第三章 压差闪蒸干燥苹果脆片褐变机理研究	80
第一节 概述	80
第二节 基于计算机图像处理对压差闪蒸苹果脆片色泽的识别的研究	80
第三节 苹果脆片压差闪蒸干燥过程中褐变组分变化规律的研究	94
第四章 寒富苹果汁酶促褐变的抑制及挥发性香气成分研究	110
第一节 概述	110
第二节 寒富苹果制汁工艺技术研究	110
第三节 抑制剂对寒富苹果汁褐变影响的研究	119
第四节 超高压对寒富苹果汁 PPO 的抑制作用的研究	129
第五章 寒富苹果果脯加工工艺技术研究	138
第一节 概述	138
第二节 寒富苹果果脯加工单因素实验研究	138
第三节 寒富苹果果脯加工最佳工艺条件研究	141
第四节 寒富苹果果脯的主要指标参数测定分析	145
第六章 寒富苹果果粉加工工艺技术研究	148
第一节 概述	148
第二节 寒富苹果果粉加工单因素实验研究	148

第三节	寒富苹果果粉加工最佳工艺条件研究	152
第四节	寒富苹果果粉的主要指标参数测定分析	154
第七章	寒富苹果渣多酚的分离纯化、组分分析及活性研究	156
第一节	概述	156
第二节	寒富苹果渣多酚类物质的提取工艺技术研究	156
第三节	大孔树脂纯化寒富苹果渣多酚技术研究	170
第四节	柱层析纯化寒富苹果渣多酚及组分分析研究	176
第八章	寒富苹果渣果胶的制备、纯化及抗氧化性的研究	184
第一节	概述	184
第二节	酸法提取寒富苹果渣果胶的研究	184
第三节	盐析法沉淀寒富苹果渣果胶的研究	198
第四节	寒富苹果渣果胶的抗氧化性研究	207
第九章	寒富苹果渣中水溶性膳食纤维的提取、性质分析及应用研究	212
第一节	概述	212
第二节	寒富苹果渣水溶性膳食纤维提取工艺的研究	212
第三节	寒富苹果渣水溶性膳食纤维的性质分析研究	226
第四节	寒富苹果渣水溶性膳食纤维在面包中的应用研究	233
参考文献		238

第一章 寒富苹果白兰地生产工艺的研究

第一节 概 述

寒富苹果现多栽培于中国北方,主要是辽宁一带,辽宁地区生长季节的有效积温高达 $2\,560\sim 3\,642^{\circ}\text{C}$,而且日照充足,昼夜温差大,多为丘陵和山地,是苹果生产的有利条件。开发寒富苹果白兰地,一方面能够提高寒富苹果的市场需求量,带动辽宁及周边地区经济发展,具有重要意义;另一方面白兰地与中国的白酒类似,自进入中国市场以来,中国白酒市场受到严重冲击(孙俊良,2002),若能以寒富苹果为原料,酿造出澄清透明、果香宜人的寒富苹果白兰地,将会带动中国酿酒行业的发展,增加中国市场上高端酒的种类,为中国白酒品种的多样化提供发展平台。

第二节 酿造工艺参数对寒富苹果白兰地影响的研究

一、材料与条件

(一)材料、主要试剂

寒富苹果由沈阳农业大学园艺学院提供;安琪葡萄酒酵母:安琪酵母股份有限公司;果胶酶:烟台帝伯仕商贸有限公司;白砂糖:锦州佐源糖业食品有限公司。

碳酸钠、氯化钾、盐酸、醋酸钠、福林酚试剂:北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司;焦性没食子酸、氢氧化钠、甲基红:国药集团化学试剂有限公司;聚氯乙烯袋:北京华盾塑料有限责任公司;亚铁氰化钾、3,5-二硝基水杨酸:北京市东区化工厂。

