

孙玲玲,刘鹏琰,王玉玲,等.江苏省绿色食品梨特征营养品质挖掘与保持技术研究[J].江苏农业科学,2024,52(12):141-149.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.12.019

江苏省绿色食品梨特征营养品质挖掘与保持技术研究

孙玲玲¹,刘鹏琰²,王玉玲³,季国军⁴

(1.江苏省绿色食品办公室,江苏南京 210018; 2.江苏省农业科学院农产品质量与安全营养研究所,江苏南京 210014;
3.江苏省农业绿色发展研究会,江苏南京 210014; 4.江苏省农业科学院农业经济与发展研究所,江苏南京 210014)

摘要:梨是江苏省优势特色产业,近年来随着人们生活水平的提高,以及对健康安全食品的需求日益增长,绿色食品梨市场需求呈现上升趋势,但关于其特征营养品质的关注及品质保持技术的研究不足。本研究选取江苏省绿色食品梨为代表,旨在探究绿色食品梨的特征营养品质评价指标,通过营养品质与生长环境因子、栽培方式以及采摘期等关联因素的研究分析,明确其特征性营养成分形成的关键调控因素,解析特征营养品质形成的关键影响因子。研究过程中,应用化学检测分析技术手段,通过聚类分析法、主成分分析法和因子分析法,对基于品种和环境质量因子的品质参数进行归类响应分析,构建江苏地区绿色食品梨产品特征性营养品质评价指标包括维生素 C、山梨醇、苹果酸、可滴定酸、Mg、果糖和 Ca。关联性分析结果表明,露天和套袋 2 种栽培模式下,露天种植模式的石细胞含量更低,口感更好,果糖、葡萄糖、柠檬酸、Mn 和 Se 含量较高;最适采摘期研究表明,露天梨采摘早于套袋梨,且均在二者成熟期中期采摘的梨果品质比较优良;决定梨品质形成的关键可控环境因子为土壤 pH 值、速效磷含量、速效钾含量、全氮含量和有机质含量。以影响农产品特征营养品质的关键或者重要影响因子作为突破口,形成区域适宜性梨品种选择技术、口感与风味调控栽培关键技术,以及优化水肥土管理、最佳采摘期选择、全程质量控制及溯源配套技术,并以此为核心构建江苏绿色优特农产品营养品质保持的生产技术体系。

关键词:绿色食品;梨;特征营养品质;保持技术

中图分类号:TS255.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)12-0141-09

2016 年年底中央经济工作会议首次提出,“大力推进农业供给侧结构性改革,把增加绿色优质农产品供给放在突出位置”。江苏绿色优质农产品发展在全国一直处于领先地位,但对照农业现代化发展总体要求、“吃得好、吃得健康”消费需求,江苏农产品的绿色化、优质化、特色化发展水平还有待提高,这对实现“优质优价”产业振兴意义重大。尤其是从产业高质量发展 and 农产品质量竞争力提升角度来看,仍存在农产品营养品质关注不够、体现“优特”的生产标准不健全、技术模式不成熟等问题。

梨树是江苏省第二大果树,栽培面积约 3.62 万 hm^2 ,占果树栽培总面积的 16.2%,年产量 80 万 t,占全省水果总产量的 20%,约占全国梨总产

量的 5%。近年来,消费者对果品的品质要求逐步提高,而长期以来的研究侧重于产量以及安全等,对品质和相关标准、技术等关注度不高,因此,针对江苏省绿色食品梨特征营养品质不明确、营养品质保持关键技术缺乏的问题,本研究首先,确立梨特征性品质评价指标体系;其次,经特征营养品质的关联性分析,明确影响梨特征营养品质和独特风味口感的主要环境因子以及栽培技术要点;最后优化完善绿色食品梨特征营养品质保持关键技术及配套技术。创新绿色食品梨特征营养品质保持全链条技术体系,是提升梨产业质量效益和核心竞争力的关键^[1-4]。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为早酥梨、苏翠 1 号、白酥梨,试验时间 2023 年,试验地点位于江苏省宿迁市宿城区王官集镇。试验仪器分别有台式高速冷冻离心机 (Allegra 21R,美国 BECKMAN 公司);梅特勒 ML204 型万分之一天平;移液器(德国 Eppendorf 公司);酶标仪(Infinite 200 Pro M Nano,TECAN 公司);电感

收稿日期:2024-01-22

基金项目:国家重点研发计划(编号:2022YFD2100605);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(22)3002]。

作者简介:孙玲玲(1972—),女,江苏新沂人,高级农经师,主要从事绿色食品及农产品质量安全研究。E-mail:6611708@qq.com。

通信作者:季国军,研究员,主要从事乡村经营与人力资源开发研究。
E-mail:1679054641@qq.com。

耦合等离子体质谱仪(RQ,美国赛默飞世尔科技公司);电感耦合等离子体发射光谱仪(iCAP7400,美国赛默飞世尔科技公司);高效液相色谱仪(Thermo UltiMate 3000)。

1.2 试验方法

试验期间,根据梨成熟期不同,采集梨 3 个品种早酥梨、苏翠 1 号和白酥梨,2 种植模式露天栽培以及套袋种植,各 3 批不同成熟度的 12 种梨样品。同一生产基地设 5 个采样点,每个采样点梨树不同部位(顶部、中间、底部)随机抽取 6 个果实,同一采收期内共计最少 30 个果实为 1 个抽样批次^[5]。

