

分类号：
学 号：20212011018

密 级：公开
单位代码：10759

石河子大学

硕 士 学 位 论 文



葡萄籽多酚提取及其抑制库尔勒香梨 黑头病效果的研究

学 位 申 请 人	孙鹏程
指 导 教 师	陈国刚 教授
申请学位门类级别	工学硕士
学 科、专 业 名 称	食品科学与工程
研 究 方 向	果蔬贮藏与加工
所 在 学 院	食品学院

中国·新疆·石河子

2024年6月

分类号：
学号：20212011018

密级：公开
单位代码：10759

石河子大学

硕士学位论文



葡萄籽多酚提取及其抑制库尔勒香梨 黑头病效果的研究

学位申请人	孙鹏程
指导教师	陈国刚 教授
申请学位门类级别	工学硕士
学科、专业名称	食品科学与工程
研究方向	果蔬贮藏与加工
所在学院	食品学院

中国·新疆·石河子

2024年6月

**Study on extraction of grape seeds polyphenols and its effect on
inhibiting blackhead disease of ‘Korla’ fragrant pear**

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the degree of

Master of Engineering

By

Sun Pengcheng

(Storage and Processing of Fruit and Vegetables)

Dissertation Supervisor: Prof. Chen Guogang

June, 2024

石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

学位论文独创性声明

本人所提交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：孙鹏程

时间：2024年5月16日

使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：孙鹏程

时间：2024年5月16日

导师签名：陈可刚

时间：2024年5月16日

摘要

新疆酿酒葡萄资源丰富,在酿造过程中会产生大量皮渣,皮渣中含有丰富的葡萄籽多酚(GSP),其具有抑菌,抗氧化的特点。因此,从酿酒葡萄皮渣中提取GSP可以变废为宝,实现了废弃物的综合利用。链格孢菌(*A. alternata*)是库尔勒香梨(*Pyrus brestschneideri* Rehd)采后主要的腐败菌之一,本研究采用超声辅助天然低共熔溶剂(NADESs)提取GSP,研究其对*A. alternata*的抑制效果,香梨果实生理品质的变化。研究结果如下:

(1) 超声辅助NADESs可以环保且高效地提取酿酒废弃物中的GSP。在超声时间20 min,超声功率320 W,超声温度52 °C,超声料液比53 g/L的条件下,GSP的提取率可达 135 ± 1.3 mg GAE/g。建立了二阶动力学提取模型($Y=0.006 X+0.0194$),拟合良好($R^2=0.9959$)。与传统热提取方法相比,超声辅助NADESs提取GSP的抗氧化性明显提高,且有更强的稳定性。扫描电子显微镜显示超声形成的空化效应破坏了葡萄籽基质,提高率GSP的提取率。与其他提取方法相比,超声辅助NADESs提取的GSP具有更高的抑菌能力,2.5 mg/mL的GSP可以有效抑制*A. alternata*的生长。

(2) GSP对库尔勒香梨采后黑头病原菌*A. alternata*的体外抑菌实验结果表明:PDA培养基中GSP对*A. alternata*的最低抑菌浓度为2.1 mg/mL。此外,GSP处理后的*A. alternata*相对电导率降低,MDA、胞外蛋白含量、核酸泄露率均不断上升,且*A. alternata*的多聚半乳糖醛酸酶、几丁质酶、 β -1,3葡聚糖酶的活性逐渐升高。因此GSP可以通过提高*A. alternata*细胞膜通透性及细胞壁相关合成酶的活性,从而抑制*A. alternata*的生长。库尔勒体内接种实验结果显示,GSP抑制库尔勒香梨黑头病的最低有效浓度为1 mg/mL。

(3) GSP处理对库尔勒香梨采后黑头病的生防效果研究表明:与接菌组相比,GSP处理组的硬度、Vc含量、TA、SSC含量明显高于接菌组。GSP处理的库尔勒香梨抗氧化能力(ABTS⁺、DPPH·)得到明显的提高,GSP处理组MDA含量明显低于对照组,控制香梨体内抗氧化系统相关的酶(SOD、POD、CAT)的活性也显著上升。GSP处理后的库尔勒香梨苯丙烷代谢通路相关酶的(HCT、PAL、CHS、4CL、C4H、CAD、CCR)活性显著提高,此外,GSP处理还激活了苯丙烷通路相关酶基因的表达。结果表明,GSP处理可以有效提高库尔勒香梨的抗病性,延长贮藏期。