(二)主要仪器与设备

手持式数显糖度仪:成都泰华光学仪器有限公司;PHS-3C型精密pH计:上海精密仪器厂;电子天平:上海越平科学仪器有限公司;UV-1600紫外可见分光光度计:北京瑞丽分析仪器有限公司;手动SPME进样器、100 μm 聚二甲基硅氧烷PDMS萃取纤维头、Agilent 5975C-7890A气质联用仪、15 mL萃取瓶:美国Supelco公司;恒温水浴锅:上海乔跃电子有限公司。

(三)试验条件

1. 固相微萃取条件

如果萃取头是第一次使用,需要按照说明书上的操作步骤对其进行老化处理。根据本

产品的说明书,确定老化温度为 250℃,老化时间为 30 min,直至无杂峰出现即可停止老化。利用固相微萃取法萃取寒富苹果白兰地香气成分,选用 100 μm PDMS 萃取头,萃取条件为:萃取温度 40℃,时间为 30 min,加入 1.5 g NaCl。

2. 色谱条件

(1)色谱条件。色谱柱:DB-1701(30 m×320 μm×0.25 μm);载气:(99.999%)氮气,流速 1.0 mL/min;进样口方式:不分流进样;程序升温:柱温 40℃,保持 5 min,以 10℃/min 升温至 110℃不保持,再以 5℃/min 的速度升至 130℃不保持,最后以 10℃/min 到 250℃保持 5 min(杨明志等,2007)。

(2)质谱条件。离子源温度为 230℃,四级杆温度 150℃,电离方式 EI,电子能量 70 eV,灯丝电流 150 μA,质核比扫描范围 55~550 m/z 。采用 Agilent 化学工作站软件对数据进行收集和处理。

二、试验方法

(一)试验方法

1. 总糖的测定

(1)原理。总糖的测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色测糖的方法(赵凯和许鹏,2008)。3,5-二硝基水杨酸试剂与还原糖溶液共同加热,可被还原成红棕色的氨基化合物(武平等,2011)。在一定范围内,还原糖的含量和颜色的深浅呈现线性关系。

(2)葡萄糖标准曲线的绘制。分别吸取葡萄糖标准溶液 0.0 mL,0.2 mL,0.4 mL,0.6 mL,0.8 mL,1.0 mL,1.2 mL,加入 7 支 25 mL 带塞式玻璃试管中,加水至 2 mL,接着再加入 0.5 mL 3,5-二硝基水杨酸溶液,沸水浴 5 min,取出用冷水浴冷却至室温后,定容至刻度,静置 15 min 之后,置于 520 nm 处用分光光度计测定吸光度,以试剂空白做参比对照(陈齐英等,2000)。

(3)酒样中总糖的测定。取一支 100 mL 的容量瓶,倒入事先量取的 20 mL 蒸馏水和一定体积的酒液,缓慢加入 10 mL 219 g/L 醋酸锌溶液和 106 g/L 的亚铁氰化钾溶液,加水至刻度,充分搅拌,静置 30 min。过滤并弃掉初滤液。量取 5 mL 上述溶液于 100 mL 容量瓶中,加入 1:1 的盐酸 5 mL,再加 20 mL 水混匀,于(68±1)℃水浴中水解 15 min 后,取出冷却至室温,用 100 g/L 氢氧化钠溶液调至中性,最后加水定容至 100 mL。在 25 mL 比色管中加入 1 mL 处理液,用水稀释至 2 mL,再加入 0.5 mL 3,5-二硝基水杨酸试剂,沸水浴 5 min,冷水冷却至室温,于 520 nm 测定吸光度,以试剂空白为参考(施思和陈炼红,2010)。按公式(1)计算酒样中的总糖。

$$X = \frac{A}{W \times \frac{V_1}{100} \times \frac{V}{100}} \quad (1)$$

式中,

X—总糖含量,g/L;

A—酸味葡萄糖含量,mg;

W—样品体积,mL

V_1 —样品稀释或水解的体积, mL;

V —测定用样品体积, mL。

2. 酒液中酒精的测定

(1)原理。利用酒精计测定酒液中的酒精度。酒精计是根据酒精浓度不同, 比重不同, 浮体沉入酒液中排开酒液的体积不同的原理而制造的。当酒精计放入酒液中时, 酒的浓度越高, 酒精计下沉也越多, 比重也越小; 反之, 酒的浓度越低, 酒精计下沉也越少, 比重也越大。