采用查阅文献、产品各类现行标准及参考政府网站发布的相关信息等方法,了解梨营养品质指标种类、数量及参考值范围,在此基础上,掌握国家及行业对各产品营养品质关注和把控的重点指标,综合定位各营养品质指标的植物生理学以及营养健康意义。主要指标包括基本品质指标(硬度、可溶性果胶含量、石细胞含量、含水量、可溶性固形物含量、可溶性糖含量)、维生素 C 含量、矿物质元素(Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Se)含量、糖类和酸类含量等。测定方法如下:参照 GB/T 10650—2008《鲜梨》,采用硬度计测定果实硬度;参照 NY/T 2016—2011《水果及其制品中果胶含量的测定 分光光度法》,采用分光光度法测定果胶含量;参照 DB32/T 1415—2009《梨果实石细胞含量的测定方法》,采用冷冻处理法测定果实石细胞度;参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》采用直接干燥法测定果实含水量;参照 GB/T 10650—2008《鲜梨》,采用折光法测定可溶性固形物含量;采用试剂盒法测定可溶性糖含量,试剂盒为植物可溶性糖含量试剂盒(南京集测生物科技有限公司,货号 JC0401-M);参照 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》,采用高效液相色谱法测定维生素 C 含量;参照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》,采用 ICP-MS 测定多元素含量;参照 GB 12456—2021《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》,采用酸碱滴定法测定可滴定酸含量;参照 GB 5009.157—2016《食品安全国家标准 食品中有机酸的测定》,采用高效液相色谱法测定柠檬酸、苹果酸、奎宁酸、酒石酸含量;参照 GB 5009.8—2023《食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》和 GB 5009.279—2016《食品安全国家标准 食品中

木糖醇、山梨醇、麦芽糖醇、赤藓糖醇的测定》,采用高效液相色谱法测定果糖、葡萄糖、蔗糖、山梨醇含量;参照 NY/T 1121.2—2006《土壤检测 第 2 部分:土壤 pH 的测定》,采用玻璃电极法测定土样 pH 值;参照 DB42/T 1622—2021《土壤中铅、铬、铜、镍、锌全量的测定 电感耦合等离子发射光谱法》,采用电感耦合等离子发射光谱法(ICP-AES)测定土样 Pb、Cr、Cu 含量;参照 DB35/T 1142—2020《土壤中砷、铅、铜、锌、镉、铬、镍、镁、钾、钙、锰、铁、硒、钼的测定 电感耦合等离子体质谱法》,采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定土样 As、Cd 含量;参照 HJ 695—2014《土壤 有机碳的测定 燃烧氧化-非分散红外法》,采用有机碳测定仪测土样有机质含量;参照 LY/T 1234—2015《森林土壤钾的测定》,采用原子吸收分光光度法测定土样速效钾含量;参照 NY/T 1121.25—2012《土壤检测 第 25 部分:土壤有效磷的测定 连续流动分析法》,采用全自动分析仪测定土样有效磷含量;参照 LY/T 1228—2015《森林土壤氮的测定》,采用全自动分析仪测定土样全氮含量;参照 GB/T 6920—1986《水质 pH 值的测定 玻璃电极法》,采用玻璃电极法测定水样 pH 值;参照 DB12/T 1024—2020《水溶肥料 汞、砷、镉、铅、铬的测定 电感耦合等离子体质谱法》,采用电感耦合等离子体质谱法测定水样 Pb、Hg、As 含量。

1.3 数据处理

采用 SPSSAU 数据分析平台(<https://spssau.com/>)进阶方法中主成分分析模块对基于品种和环境质量因子的品质指标进行分析后,根据指标权重值确定特色营养品质指标体系。采用 Excel 软件对花园酥梨种植环境质量因子、与基于优质梨品种的营养成分进行 Pearson analysis 关联性分析。

2 结果与分析

2.1 绿色食品梨特征营养品质识别

2.1.1 梨营养品质指标 梨成熟度相关指标主要为硬度,一般以原果胶、可溶性果胶、纤维素等的含量来反映。口感相关指标主要为酥脆度,一般以果实含水量、石细胞度来反映。风味以及营养相关指标主要为可溶性固形物、可溶性糖、有机酸、维生素、矿物质等化合物^[12-16]。根据产业调研,以及参考文献和标准最终确立 23 项营养品质指标,3 项安全指标进行检测分析。检测结果(表 1)表明,各品