综上所述,GSP提取物提高了*A. alternata*细胞膜通透性及细胞壁相关酶活性,从而直接抑制*A. alternata*的生长。此外,GSP可以激活库尔勒香梨体内的苯丙烷代谢途径,从而延长库尔勒香梨的贮藏期,并维持香梨果实的理化品质。

关键词: 库尔勒香梨; 葡萄籽多酚; 抑菌性; 链格孢属链格孢菌; 果蔬贮藏

Abstract

Xinjiang wine grape is rich in resources, and a large amount of grape seeds polyphenols (GSP) are produced in the process of brewing, which has the characteristics of antifungal and antioxidant. Therefore, the extraction of GSP from grape skin residue can turn waste into treasure and realize the comprehensive utilization of waste. *A. alternata* is one of the main postharvest decay bacteria in 'Korla' fragrant pear (*Pyrus brestschneideri* Rehd). In this study, Ultrasonic-assisted natural deep eutectic solvent (NADESs) was used to extract GSP, and its inhibition effect on *A. alternata* was studied. Changes of physiological quality of pear fruit. The results are as follows:

(1) Ultrasonic-assisted NADESs can environmentally and efficiently extract GSP from wine waste. Under the conditions of time 20 min, power 320 W, temperature 52 °C and solid-liquid ratio 53 g/L, the extraction rate of GSP could reach 135 ± 1.3 mg GAE/g. The second-order kinetic extraction model ($Y = 0.006X + 0.0194$) was established, and the fit was good ($R^2 = 0.9959$). Compared with the traditional heat extraction method, the oxidation resistance of GSP extracted by Ultrasonic-assisted NADESs was significantly improved, and it had stronger stability. Scanning electron microscopy (SEM) showed that the cavitation effect caused by ultrasound destroyed the grape seed matrix and increased the extraction rate of rate GSP. Compared with other extraction methods, ultrasound assisted NADESs extraction of GSP has higher antibacterial ability, 2.5 mg/mL of GSP can effectively inhibit the growth of *A. alternata*.

(2) The results of *in vitro* bacteriostatic experiment of GSP on *A. alternata*, A pathogen of postharvest blackhead from 'Korla' fragrant pear showed that the lowest bacteriostatic concentration of GSP on *A. alternata* in PDA medium was 2.1 mg/mL. In addition, after GSP treatment, the relative conductivity of *A. alternata* decreased, MDA, extracellular protein content and nucleic acid leakage rate were all increased, and the activities of *A. alternata*'s poly-galacturonase, chitinase and β -1,3 glucanase were gradually increased. Therefore, GSP can inhibit the growth of *A. alternata* by improving the permeability of cell membrane and the activity of cell wall related synthase. The results of *in vivo* inoculation of 'Korla' fragrant pear showed that the lowest effective concentration of GSP to inhibit blackhead disease of 'Korla' fragrant pear was 1 mg/mL.

(3) The biocontrol effect of GSP treatment on postharbonous blackhead disease of 'Korla' fragrant pear showed that the hardness, Vc content, TA and SSC contents of GSP treatment group were significantly higher than those of bacteria treatment group. The antioxidant capacity (ABTS⁺, DPPH[·]) of 'Korla' fragrant pear treated with GSP was significantly improved, the MDA content in GSP treatment group was significantly lower than that in control group, and the activities of enzymes related to the antioxidant system (SOD, POD, CAT) were also significantly increased. After GSP treatment, the activities of phenylpropane-related enzymes

(HCT, PAL, CHS, 4CL, C4H, CAD, CCR) were significantly increased, and the expression of phenylpropane-related enzyme genes was also activated by GSP treatment. The results showed that GSP treatment could effectively improve the disease resistance and prolong the storage period of 'Korla' fragrant pear.