(2)酒样中酒精度的测定。取 100 mL 酒液于 500 mL 的蒸馏瓶中, 加水 100 mL, 摇匀后对其进行蒸馏, 再蒸馏出 100 mL 液体之后, 蒸馏液的酒精度即为酒液的酒精度。

3. 总酸的测定

(1)原理。总酸测定采用电位滴定法(贾小霞, 2010)。利用电位滴定法, 在滴定过程中, 随着滴定剂的不断加入, 溶液的 pH 会逐渐发生变化, 而其 pH 或电位值的变化能够通过复合电极测量出来并在屏幕上显示出来。通过仪器绘制 pH-V(滴定剂)或潜在的 E-V 曲线(滴定曲线), 滴定终点后, 可以读出滴定剂消耗量, 计算结果。滴定终点为 9.0, 能较好地与酚酞指示剂变色点相符合。

(2)酒样中总酸的测定。在 100 mL 烧杯加入 1 mL 酒样, 加入 50 mL 水, 插入电极, 一边用氢氧化钠标准溶液滴定, 一边搅拌, 开始时搅拌速度较快, 当 pH 达到 8 时, 减缓搅拌速度, 直至 9.0 为终点(游玉明, 2009)。按公式(2)计算总酸含量。

$$X = (V - V_0) \times c \times f \times \frac{1}{V_1} \times 1000 \quad (2)$$

式中,

X — 酒样样品中总酸的含量, 以酒石酸含量计, g/L;

c — 氢氧化钠标准溶液的浓度, mol/L;

V_0 — 空白试验消耗氢氧化钠标准溶液体积, mL;

V — 测定酒样样品消耗氢氧化钠标准溶液的体积, mL;

V_1 — 吸取酒样样品的体积, mL;

f — 消耗 1 mol/L 氢氧化钠 1 mL 时相当于酒石酸的克数。

4. 总酯的测定

(1)原理。利用皂化反应测定总酯含量。用氢氧化钠中和酒样的总酸后, 加入过量的氢氧化钠, 加热与酒中的酯起皂化反应, 剩余的碱再用过量的硫酸溶液中和, 再用氢氧化钠滴定中和过剩的硫酸, 以测定总酯(王岸娜等, 2007)。

(2)总酯的测定方法。取 50 mL 酒样加入 250 mL 锥形瓶中, 滴加 3 滴酚酞指示剂, 用 0.1 mol/L 氢氧化钠中和, 记下消耗的毫升数, 以总酸含量计。准确加入 0.1 mol/L 的氢氧化钠 25 mL。装置回流冷凝管在沸水浴中加热回流煮沸 30 min, 皂化。冷却后, 用吸管加入 0.1 mol/L 硫酸溶液 25 mL, 用 0.1 mol/L 氢氧化钠标准溶液滴定到呈微红色止, 记下用去 0.1 mol/L 氢氧化钠的体积数(宋以玲, 2012)。按公式(3)计算总酯含量。

$$X = \frac{(25 + A) \times N_1 - V \times N_2 \times 0.88 \times 100}{5} \quad (3)$$

式中,

X—酒样样品中总酯的含量,以乙酸乙酯计,g/100 mL;

A—皂化后滴定用去氢氧化钠标准溶液的体积,mL;

N_1 —用作皂化及皂化后用去氢氧化钠标准溶液的浓度,mol/L;

N_2 —皂化后加入硫酸标准溶液的浓度,mol/L;

V—皂化后加入硫酸标准溶液的体积,mL;