表 1 梨营养成分指标监测结果

样品名称	采样日期 (月-日)	成熟度		口感		能量相关成分											
		硬度 (kg/cm ²)	可溶性果胶含量 (g/kg)	石细胞含量 (g/100 g)	含水量 (g/100 g)	可溶性固形物含量 (%)	可溶性糖含量 (mg/g 鲜重)	果糖含量 (mg/g)	山梨醇含量 (mg/g)	葡萄糖含量 (mg/g)	蔗糖含量 (mg/g)	可滴定酸含量 (mmol/100 g)	有机酸(苹果酸)计, %	酒石酸含量 (μg/g)	奎宁酸含量 (μg/g)	苹果酸含量 (μg/g)	柠檬酸含量 (μg/g)
苏翠 1 号(套袋)	07-13	4.3	2.360	0.260	84.211	10.890	70.943	14.306	20.688	2.630	40.138	1.357	0.091	低于检测限	857.465	1 145.343	218.888
苏翠 1 号(套袋)	07-16	3.8	3.163	0.187	83.361	11.328	81.089	11.597	20.825	2.774	49.545	0.959	0.064	低于检测限	477.937	1 003.657	130.640
苏翠 1 号(套袋)	07-19	2.7	2.574	0.177	84.639	10.990	73.408	10.533	18.620	2.072	36.227	1.237	0.083	低于检测限	653.988	659.832	107.511
苏翠 1 号(露天)	07-13	4.2	2.918	0.247	84.903	10.608	79.393	19.572	21.869	3.331	41.461	0.926	0.062	低于检测限	771.891	1 271.563	331.312
苏翠 1 号(露天)	07-16	4.0	2.493	0.193	85.150	10.012	78.403	16.465	17.208	2.271	43.164	1.201	0.080	低于检测限	566.037	1 000.062	250.660
苏翠 1 号(露天)	07-19	2.6	2.659	0.110	84.653	12.670	85.706	13.993	14.355	3.901	36.412	0.921	0.062	低于检测限	445.881	661.370	126.491
早酥梨	07-13	4.6	2.829	0.140	85.542	9.935	67.712	41.993	19.647	9.326	4.075	3.135	0.210	低于检测限	193.594	492.149	1 685.797
早酥梨	07-19	4.2	2.605	0.127	86.832	10.210	63.542	39.197	17.505	9.770	3.296	2.674	0.179	低于检测限	203.669	509.650	1 007.963
早酥梨	07-26	2.9	3.387	0.105	85.573	10.000	68.057	37.418	15.370	11.196	3.144	2.110	0.141	低于检测限	低于检测限	479.431	719.183
白酥梨	08-29	4.8	2.327	0.941	87.138	9.000	58.747	30.239	27.416	15.382	4.667	1.153	0.077	低于检测限	低于检测限	1 248.765	44.110
白酥梨	09-07	3.9	3.068	0.464	88.091	10.500	61.258	31.672	26.485	14.818	5.691	1.075	0.072	低于检测限	低于检测限	357.841	74.716
白酥梨	09-14	3.3	3.892	0.429	87.961	10.000	65.446	34.327	26.680	14.854	7.661	1.096	0.073	低于检测限	低于检测限	280.278	190.818
样品名称	采样日期 (月-日)	维生素		矿物质元素含量(mg/kg)										重金属含量(mg/kg)			
		维生素 C 含量 (μg/g)		Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Se	As	Pb	Cd					
苏翠 1 号(套袋)	07-13	11.224	32.509	82.512	3.659	0.335	0.949	0.138	0.081	0.247	0.000						
苏翠 1 号(套袋)	07-16	10.902	36.553	80.536	3.577	0.301	1.290	0.083	0.216	0.051	0.012						
苏翠 1 号(套袋)	07-19	12.183	37.422	53.266	4.044	0.270	1.328	0.142	0.134	0.177	0.015						
苏翠 1 号(露天)	07-13	13.965	35.107	77.331	4.035	0.595	0.943	0.248	0.047	0.103	0.004						
苏翠 1 号(露天)	07-16	12.971	28.487	82.490	4.850	0.428	0.982	0.144	0.023	0.065	0.002						
苏翠 1 号(露天)	07-19	12.338	34.704	55.970	4.992	0.341	1.168	0.205	0.223	0.189	0.024						
早酥梨	07-13	8.111	45.361	44.530	3.573	0.218	0.831	0.108	0.036	0.221	0.002						
早酥梨	07-19	9.623	60.641	57.532	4.158	0.463	1.897	0.088	0.138	0.279	0.015						
早酥梨	07-26	9.154	51.491	44.748	3.002	0.286	1.044	0.134	0.183	0.410	0.015						
白酥梨	08-29	11.692	55.351	111.728	9.614	0.547	1.757	0.133	0.035	0.155	0.031						
白酥梨	09-07	10.227	45.808	132.479	6.114	0.489	1.188	0.087	0.040	0.100	0.036						
白酥梨	09-14	9.120	33.947	113.007	6.615	0.334	1.234	0.063	0.040	0.097	0.030						

质指标检测值范围在一定区间内但差异较大,可能是由多种原因造成,不同生长水域环境、品种、生长条件、种植方式,以及样品自身的不稳定性等都会对指标检测值造成影响。

2.1.2 构建特征性营养品质评价指标体系 采用

SPSSAU 数据分析平台进行主成分分析,对基于品种和环境质量因子的品质指标权重值确定特色营养品质指标,推荐建立特征性品质评价指标体系的营养品质指标包括:维生素 C、山梨醇、苹果酸、可滴定酸、Mg、果糖和 Ca 含量(表 2)。