In conclusion, GSP extract can improve the cell membrane permeability and cell wall related enzyme activity of *A. alternata*, thus directly inhibiting the growth of *A. alternata*. In addition, GSP can activate the metabolism pathway of phenylpropane in the body of 'Korla' fragrant pear, thus extending the storage period of 'Korla' fragrant pear and maintaining the physicochemical quality of the fruit.

Key words: 'Korla' fragrant pear; Grapes seed polyphenols; Antifungal ability; *Alternaria alternata*; Fruit and vegetable storage

目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
目录.....	IV
中英文缩略词对照表.....	VII
第 1 章 绪论.....	1
1.1 赤霞珠葡萄籽多酚概况.....	1
1.1.1 赤霞珠酿酒葡萄多酚研究现状.....	1
1.1.2 GSP 提取技术现状.....	1
1.1.3 超声辅助 NADESs 提取技术.....	2
1.1.4 GSP 抑菌研究现状.....	3
1.2 库尔勒香梨概况.....	3
1.2.1 库尔勒香梨简介.....	3
1.2.2 库尔勒香梨黑头病研究现状及防治手段.....	4
1.3 研究的目的是与意义.....	5
1.3.1 研究内容.....	5
1.3.2 技术路线.....	6
第 2 章 超声辅助天然低共熔溶剂提取葡萄籽多酚研究.....	7
2.1 引言.....	7
2.2 实验材料与方法.....	7
2.2.1 实验材料预处理.....	7
2.2.2 实验试剂与仪器设备.....	8
2.2.3 NADESs 制备与黏度测定.....	9
2.2.4 GSP 提取方法.....	10
2.2.5 GSP 纯化及含量测定.....	10
2.2.6 测定不同提取条件下 GSP 提取率.....	11
2.2.7 响应面法优化 GSP 提取工艺.....	11
2.2.8 最优条件及模型验证.....	11
2.2.9 提取动力学模型建立.....	11
2.2.10 葡萄籽微观结构观察.....	12
2.2.11 高效液相色谱分析 GSP 成分.....	12

2.2.12	测定 GSP 抗氧化性.....	12
2.2.13	傅里叶红外光谱 (FT-IR) 测定 GSP 提取物稳定性.....	12
2.2.14	测定不同提取溶剂对 GSP 的抑菌性.....	12
2.2.15	数据分析.....	13
2.3	结果与分析.....	13
2.3.1	NADESs 种类和黏度对 GSP 提取率的影响.....	13
2.3.2	不同提取条件对 GSP 提取率的影响.....	14
2.3.3	回归模型方差分析.....	14
2.3.4	GSP 提取工艺优化.....	16
2.3.5	提取动力学研究.....	17
2.3.6	SEM 观察葡萄籽微观结构.....	17
2.3.7	不同提取试剂对 GSP 抗氧化性的影响.....	19
2.3.8	HPLC 分析 GSP 成分.....	19
2.3.9	FT-IR 测定氢键缔合情况.....	19
2.3.10	不同提取方法对 GSP 抑菌效果的影响.....	20
2.4	讨论.....	21
2.5	本章小结.....	23
第 3 章	葡萄籽多酚抑制链格孢菌效果研究.....	24
3.1	引言.....	24
3.2	材料与方法.....	24
3.2.1	实验材料处理.....	24
3.2.2	实验试剂与仪器设备.....	25
3.2.3	GSP 对链格孢菌菌丝活性的测定.....	25
3.2.4	GSP 对链格孢菌菌丝干重的测定.....	26
3.2.5	GSP 对链格孢菌孢子萌发率的测定.....	26
3.2.6	GSP 最低抑菌浓度(MIC)实验.....	26
3.2.7	GSP 对链格孢菌细胞膜完整性的测定.....	27
3.2.8	GSP 对链格孢菌细胞壁酶活性的测定.....	28
3.2.9	GSP 抑制库尔勒香梨黑头病浓度筛选.....	28
3.2.10	数据分析.....	29
3.3	结果与分析.....	29
3.3.1	GSP 对链格孢菌活性的抑制效果.....	29
3.3.2	GSP 对链格孢菌 MIC 测定.....	29
3.3.3	GSP 对链格孢菌菌丝干重的影响.....	30