0.88—醋酸乙酯的毫克当量数。

5. 可溶性固形物的测定

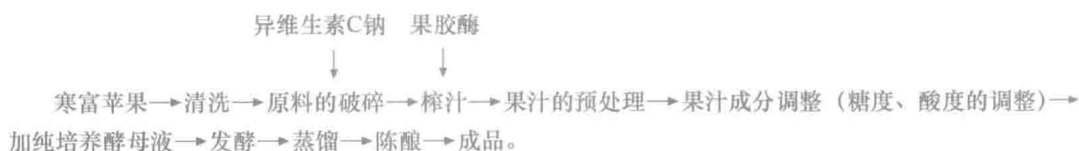
用手持式数显糖度仪测定白兰地中可溶性固形物的含量。

6. 寒富苹果白兰地香气成分的测定

吸取白兰地样品 8 mL(稀释样品的酒精度为 120 mL/L)于 SPME 样品瓶中,加入 1.5 g NaCl,加盖密封,摇匀之后放入 40℃ 水浴中平衡 10 min,预热结束之后,将老化好的固相微萃取头插入样品瓶中,推出纤维头使其位于液面之上 1.5 cm,顶空吸附 30 min 后,吸附结束,缩回纤维头,拔出萃取头。将萃取头插入气相色谱仪进样口,250℃ 解析 5 min 后拔出萃取头,启动仪器采集数据。各组分质谱经计算机检索并与图谱库(NIST—2005)的标准质谱图对照及文献资料分析。根据 Beaulieu 的报道(2009),可以利用总离子流色谱图面积归一化法确定每种物质的相对含量,用百分率表示,即成为相对百分含量。

(二)试验设计

1. 寒富苹果白兰地酿造的工艺流程



2. 酵母菌的活化

按一定的酵母添加量称取适量活性干酵母,用 2% 的糖水于 38℃ 复水活化,置于 28~30℃ 恒温培养箱中,培养 2 h,当烧杯中形成上升泡沫,菌数水平达到 10^8 CFU/mL 时,即为活化完成(王战勇等,2010)。

3. 寒富苹果白兰地发酵工艺单因素设计

(1)初始糖度。分别量取 3 L 的寒富苹果汁于 5 L 的发酵罐中,初始糖度为 12%,分别加入 0.47 kg、0.62 kg、0.77 kg、0.94 kg、1.13 kg、1.34 kg、1.60 kg 白砂糖,分别使其初始糖度达到 24%、27%、30%、33%、36%、39%、42%,再分别加入 6 g 活化好的酵母菌,搅拌均匀,盖上盖子,置于 22℃ 恒温培养箱中发酵。发酵时间为 20 d。

(2)接种量。分别量取 3 L 的寒富苹果汁于 5 L 的发酵罐中,初始糖度为 12%,加入 0.94 kg 白砂糖,使其初始糖度达到 33%,再分别加入 0 g、3 g、6 g、9 g、12 g、15 g、18 g 活化好的酵母菌,使果汁中酵母含量分别达到 0 g/L、1 g/L、2 g/L、3 g/L、4 g/L、5 g/L、6 g/L。用一洁净的玻璃棒将其搅拌均匀,封口,置于 22℃ 恒温培养箱中发酵。发酵时间为 20 d。

(3)发酵温度。分别量取 3 L 的寒富苹果汁于 5 L 的发酵罐中,初始糖度为 12%,加入

0.94 kg 白砂糖,使其初始糖度达到 33%,再加入 9 g 活化好的酵母菌,使果汁中酵母含量达到 3 g/L。用一洁净的玻璃棒将其搅拌均匀,封口,分别置于 18℃、20℃、22℃、24℃、26℃、28℃、30℃ 的恒温培养箱中发酵。发酵时间为 20 d。

(4)发酵时间。分别量取 3 L 的寒富苹果汁于 5 L 的发酵罐中,初始糖度为 12%,加入 0.94 kg 白砂糖,使其初始糖度达到 33%,再加入 9 g 活化好的酵母菌,使果汁中酵母含量达到 3 g/L。搅拌均匀,封口,置于 24℃ 恒温培养箱中开始发酵。分别发酵 12 d、15 d、18 d、21 d、24 d、27 d、30 d。