表 2 梨营养品质线性组合系数及权重结果

名称	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	综合得分系数	权重(%)
特征根	8.860	5.220	2.603	1.452		
方差解释率(%)	42.19	24.86	12.39	6.91		
维生素 C 含量	0.227 3	0.277 5	0.106 5	0.145 0	0.217 9	5.38
山梨醇含量	0.192 0	0.282 4	0.105 2	0.302 5	0.214 4	5.29
苹果酸含量	0.158 8	0.260 9	0.336 2	0.130 3	0.211 3	5.22
可滴定酸含量	0.134 4	0.339 4	0.292 8	0.057 1	0.210 0	5.19
Mg 含量	0.139 5	0.335 7	0.204 9	0.200 6	0.210 3	5.19
果糖含量	0.290 4	0.170 8	0.088 3	0.056 8	0.208 2	5.14
Ca 含量	0.240 5	0.085 0	0.256 0	0.363 2	0.207 8	5.13
柠檬酸含量	0.096 2	0.341 8	0.280 1	0.175 5	0.199 7	4.93
蔗糖含量	0.313 5	0.111 8	0.025 1	0.101 7	0.197 1	4.87
Fe 含量	0.183 1	0.318 2	0.031 9	0.132 5	0.196 2	4.85
石细胞含量	0.188 0	0.335 6	0.040 9	0.022 7	0.196 2	4.84
奎宁酸含量	0.298 3	0.056 2	0.150 1	0.142 8	0.194 9	4.81
含水量	0.296 5	0.085 3	0.113 6	0.068 3	0.191 2	4.72
可溶性固形物含量	0.241 4	0.062 1	0.223 2	0.254 8	0.188 2	4.65
硬度	0.117 5	0.128 2	0.424 7	0.404 1	0.187 6	4.63
葡萄糖含量	0.322 4	0.038 5	0.103 0	0.037 8	0.186 5	4.60
可溶性糖含量	0.310 0	0.031 9	0.087 6	0.031 2	0.175 7	4.34
Se 含量	0.210 5	0.094 3	0.189 5	0.136 1	0.168 1	4.15
Zn 含量	0.151 7	0.112 2	0.115 3	0.555 3	0.167 4	4.13
可溶性果胶含量	0.101 2	0.110 4	0.453 8	0.188 0	0.161 4	3.99
Mn 含量	0.059 2	0.317 5	0.206 9	0.121 6	0.159 7	3.94

2.2 特征营养品质的关联性分析研究

2.2.1 营养品质与生长环境因子的关联性分析
针对种植区域的土壤、水质等环境因子进行抽样分析,采集环境土壤监测样品 225 个,对 11 个指标进行检测分析,检测结果如表 3 所示;采集共 25 个水样样本,对 4 个指标进行检测,检测结果如表 4 所示。采用“潜在生态风险指标法”对环境因子生态风险进行评估,结果表明,该地土壤和灌溉用水属微弱污染,环境质量较好。采用内梅罗指数法对土壤肥力进行评估,结果表明,主产区花园村 5 个种植大户土壤综合肥力评价结果为其土壤属中等肥力^[5,17-18]。采用 Pearson 相关性分析对花园酥梨种植环境质量因子与基于优质梨品种的营养成分进行关联性分析。结果(表 5)表明,土壤 pH 值、速效

磷含量与梨成熟度、口感相关指标,包括硬度、可溶性果胶含量、石细胞含量、含水量,呈显著正相关;与糖类风味物质,包括果糖、山梨醇、葡萄糖含量,呈显著正相关;与营养物质,包括 Ca、Mg、Fe、Mn、Zn 含量,呈显著正相关。速效钾含量与口感相关指标含水量,与糖类风味物质果糖含量,与矿物质元素 Fe、Mn 含量呈显著正相关。土壤全氮、有机质含量与糖和酸类风味物质,包括蔗糖、可滴定酸、有机酸、奎宁酸含量,呈显著正相关。因此,研究确定决定花园酥梨品质形成的关键可控环境因子为:土壤 pH 值、速效磷、速效钾、全氮和有机质含量。
2.2.2 营养品质与露天和套袋 2 种栽培方式的关联性分析 以苏翠 1 号梨为对象,针对其露天栽培和套袋栽培 2 种植植模式开展近 3 年的研究,结果

表 3 9 个种植区域土壤 11 个指标的检测结果

序号	种植区域	pH 值	有机质含量 (g/kg)	Cd 含量 (mg/kg)	Pb 含量 (mg/kg)	Cu 含量 (mg/kg)	Cr 含量 (mg/kg)	Hg 含量 (mg/kg)	As 含量 (mg/kg)	速效钾 含量 (mg/kg)	速效磷 含量 (mg/kg)	全氮 含量 (g/kg)
1	万林	7.87	8.64	0.135	14.969	25.068	86.762	-0.006	19.183	95.238	2.116	0.790
2	九城	7.4	17.03	0.107	11.940	15.704	51.363	-0.007	10.932	81.215	28.114	1.050
3	苗圩	7.85	11.26	0.116	11.717	16.179	55.593	-0.007	11.650	192.066	9.027	0.790
4	王集	7.79	11.43	0.108	10.837	16.019	48.504	0.008	9.938	25.790	17.035	0.673
5	花园村二组(甲)	7.62	18.22	0.144	12.646	19.952	50.320	-0.006	11.024	92.567	49.395	1.194
6	花园村二组(乙)	7.57	15.65	0.128	11.755	28.754	51.966	-0.007	9.875	180.046	140.442	1.104
7	花园村三组	7.27	15.53	0.124	11.881	16.958	52.318	-0.011	10.274	192.734	27.785	1.104
8	卓先进	7.27	27.26	0.113	11.807	14.076	47.459	-0.010	9.265	71.866	18.022	1.706
9	朱强	7.31	18.03	0.111	10.752	14.562	47.563	-0.012	9.392	88.561	24.165	1.266

表 4 5 个种植区域灌溉水 4 个指标的检测结果

序号	种植区域	pH 值	Pb (μg/L)	Hg (μg/L)	As (μg/L)
1	万林	5.72	1.617	0.153	11.555
2	九城	6.04	0.730	0.154	7.957
3	苗圩	6.33	0.222	0.157	17.221
4	王集	6.54	0.069	0.160	7.485
5	花园村二组(甲)	6.46	0.009	0.151	12.753