3.3.4 GSP 对链格孢菌孢子萌发率的影响.....	31
3.3.5 GSP 对链格孢菌细胞膜完整性的影响.....	31
3.3.6 GSP 对链格孢菌细胞壁相关酶活性的影响.....	34
3.3.7 GSP 抑制库尔勒香梨黑头病浓度筛选.....	34
3.4 讨论.....	35
3.5 本章小结.....	37
第 4 章 葡萄籽多酚抑制库尔勒香梨黑头病效果研究.....	38
4.1 引言.....	38
4.2 材料与方法.....	38
4.2.1 材料处理.....	38
4.2.2 实验试剂与仪器设备.....	39
4.2.3 GSP 处理对库尔勒香梨理化指标影响的测定.....	40
4.2.4 GSP 处理对库尔勒香梨抗氧化能力的测定.....	41
4.2.5 GSP 处理对库尔勒香梨苯丙烷代谢相关酶活的测定.....	42
4.2.6 GSP 处理对库尔勒香梨苯丙烷代谢相关酶基因表达量测定.....	44
4.2.7 数据分析.....	44
4.3 结果与分析.....	45
4.3.1 GSP 处理对库尔勒香梨基础理化指标的影响.....	45
4.3.2 GSP 处理对库尔勒香梨苯丙烷代谢次级产物的影响.....	47
4.3.3 GSP 处理对库尔勒香梨抗氧化能力的影响.....	48
4.3.4 库尔勒香梨苯丙烷代谢相关酶活性的影响.....	51
4.3.5 库尔勒香梨苯丙烷代谢相关酶基因表达的影响.....	54
4.4 讨论.....	54
4.5 本章小结.....	56
第 5 章 结论与展望.....	57
5.1 结论.....	57
5.2 展望.....	58
5.3 创新点.....	58
参考文献.....	59
致谢.....	69
作者简介.....	70

中英文缩略词对照表

缩略词	英文全称	中文全称
<i>GSP</i>	Grape seeds polyphenol	葡萄籽多酚
<i>A. alternata</i>	<i>Alternaria alternata</i>	链格孢属链格孢菌
MDA	Malondialdehyde	丙二醛
SSC	Soluble solid content	可溶性固形物
TA	Titratable acidity	可滴定酸
PG	Polygalacturonase	多聚半乳糖醛酸酶
GLU	β -1,3-Glucanase	β -1,3 葡聚糖酶
CHT	Chitinase	几丁质酶
PAL	Phenylalanine ammonia lyase	苯丙氨酸解氨酶
C4H	Cinnamate 4-hydroxylase	肉桂酸 4-羟化酶
4CL	4-coumarate coenzyme A ligase	4-香豆酸辅酶 A 连接酶
CAD	Cinnamyl alcohol dehydrogenase	肉桂醇脱氢酶
CCR	Cinnamoyl-coA reductase	肉桂酰辅酶 A 还原酶
CHS	Chalcone synthase	查耳酮合酶
CHI	Chalcone isomerase	查尔酮异构酶

第1章 绪论

1.1 赤霞珠葡萄籽多酚概况

1.1.1 赤霞珠酿酒葡萄多酚研究现状

中国新疆主要气候类型为温带大陆性干旱气候，该地区拥有丰富的水土热量资源，地处酿酒葡萄黄金产种植区，是我国主要的葡萄酒产地之一，其种植的赤霞珠葡萄（*Cabernet Sauvignon*）是新疆地区主要的葡萄酒原料。赤霞珠葡萄具有果实小，果皮厚等特点，适合酿造高端陈年葡萄酒^[1,2]。此外，赤霞珠葡萄富含酚类化合物如酚酸、类黄酮、花色苷、单宁、黄烷醇、黄酮醇、芪类等，具有抑菌性、抗氧化等良好的生物活性。先前的研究已经证实葡萄籽中富含的酚类物质可以有效的抑制例如腐败希瓦氏菌等病原微生物的生长情况，因此提取葡萄籽中的酚类物质是十分必要的^[3]。