4. 寒富苹果白兰地酿造工艺的确定

通过单因素实验确立较为适宜寒富苹果发酵的工艺参数之后,在此工艺参数下对寒富苹果进行发酵,蒸馏,利用 SPME、GC-MS 技术对不同工艺参数下的寒富苹果白兰地中的香气成分及相对含量进行检测,从而筛选出较为适合寒富苹果酿造的工艺参数。

5. 寒富苹果白兰地陈酿方式的确定

利用不同的人工催陈技术对寒富苹果白兰地的蒸馏液进行陈酿,通过检测酒液中的多酚含量、香气成分的种类以及相对含量,筛选出较为合适的陈酿方式。

6. 寒富苹果白兰地最佳生产工艺的确定

对在不同的工艺参数及陈酿方式下酿造出来的寒富苹果白兰地进行感官评价以确定寒富苹果白兰地的最佳生产工艺。

7. 寒富苹果白兰地的感官评价

由来自不同地域的走位成员组建的评价小组,参照 GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》分别从外观、香气、滋味、典型性 4 个不同方面对不同加工工艺和陈酿方法酿造的寒富苹果白兰地酒进行感官分析。感官分析的评价标准如表 1-1 所示。

表 1-1 寒富苹果白兰地的感官评价

项目	满分	要 求
外观	20	色泽鲜明光亮,澄清透明,无明显悬浮物,悦目协调
香气	40	具有纯正、优雅、愉悦、浓郁的果香和酒香
滋味	30	酒体丰满,醇厚协调,酸甜适中,柔和爽口
典型性	10	风格独特,典型完美

(三)工艺要点

1. 原料选择

选择的寒富苹果无明显腐烂、虫害,并且成熟度相近。

2. 清洗

去掉苹果蒂,用流动的水对其进行清洗以除去附着在苹果表面上的泥土、杂物、残存的农药和微生物等。苹果清洗好之后,切成小块,放入事先准备好的水中浸泡,水中添加 0.8% 的异维生素 C 钠,浸泡 5 min 左右即可。

3. 榨汁

压榨汁的可溶固形物含量为 12%,苹果出汁率为 58%。

4. 添加果胶酶

按每 9 L 果汁 1 g 果胶酶的比例进行添加(王春燕等,2003)。

5. 成分调整

酵母菌需要利用糖为其提供碳源来完成自身的生长繁殖。但是新鲜苹果中糖分含量比较低,如果只用鲜果浆(汁)发酵则酒度较低,口感较差。所以应该在果汁中添加适当的白砂糖,以提高果汁的含糖量,进而提高发酵酒中的酒精含量。糖度调整分别按总糖 24%、27%、30%、33%、36%、39%、42% 的糖度进行加糖。

以糖度 15% 为例: $15\% = (\text{加糖量} + \text{苹果汁} \times \text{苹果汁可溶性固形物含量}) / (\text{苹果汁量} + \text{加糖量})$

6. 接种

将活化好的酵母液接入到调整成分后的果汁中。接种量调整分别按每 1 L 果汁 0 g、1 g、2 g、3 g、4 g、5 g、6 g 酵母活化液的比例进行添加。

7. 发酵管理

将发酵瓶擦洗干净,以免苹果汁在发酵过程中污染杂菌,晾干备用。最后将苹果汁装入发酵瓶中,苹果汁的量应控制在发酵瓶体积的 2/3 左右,苹果汁在发酵过程中体积会有所膨胀,要为其留出一定的空间。将发酵瓶放置好之后,每隔 2 d 要对其进行搅拌以使苹果汁发酵完全。

8. 蒸馏

待发酵停止之后,对其进行蒸馏。将发酵液倒入蒸馏锅中,蒸馏锅中温度逐渐升高,会有蒸馏液滴出。最初的蒸馏液中甲醇含量较高,会对人的身体健康造成损害,因此需要丢掉 5 mL 左右再继续蒸馏,蒸馏出 200 mL 后即可停止蒸馏,酒度(体积分数)为 40% 左右,将其置于 500 mL 广口瓶中,同时与相同发酵条件下的对照组蒸馏液进行对比。