(表 1、表 6、表 7、表 8、表 9)表明:(1)种植模式对硬度、可溶性果胶含量、含水量、维生素 C 含量没有显著性影响,表现为苏翠 1 号露天和套袋 2 种栽培模式下含量一致。(2)种植模式对石细胞含量有显著性影响,且苏翠 1 号露天栽培模式中石细胞含量更低。种植模式对果糖、葡萄糖和柠檬酸含量有显著性影响,且表现为苏翠 1 号露天栽培模式中含量较高。种植模式对 Mn 和 Se 含量有显著性影响,且表现为苏翠 1 号露天栽培模式中含量较高。

2.2.3 营养品质与采摘期的关联性分析 由表 1、表 8、表 9 可知,早酥露天梨和白酥套袋梨在成熟期的 14 d 各采集 3 批次不同成熟度梨子,23 个营养指标中有 18 个指标在历时 14 d 内呈现一致的变化趋势,结果如下:(1)果实成熟度指标硬度、石细胞含量均呈下降趋势,且在白酥梨中均具有显著性差异,而在早酥梨中硬度指标具有显著性差异。(2)Se 含量在早酥梨前中期和白酥梨全期呈下降趋势,且均具有显著性差异。(3)奎宁酸、苹果酸、维生素 C、Mn、Ca 含量在早酥梨的中后期以及白酥梨全期均呈下降趋势,且奎宁酸、Mn 含量在早酥梨中具有差异显著性,苹果酸、Mn、Ca 含量在白酥梨中具有差异显著性。(4)山梨醇、可滴定酸、有机酸含量在

早酥梨全期以及白酥梨的前中期呈下降趋势,可滴定酸、有机酸含量在早酥梨中具有差异显著性。(5)葡萄糖含量在早酥梨全期以及白酥梨的中后期呈上升趋势,但均无显著性差异。(6)可溶性果胶、可溶性糖含量在早酥梨的中后期以及白酥梨的全期呈上升趋势,且在白酥梨中可溶性果胶表现为差异显著。(7)含水量、可溶性固形物、Mg 含量均呈先上升后下降趋势,但表现为差异性不显著。(8)果糖、蔗糖、柠檬酸、Zn、Fe 含量在早酥露天梨和白酥套袋梨中呈相反的趋势,其中主要的果糖和蔗糖含量在早酥露天梨中呈下降趋势,建议其在成熟前中期进行采摘,果糖和蔗糖含量在白酥套袋梨中呈上升趋势,建议其在成熟中后期进行采摘。

由表 1、由 6、表 7 可知,苏翠 1 号露天梨和苏翠 1 号套袋梨在成熟期内的相同 7 d 中同步采集各 3 批次梨子,23 个营养指标中有 15 个指标在历时 7 天内呈现一致的变化趋势,结论如下:(1)硬度、石细胞含量、果糖含量、苹果酸含量、柠檬酸含量、Mn 含量均呈现下降趋势,且在苏翠 1 号露天梨中均呈现显著性差异,而在苏翠 1 号套袋梨中除 Mn 含量外,其余指标均呈显著性差异。(2)山梨醇含量在苏翠 1 号套袋梨中后期和苏翠 1 号露天梨全期呈现下降趋势,且在苏翠 1 号露天梨中呈现显著性差异;Fe 含量在苏翠 1 号套袋中后期和苏翠 1 号露天梨全期呈现上升趋势,但表现为差异不显著。(3)蔗糖、Se 和 Zn 含量变化趋势在套袋梨和露天梨中表现一致,其中蔗糖含量呈先升后降趋势,Se 含量呈先下降后上升趋势,Zn 含量呈上升趋势,且在苏翠 1 号套袋梨中均具有显著性差异,但在苏翠 1 号露天梨中只有 Se 含量具有显著性差异。(4)维生素 C、

表 5 花园酥梨种植环境质量因子与营养成分关联性

指标	相关系数												
	硬度	可溶性果胶	石细胞	含水量	可溶性固形物	可溶性糖	果糖	山梨醇	葡萄糖	蔗糖	可滴定酸	有机酸	奎宁酸
pH 值	1.00	1.00	1.00	0.98	-1.00	-0.95	0.98	0.97	1.00	-1.00	0.05	0.03	-1.00
速效磷	1.00	1.00	0.99	0.99	-1.00	-0.93	0.99	0.95	1.00	-1.00	-0.02	-0.04	-1.00
全氮	-0.50	-0.48	-0.45	-0.68	0.48	0.21	-0.68	-0.28	-0.54	0.53	0.84	0.85	0.58
有机质	-0.49	-0.48	-0.45	-0.67	0.48	0.20	-0.67	-0.27	-0.53	0.53	0.84	0.85	0.57
速效钾	0.42	0.40	0.37	0.60	-0.40	-0.12	0.60	0.19	0.46	-0.45	-0.89	-0.90	-0.50
Pb	-0.81	-0.82	-0.84	-0.67	0.82	0.95	-0.67	-0.93	-0.78	0.79	-0.63	-0.61	0.75
Cd	0.71	0.69	0.67	0.84	-0.69	-0.46	0.84	0.52	0.74	-0.73	-0.67	-0.68	-0.77
Cu	0.98	0.98	0.97	1.00	-0.98	-0.88	1.00	0.91	0.99	-0.99	-0.13	-0.15	-1.00
Hg	0.97	0.98	0.98	0.90	-0.98	-1.00	0.90	1.00	0.96	-0.96	0.29	0.27	-0.94
Cr	0.44	0.43	0.40	0.63	-0.43	-0.15	0.63	0.22	0.49	-0.48	-0.87	-0.88	-0.52
As	0.12	0.10	0.07	0.33	-0.10	0.19	0.33	-0.12	0.17	-0.16	-0.98	-0.99	-0.21