新疆酿酒工业会产生大量加工副产物包括葡萄籽、葡萄果渣、葡萄梗、葡萄叶等，这些加工副产物含有大量酚类物质等生物活性成分。如果不经处理直接排放会对环境产生负面影响。因此妥善处理酿酒副产物不仅可以给其他产业链带来借鉴的案例，而且也是环保产业向绿色、综合转型，实现国际国内双循环的重要环节^[4]。值得一提的是，由于葡萄籽组织结构紧凑，所以在酿酒过程中，可以保护葡萄籽细胞内容物不易渗出，导致葡萄籽在加工后仍然含有大量生物活性成分，例如葡萄籽多酚（GSP）的生物活性度很高，具有很高的抗氧化性，抑菌性等效果，因此引起了人们广泛的关注，例如 Sochorova 等人^[5]发现 GSP 具有很强的抗氧化效果，且不同品种的 GSP 抗氧化成分也存在差异。此外，Dabetic 等人^[6]的研究也发现，葡萄籽明显比葡萄皮含有更高的抗氧化活性，这是因为葡萄籽中的多酚类化合物的含量更高。Krsteva 等人^[7]评估了 4 种 GSP 总酚含量、组成以及抗氧化和抗菌活性，研究发现，GSP 的酚类含量与其抗菌能力之间存在正相关性。由此可见，GSP 具有良好的抗氧化剂和抗菌剂潜力。因此对酿酒工业产生的葡萄籽副产物中的 GSP 进行提取是十分必要的，这不仅可以满足市场对 GSP 的供给，同时在延长新疆酿酒工业产业链，工业企业环保处理方面均有深远的影响。

1.1.2 GSP 提取技术现状

目前提取 GSP 的方法众多，主流方法为加热萃取、溶剂提取、超声波提取等^[8]。其中加热提取法是最传统的提取方法，它是利用多酚的溶解度随着温度的升高而增加的特性来实现多酚的提取，其缺点是提取率低，高温容易造成多酚等生物活性物质的破坏；

此外, 有机溶剂利用待提取物在特定提取溶剂间的溶解差异(“相似相容”原理), 将待提取物质从目的溶剂中萃取出来, 而提取过程中其他杂质不会转移, 在达到特定萃取次数后以达到提纯的目的, 该类方法提取法成本低, 操作简便, 但是容易造成有机试剂残留等问题, 对环境有害; 例如 Montagner 等人^[9]通过设计并优化乙醇提取 GSP 的方法, 成功提取副产物中的 GSP, 并大大提高了提取物的抗氧化性。又比如, Natolino 等人^[10]采用超声辅助提取的方法从新鲜葡萄籽以及蒸馏后的葡萄皮中提取 GSP, 结果显示葡萄皮中特别富含儿茶素、没石子酸等酚类物质, 可用于健康目的。Dabetic 等人^[6]采用 NADESs 及乙醇等传统有机溶剂作为提取溶剂对酿酒工业副产物中的 GSP 进行优化提取, 结果显示相比于传统有机提取溶剂而言, NADESs 可以明显提高 GSP 的提取率。此外, Dabetic 等人^[11]继续利用超声波辅助 NADESs 探索 GSP 的提取率, 结果显示, 氯化胆碱-柠檬酸对提取 GSP 的花青素成分具有很高的亲和程度, 可以很好的与葡萄籽花青素结合并将其提取, 并且抗氧化活性与定量酚类化合物之间有很强的相关性。然而目前超声辅助 NADESs 提取 GSP 技术仅处于实验室阶段, 仍需要更多的研究基础尚能进入产业化生产阶段, 因此对超声辅助 NADESs 提取 GSP 的各项工艺参数的研究是十分必要的。