9. 陈酿

在蒸馏液中添加橡木片进行陈酿,陈酿后的苹果白兰地金黄透亮,味道优雅浓郁。

三、结果与分析

(一) 酿造工艺对寒富苹果发酵液理化指标的影响结果

1. 初始糖度对寒富苹果发酵液理化指标的影响

仅改变果汁初始糖度,保持其他条件不变,进行单因素实验,在发酵结束后分别对其发酵液的理化指标进行测定,具体测定结果如表 1-2 所示。从表 1-2 中能够看出,初始糖度越高,发酵液中的酒精度含量越高,这是因为在酵母生长繁殖过程中,需要利用糖类物质为其自身发展提供能量,酵母菌能将糖类物质转化成酒精,因此,初始糖度越高,酒精度含量越高。发酵液中随着初始糖度的增加,总酸含量也逐渐增加,是因为酵母菌在生长过程中会向体系中释放热量,使体系温度升高,容易受到杂菌污染,感染产酸菌,所以酵母液浓度越大,发酵液中总酸含量越高(石思文等,2014)。总糖含量随着初始糖度的升高呈现先下降后平稳的趋势,是因为在一定范围,初始糖度越高,酵母菌可利用的糖类物质也就越多,繁殖速度越快,因此发酵液中的总糖含量会逐渐降低,但是由于发酵罐中空间有限,随着酵母的逐渐繁殖,氧气供给量无法满足酵母菌的生长需求,酵母菌开始大量衰亡,因此发酵液中总糖含

量开始趋于平稳。

表 1-2 不同初始糖度的寒富苹果白兰地酿造参数

初始糖度/%	酒精度(20℃)/(% vol)	总酸/(g/L)	总糖/(g/L)	总酯/(g/L)
24	5.1	3.86	3.453	0.545
27	6.2	4.01	3.262	0.682
30	7.9	4.15	2.729	0.734
33	8.8	4.29	2.214	0.893
36	9.0	4.46	2.206	0.925
39	9.4	4.63	2.198	0.936
42	10.3	4.88	2.201	0.951

从表 1-2 中可以看出,随着初使糖度的增加,总酯含量处于上升趋势。酒之所以有自身独特的芳香,一大部分原因要归功于酯类物质。随着发酵时间的延长,发酵液中酒精度和酸度逐渐升高,因此发酵液中酯类物质的含量也在逐渐增加,酯类物质越多,酒液的香气越发浓烈、香醇。所以酯类物质的含量也是评价酒的品质的一项重要指标。综合考虑酒的口感、香气以及外观等因素(表 1-3),确定当果汁初始糖度为 33% 时,比较适宜寒富苹果的发酵,在此条件下,发酵液的各项理化指标均较好。

表 1-3 采用指标评分检验法对不同初始糖度的寒富苹果白兰地的评分结果

初始糖度/%	项目得分				总分
	外观	香气	滋味	典型性	
24	15.72±0.18 ^a	26.66±0.72 ^a	18.55±0.43 ^a	6.63±0.55 ^a	67.56
27	16.63±0.50 ^a	29.58±0.55 ^b	20.62±0.75 ^a	7.35±0.20 ^b	74.18
30	16.93±0.14 ^a	30.45±0.26 ^a	21.83±0.53 ^b	7.43±0.38 ^a	76.74
33	17.12±0.35 ^a	33.53±0.43 ^a	22.88±0.77 ^b	7.88±0.33 ^a	81.41
36	17.33±0.23 ^a	33.21±0.35 ^a	22.55±0.44 ^b	7.62±0.45 ^a	80.71
39	17.29±0.16 ^a	36.45±0.33 ^a	21.83±0.52 ^b	7.42±0.36 ^a	82.99
42	17.22±0.41 ^a	35.85±0.57 ^b	21.34±0.60 ^b	7.21±0.56 ^b	81.62

注:①当初始糖度为 36% 时,寒富苹果发酵液各项理化指标也较好,香气及滋味评分也较高。因此,初始糖度 36% 这一条件留作备用,在后期分析酿造工艺对寒富苹果白兰地香气成分的影响中使用。