指标	相关系数											
	苹果酸	柠檬酸	维生素 C	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Se	As	Pb	Cd
pH 值	-0.99	-0.78	-0.80	0.98	1.00	0.97	0.51	0.90	-0.70	-0.90	-0.53	1.00
速效磷	-0.98	-0.74	-0.76	0.96	1.00	0.99	0.57	0.87	-0.64	-0.93	-0.59	1.00
全氮	0.40	-0.15	-0.12	-0.31	-0.50	-0.68	-1.00	-0.07	-0.27	0.83	1.00	-0.53
有机质	0.39	-0.16	-0.13	-0.30	-0.49	-0.68	-1.00	-0.06	-0.28	0.82	1.00	-0.52
速效钾	-0.31	0.24	0.21	0.21	0.41	0.61	0.99	-0.02	0.36	-0.77	-0.99	0.45
Pb	0.87	1.00	1.00	-0.92	-0.81	-0.66	0.09	-0.98	0.98	0.48	-0.06	-0.79
Cd	-0.63	-0.11	-0.14	0.54	0.70	0.85	0.97	0.33	0.02	-0.94	-0.97	0.73
Cu	-0.96	-0.65	-0.68	0.92	0.98	1.00	0.66	0.80	-0.55	-0.97	-0.68	0.99
Hg	-0.99	-0.91	-0.92	1.00	0.97	0.89	0.29	0.98	-0.85	-0.77	-0.31	0.96
Cr	-0.34	0.21	0.18	0.24	0.44	0.63	1.00	0.01	0.33	-0.79	-0.99	0.48
As	-0.01	0.53	0.50	-0.09	0.12	0.34	0.92	-0.32	0.63	-0.54	-0.91	0.16

注：>0.5 表示呈显著正相关；< -0.5 表示呈显著负相关。

奎宁酸含量在苏翠 1 号套袋梨的前中期与苏翠 1 号露天梨的全期均呈现出下降的趋势,但只有奎宁酸在 2 种梨中均表现为差异显著。(5) Mg 含量在套袋梨全期和露天梨后期呈现下降趋势,Ca 含量在套袋梨全期和露天梨后期呈现上升趋势,但只有 Mg 在 2 种梨中均表现为差异显著。(6)可溶性果胶、可溶性固形物、可溶性糖、葡萄糖含量在苏翠 1 号套袋梨与苏翠 1 号露天梨中呈现出相反的趋势,即在套袋梨中先升后降,而在露天梨中先降后升;含水量、有机酸、可滴定酸含量在苏翠 1 号套袋梨和苏翠 1 号露天梨中呈现出相反趋势,即在套袋梨中先降后升,而在露天梨中先升后降,表明露天梨成熟早且成熟期历时较长。综上所述,建议苏翠 1 号露天梨采摘早于苏翠 1 号套袋梨,且均在二者成熟期中期采摘的梨果品质比较优良,因为后期有 10 个风味和营养指标呈现显著性下降趋势^[19-20]。

3 绿色食品梨特征营养品质保持关键技术及配套技术

3.1 关键技术

3.1.1 区域适宜性梨品种选择技术 江苏地区主要种植梨品种包括早酥梨、白酥梨和苏翠 1 号等。苏翠 1 号在连续多年种植中表现良好,果实硬度和可溶性果胶含量最低,成熟度更高,果实质软。白酥梨因高石细胞含量和低含水量而口感较差,苏翠 1 号梨含水量适中且石细胞较少,口感酥脆。苏翠 1 号梨的可溶性固形物含量 12.5% ~ 13.0%,蔗糖含量占可溶性总糖含量的 50% 以上,糖酸比显著高于其他品种;早酥梨的糖酸比最低。苏翠 1 号露天梨中维生素 C 含量最高,早酥梨中含量最低。综合采用主成分分析,以及对不同品种梨进行评价,得出梨品质性状综合排序为:苏翠 1 号 > 白酥梨 > 早酥

表6 苏翠1号套袋样本成熟期各指标差异显著性分析

指标	苏翠1号套袋(7月13—19日)		
	平均值	标准差	变异系数(%)
硬度(kg/cm ²)	3.600	0.819	22.737
可溶性果胶含量(g/kg)	2.699	0.416	15.407
石细胞含量(g/100 g)	0.208	0.045	21.784
含水量(g/100 g)	84.070	0.651	0.774
可溶性固形物含量(%)	11.069	0.230	2.074
可溶性糖含量(mg/g 鲜重)	75.147	5.292	7.042
果糖含量(mg/g 鲜重)	12.145	1.945	16.017
山梨醇含量(mg/g 鲜重)	20.044	1.235	6.163
葡萄糖含量(mg/g 鲜重)	2.492	0.371	14.879
蔗糖含量(mg/g 鲜重)	41.970	6.845	16.310
可滴定酸含量(mg/g 鲜重)	1.184	0.204	17.238
有机酸含量(mg/g 鲜重)	0.079	0.014	17.481
酒石酸含量(mg/g 鲜重)	0.000	0.000	
奎宁酸含量(mg/g 鲜重)	663.130	189.929	28.641
苹果酸含量(mg/g 鲜重)	936.277	249.670	26.666
柠檬酸含量(mg/g 鲜重)	152.346	58.776	38.580
维生素C含量(mg/g 鲜重)	11.436	0.666	5.827
Ca含量(mg/g 鲜重)	35.495	2.622	7.387
Mg含量(mg/g 鲜重)	72.105	16.345	22.668
Fe含量(mg/g 鲜重)	3.760	0.249	6.632
Mn含量(mg/g 鲜重)	0.302	0.033	10.765
Zn含量(mg/g 鲜重)	1.189	0.209	17.554
Se含量(mg/g 鲜重)	0.121	0.033	27.248