1.1.3 超声辅助 NADESs 提取技术

超声提取是一种新颖的节能且环保的提取技术, 具有环境友好、高提取率、低能耗、便于工业化生产等优势, 其原理是基于超声波、提取溶剂、提取基质之间的相互作用, 超声提取可以通过空化效应来破坏植物细胞组织, 解除植物细胞壁引起的传质限制, 从而将目标物提取出来, 但是存在能耗大等缺点^[12, 13]。因此通常超声波提取法会与其他提取方法相结合, 例如, 超声辅助有机溶剂萃取技术, 该技术利用超生的空化效应以及有机溶剂的相似相溶原理有效提取目标物质, 但是有机溶剂存在易燃、有毒、高成本、危害环境等问题, 因此人们采用 NADESs 这一类新型的提取溶剂, 其成分存在于各种细胞中, 包括糖类、有机酸、有机碱、氨基酸、季铵盐等^[14]。NADESs 是由氢键供体和氢键受体在特定的物料比例混匀后, 通过加热、超声等方式形成的均一、透明、粘稠的液体体系。该溶剂体系分子间会形成强大的氢键网络结构, 增大生物活性物质的溶解度, 从而将植物材料中的生物活性物质提取出来^[15]。与传统提取溶剂相比, NADESs 具有性质稳定, 绿色、无毒、容易制备等特点, 且作为一种绿色提取溶剂, NADESs 在反复提取过程中, 其性质稳定, 不易发生改变, 因此, NADESs 可以作为一种环保高效的提取溶剂来替代传统的高污染、高毒、高成本的有机试剂。目前, NADESs 的应用非常广泛, 例如 Teslic^[16]采用 NADESs 提取脱脂覆盆子种子的鞣花酸, 结果显示, NADESs 覆盆子提取物中抗氧化性明显高于传统溶剂提取物的抗氧化性。在通过 L-脯氨酸-甘油形成的 NADESs 提取野生百里香中的多酚化合物的研究中发现, 提取温度 65°C、提取时间 180

min、料液比为 28 g/g DW 时可达到最佳提取率^[17]。

超声波辅助 NADESs 提取法是通过将超声波与 NADESs 相结合进而提高多酚得率。近年来, 超声辅助 NADESs 已经广泛的运用在植物多酚、多糖、蛋白质等生物活性分子的提取中。Fu 等人^[18]采用脉冲超声结合 NADESs 提取了核桃皮中的酚类物质, 与常规提取相比, 超声辅助 NADESs 提取率提高到原来的 1.5 倍。此外, 超声提取会引起提取基质与溶剂接触的表面产生剧烈湍流, 从而促进溶剂浸没并填充提取基质内部的天然孔隙, 减少扩散边界层并提高溶剂中萃取物的含量^[19, 20]。然而, 当前没有关于超声辅助 NADESs 提取 GSP 及其提取物稳定性影响的报道。考虑到 GSP 的广泛运用价值及超声辅助 NADESs 对提取物的良好保护作用, 为了有效提高 GSP 的提取率, 进行超声辅助 NADESs 提取 GSP 的研究是十分有前景的。

1.1.4 GSP 抑菌研究现状

由于化学杀菌剂的滥用已经造成很严重的后果, 例如产生抗性菌株、加重污染程度、农药残留等诸多问题, 因此, 人们迫切需要一种低毒至无毒、环境友好型的抑菌物质替代传统杀菌剂。目前, GSP 已经被证实是一类绿色、安全、无毒、无污染的产品, 可以用于抑制微生物的生长。例如王思锦等^[21, 22]利用醇溶法提取葡萄籽中的多酚成分, 并发现葡萄多酚对各种病原微生物均有较强的抑制效果, 可以运用到实际生产中。葡萄籽中提取的多酚的抑菌实验证实, GSP 对金黄色葡萄球菌等革兰氏阳性菌的抑制效果显著, 对黄曲霉等霉菌而言具有一定的抑制效果。Hofmann 等人^[23]的研究结果发现当微波处理 GSP 后, GSP 的抗氧化活性比对照组提高 20%, 此外, GSP 对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌的抑制效果均有增强。目前对 GSP 抑菌的研究集中于抑制细菌研究上, 而 GSP 对霉菌等真菌的抑制效果目前仍然没有太多的案例, 因此探究 GSP 对包括链格孢菌、青霉菌、灰葡萄孢霉容易引起采后果蔬腐烂病的霉菌的抑制效果有助于帮助人们探索出可行的绿色环保的采后保鲜技术。

1.2 库尔勒香梨概况

1.2.1 库尔勒香梨简介

库尔勒香梨 (*Pyrus bretschneideri* Rehd), 在中国新疆库尔勒地区进行商业化种植, 其果肉酥脆爽口, 香甜细腻, 果质雪白, 富含维生素 C、矿物质等营养物质^[24, 25]。同时, 库尔勒香梨具有果点及锈斑少且小、石细胞少等特点, 在海内外市场具有良好的竞争优势^[26]。果农会将库尔勒香梨保存至冷藏库或者是气调库中, 以维持库尔勒香梨的品质, 使采摘的库尔勒香梨在适当条件下可以实现全年供应。尽管现代化的贮存方式大大提高