②a, b 表示差异显著性,下同。

2. 接种量对寒富苹果发酵液理化指标的影响

保持果汁初始糖度为 33%,仅改变酵母接种量,其他条件不变,进行单因素实验。在发酵结束后分别对其发酵液的理化指标进行测定,具体测定结果如表 1-4 所示。从表 1-4 中能够看出,在一定范围内,酵母接种量越大,发酵液中的酒精度含量越高,总糖含量越低,这是因为酵母基数越大,其繁殖速度就越快,消耗的糖分也就越多,从而转化的酒精量也越多。

但是当酵母基数过大时,酵母菌就会出现繁殖过剩的情况,体系内的糖分和氧气不足以满足酵母菌自身生长繁殖所需的条件,所以酵母菌会出现自溶现象,因此,发酵液中的酒精度会趋于稳定。发酵液中的总酸含量随着酵母接种量的增加而升高,这是因为酵母菌在自溶过程中,会释放酸性物质,使体系内的总酸含量增加。随着酵母接种量的增加,总酯含量也逐渐升高。综合考虑酒的口感、香气以及外观等因素(表 1-5),确定酵母接种量为 3 g/L,比较适宜寒富苹果的发酵,在此条件下,发酵液的各项理化指标均较好。

表 1-4 不同接种量的寒富苹果白兰地酿造参数

接种量/(g/L)	酒精度(20℃)/(°vol)	总酸/(g/L)	总糖/(g/L)	总酯/(g/L)
0	3.9	2.33	9.582	0.632
1	5.8	2.75	6.037	0.891
2	6.9	4.06	4.545	0.925
3	8.5	4.27	2.233	0.954
4	9.2	4.68	1.981	0.963
5	9.5	4.92	1.788	0.972
6	9.6	5.08	1.662	0.977

表 1-5 采用指标评分检验法对不同接种量的寒富苹果白兰地的评分结果

接种量/(g/L)	项目得分				总分
	外观	香气	滋味	典型性	
0	14.62±0.25 ^a	13.41±0.35 ^a	9.88±0.69 ^a	5.48±0.34 ^a	43.39
1	14.98±0.30 ^a	19.47±0.26 ^b	14.32±0.53 ^a	6.35±0.18 ^b	55.12
2	16.52±0.46 ^a	28.35±0.29 ^a	22.75±0.82 ^b	7.47±0.36 ^a	75.09
3	17.62±0.21 ^a	34.53±0.41 ^a	25.65±0.28 ^b	8.93±0.34 ^a	86.71
4	17.43±0.28 ^a	34.02±0.22 ^a	23.16±0.23 ^b	8.39±0.38 ^a	83.00
5	16.44±0.32 ^a	34.37±0.34 ^a	26.83±0.52 ^b	8.13±0.29 ^a	85.77
6	16.08±0.62 ^a	34.13±0.16 ^b	26.34±0.60 ^b	7.92±0.16 ^b	84.47

3. 发酵温度对寒富苹果发酵液理化指标的影响

果汁初始糖度为 33%,酵母接种量为 3 g/L,仅改变发酵温度,保持其他条件不变,进行单因素实验。在发酵结束后分别对其发酵液的理化指标进行测定,具体测定结果如表 1-6 所示。从表 1-6 中能够看出,在一定范围内,发酵温度越高,发酵液中的酒精度含量越高,总糖含量越低,这是因为随着发酵温度的升高,也越接近酵母菌的最适繁殖温度,所以其繁殖速度就越快,消耗的糖分也就越多,从而转化的酒精量也越多。但是当发酵温度过高时,酵母菌的生长就会受到抑制,因此,发酵液中的酒精度会趋于稳定。发酵液中的总酸和总酯含量均随发酵温度的升高而升高。综合考虑酒的口感、香气以及外观等因素(表 1-7),确定发酵温度为 24℃,比较适宜寒富苹果的发酵,在此条件下,发酵液的各项理化指标均较好。