注:0~15%为小变异,差异不显著;16%~35%为中等变异,差异显著;36%及以上为高度变异,差异极显著。下表同。

梨。因此苏翠1号是适宜在江苏地区推广的良好梨品种。

3.1.2 口感与风味调控栽培技术 梨果实套袋是现代梨树生产中的常规技术,应用得当,可以显著提高梨园的经济效益,但是前述相关性分析,结果表明梨果实套袋也带来了一些负面影响,如原有风味下降、含糖量降低、成熟期推迟等;而露天种植模式的石细胞含量更低,果糖、葡萄糖、柠檬酸、Mn和Se含量较高。因此,开展连年露天栽培模式优化研究,结果如下:

(1)调整树体结构,改善光照条件。

树形:当地建梨园适宜栽培模式为圆柱形、平棚架、“Y”字形、倒“个”形和“3+1”树形等。

修剪时期与修剪方法:生长季修剪包括刻芽、抹芽、除萌、牙签开角、摘心、拉枝等。冬季修剪为从落叶后到萌芽前的整形修剪工作。主要使用缓

表7 苏翠1号露天样本成熟期各指标差异显著性分析

指标	苏翠1号露天(7月13—19日)		
	平均值	标准差	变异系数(%)
硬度(kg/cm ²)	3.600	0.872	24.216
可溶性果胶含量(g/kg)	2.690	0.214	7.962
石细胞含量(g/100 g)	0.183	0.069	37.642
含水量(g/100 g)	84.902	0.249	0.293
可溶性固形物含量(%)	11.097	1.395	12.569
可溶性糖含量(mg/g 鲜重)	81.167	3.962	4.881
果糖含量(mg/g 鲜重)	16.677	2.796	16.763
山梨醇含量(mg/g 鲜重)	17.811	3.793	21.297
葡萄糖含量(mg/g 鲜重)	3.168	0.827	26.113
蔗糖含量(mg/g 鲜重)	40.346	3.511	8.703
可滴定酸含量(mg/g 鲜重)	1.016	0.160	15.771
有机酸含量(mg/g 鲜重)	0.068	0.010	15.283
酒石酸含量(mg/g 鲜重)	0.000	0.000	
奎宁酸含量(mg/g 鲜重)	594.603	164.872	27.728
苹果酸含量(mg/g 鲜重)	977.665	305.712	31.270
柠檬酸含量(mg/g 鲜重)	236.154	103.178	43.691
维生素C含量(mg/g 鲜重)	13.091	0.820	6.265
Ca含量(mg/g 鲜重)	32.766	3.711	11.326
Mg含量(mg/g 鲜重)	71.930	14.061	19.548
Fe含量(mg/g 鲜重)	4.626	0.516	11.165
Mn含量(mg/g 鲜重)	0.455	0.129	28.391
Zn含量(mg/g 鲜重)	1.031	0.120	11.662
Se含量(mg/g 鲜重)	0.199	0.052	26.261

放、短截、疏枝、回缩等方法。调整各级枝角度、数量,培养与配置结果枝组。修剪后全树中、长枝占10%~20%,短枝占80%~90%,但应根据所采用的栽培模式进行调整,不可一概而论。梨树均易成花,长枝腋花芽太多时,应在冬剪时进行适当短截,避免翌年枝条基部光秃,且有利于减少疏花疏果工作量,控制总体产量,提高果实品质。修剪时重点去除直立枝、徒长枝、无用枝、过密枝,保留斜平枝。长枝或主枝应提前在生长季时(7—8月)拉开角度。总体而言,梨树幼龄树成枝力较强,枝条长势好,且容易成花,易于实现各种栽培模式的整形修剪要求,但应控制长结果枝数量及留果量,避免后期树势衰弱。

(2)疏花疏果,合理负载。

通常情况下不进行疏花工作,以疏果为主。梨的第三或第四序位的果实生长发育最好,应当保留。疏果工作在落花后15 d开始,30 d内完成。

表 8 早酥梨样本成熟期各指标差异显著性分析

指标	早酥梨露天(7 月 13—26 日)		
	平均值	标准差	变异系数(%)
硬度(kg/cm ²)	3.900	0.889	22.790
可溶性果胶含量(g/kg)	2.940	0.403	13.696
石细胞含量(g/100 g)	0.124	0.018	14.268
含水量(g/100 g)	85.982	0.736	0.856
可溶性固形物含量(%)	10.048	0.144	1.430
可溶性糖含量(mg/g 鲜重)	66.437	2.513	3.783
果糖含量(mg/g 鲜重)	39.536	2.306	5.833
山梨醇含量(mg/g 鲜重)	17.507	2.139	12.215
葡萄糖含量(mg/g 鲜重)	10.097	0.977	9.676
蔗糖含量(mg/g 鲜重)	3.505	0.499	14.250
可滴定酸含量(mg/g 鲜重)	2.640	0.513	19.448
有机酸含量(mg/g 鲜重)	0.177	0.035	19.562
酒石酸含量(mg/g 鲜重)	0.000	0.000	
奎宁酸含量(mg/g 鲜重)	132.421	114.791	86.686
苹果酸含量(mg/g 鲜重)	493.743	15.172	3.073
柠檬酸含量(mg/g 鲜重)	1137.648	496.185	43.615
维生素 C 含量(mg/g 鲜重)	8.963	0.774	8.635
Ca 含量(mg/g 鲜重)	52.498	7.690	14.647
Mg 含量(mg/g 鲜重)	48.937	7.445	15.213
Fe 含量(mg/g 鲜重)	3.578	0.578	16.156
Mn 含量(mg/g 鲜重)	0.322	0.126	39.238
Zn 含量(mg/g 鲜重)	1.257	0.564	44.866
Se 含量(mg/g 鲜重)	0.110	0.023	20.968