库尔勒香梨的贮存时间及品质，但是库尔勒香梨在贮藏期间生理代谢过程十分复杂，贮藏不当时会导致香梨发生果实表面泛黄、表皮出油、果蒂部位皱缩、果梗由绿转黄、果实失水、果实糖分损失等不良影响，严重影响库尔勒香梨果实品质，大大制约了库尔勒香梨好果率。除此之外，在不当条件下采摘、运输、储存还会导致库尔勒香梨携带病原微生物，从而产生各种香梨病害，其中较为典型的库尔勒香梨病害有库尔勒香梨黑头病、黑心病、顶腐病、锈斑病等，因此解决库尔勒香梨贮藏过程中产生的病害问题是保障库尔勒香梨产业发展，推进新疆地区乡村振兴的重要抓手^[27]。

目前对库尔勒香梨的采摘、加工、贮存、运输、销售已经形成了产业一体化局面，且库尔勒香梨已经成为新疆库尔勒地区的典型支柱产业，因此对库尔勒香梨的贮藏保鲜技术进行研究，对保护库尔勒香梨产业链的有序发展，维持新疆库尔勒地区林果经济稳步增长均有重要意义^[28-30]。

1.2.2 库尔勒香梨黑头病研究现状及防治手段

库尔勒香梨黑头病是新发现的由链格孢属链格孢菌(*A. alternata*)引起的采后疾病，由于香梨气调储存、冷藏储存技术的成熟，大量库尔勒香梨进库后导致采摘及运输过程中携带的 *A. alternata* 会在次年二月迅速定殖在香梨果实表面并导致大面积感染。库尔勒香梨黑头病具有发病快、传播广、病情严重等特点。当 *A. alternata* 定殖并侵染在库尔勒香梨果实表面后，香梨果实会表现出一系列的病害情况。在 *A. alternata* 侵染早期阶段，库尔勒香梨感染部位果皮会由绿色逐渐转变为褐色，而果肉会逐渐由雪白转变成黄褐色；当 *A. alternata* 进一步定殖在库尔勒香梨果实上，香梨发病情况加重，香梨果皮感染部位生长白色气生菌丝并逐渐向四周蔓延，而香梨果肉变为褐色透明果冻状并伴有褐色果汁流出；当 *A. alternata* 完全定殖在库尔勒香梨果实上时，香梨果实内部完全腐烂，果实表面气生菌丝继续分化出分生孢子簇，菌丝由白色转化成黄绿色，同时果皮皱缩、果肉塌陷，产生并传播大量孢子，感染周围正常果实，从而导致冷藏库内库尔勒香梨大面积感染黑头病^[31]。根据现有对库尔勒香梨黑头病的研究发现，目前对库尔勒香梨黑头病的防治方法有物理防治和化学防治等，例如 Sun 等人^[32]利用 UV-C 辐照技术提高了库尔勒香梨对 *A. alternata* 的抗性，结果显示 UV-C 辐照可以明显提高库尔勒香梨抗性相关酶含量、增强酚类代谢物的活性，同时降低 *A. alternata* 毒素的含量，从而控制库尔勒香梨黑头病的发病率。白雪蓉等人^[33]利用冷激处理提高了库尔勒香梨贮藏品质，结果显示，冷激处理可以有效提高库尔勒香梨果实总酚含量，抑制库尔勒香梨多份氧化酶活性，从而抑制库尔勒香梨褐变情况，同时提高库尔勒香梨抗菌性。此外，化学杀菌剂在库尔勒香梨腐烂病防治上也有所运用，李自芹等人^[34]利用水杨酸处理库尔勒香梨抑制库尔勒香梨黑头病，结果显示，在冷库贮藏条件下 0.7 g/L 的水杨酸处理库尔勒香梨可以有效的抑制 *A. alternata* 在香梨果实上的定殖侵染情况，同时相比与常温贮藏对照，处理组库尔