表 9 白酥梨样本成熟期各指标差异显著性分析

样品名称	酥梨套袋(8 月 29 日—9 月 14 日)		
	平均值	标准差	变异系数(%)
硬度(kg/cm ²)	4.000	0.755	18.875
可溶性果胶含量(g/kg)	3.096	0.783	25.289
石细胞含量(g/100 g)	0.611	0.286	46.789
含水量(g/100 g)	87.730	0.517	0.589
可溶性固形物含量(%)	9.833	0.764	7.767
可溶性糖含量(mg/g 鲜重)	61.817	3.384	5.475
果糖含量(mg/g 鲜重)	32.079	2.074	6.466
山梨醇含量(mg/g 鲜重)	26.860	0.491	1.828
葡萄糖含量(mg/g 鲜重)	15.018	0.316	2.102
蔗糖含量(mg/g 鲜重)	6.006	1.522	25.335
可滴定酸含量(mg/g 鲜重)	1.108	0.040	3.643
有机酸含量(mg/g 鲜重)	0.074	0.003	3.575
酒石酸含量(mg/g 鲜重)	0.000	0.000	
奎宁酸含量(mg/g 鲜重)	0.000	0.000	
苹果酸含量(mg/g 鲜重)	628.961	538.165	85.564
柠檬酸含量(mg/g 鲜重)	103.215	77.395	74.984
维生素 C 含量(mg/g 鲜重)	10.346	1.290	12.470
Ca 含量(mg/g 鲜重)	45.035	10.723	23.810
Mg 含量(mg/g 鲜重)	119.071	11.629	9.766
Fe 含量(mg/g 鲜重)	7.448	1.893	25.414
Mn 含量(mg/g 鲜重)	0.457	0.110	24.114
Zn 含量(mg/g 鲜重)	1.393	0.316	22.690
Se 含量(mg/g 鲜重)	0.094	0.036	37.708

3.2 配套技术

3.2.1 优化土肥水管理 开展梨园生草,保护梨园生态环境。可选择抗性强、覆盖地面快、较矮且整齐、与梨无共生病虫害、具有较好的改良土壤及保持水土功能的草类,推荐三叶草、毛/光叶苕子、箭筈豌豆、鼠茅草、黑麦草、紫花苜蓿等。可割刈后覆于树盘,提高土壤有机质。非生草区采用自然生草,放养草鸡、鹅抑制杂草的同时,还可部分消灭害虫,提高土壤肥力水平。麦收后,将麦秆覆于梨园,抑制杂草,同时秸秆腐烂提高土壤有机质。建立肥水一体化系统,通过管道输送水肥,采用微灌带在树下浇灌水肥,可精准控制水肥条件,避免水肥严重流失对环境造成污染。合理使用肥料,以施有机肥为主,配合使用生物菌肥,提高梨的品质。幼树套种绿肥,夏季割刈绿肥进行树盘覆盖,秋季结合扩穴施肥将足量有机肥深埋,改善果园土壤状况。成年树施肥,主要施芽前肥、壮果肥、采果肥。芽前肥施于萌芽初,壮果肥施于新梢停止生长时,控制

氮肥使用量,适当增施磷钾肥,成熟期控肥、控水。采果肥施于果实采收后。每次每株施有机肥料 10~15 kg。

3.2.2 最佳采摘期选择技术 梨果实发育期为 120~150 d,苏翠 1 号露天梨成熟早,在 7 月中旬果实成熟,成熟期历时较长,成熟后期营养品质指标值下降。成熟期中期 7 月 16—31 日采摘的梨果品质比较优良,且可溶性固形物含量达到 12% 以上,即可采收。

3.2.3 全程质量控制及溯源技术 搭建区块链溯源管理平台,对梨的种植管理技术要求为建立科学、高效、安全的管理体系。平台系统包括展现层、应用层(具体功能与应用组件)、数据层、技术支撑层 4 大层面,核心技术包括:农业标准化过程管控技术,基于区块链的深度溯源技术、智慧生产管理追溯系统及微信小程序应用。该系统平台可实现对基地作物的全部生产环节进行智能化管理,有助于农产品元数据采集和管理,明确了作物的生产者和

产地,关联生产过程信息,包括产地环境、投入品使用、农事生产、检测检验、加工存储等,相关数据均通过区块链技术进行分布式存储,大大提高数据可信度,降低数据安全成本和管理成本,一旦出现食品安全事故,能够快速准确追责,提高监管效率。

4 结论

本研究经产业调研和文献调研并结合相关标准,确定各产品营养品质指标筛查范围并对样品相关指标进行筛查检测。在对检测结果进行初步分析、聚类分析和主成分分析的基础上,再对其进行因子分析,通过对不同营养品质指标检测数据的处理、提炼,以及与对照组进行对比、分析,构建江苏绿色食品梨的特征营养品质指标系统;经相关性分析解析特征营养品质的影响因子,结果表明梨的特征性品质评价指标为果糖、山梨醇、可滴定酸、苹果酸、维生素 C、Ca 和 Mg 含量,露天和套袋 2 种栽培模式下,露天种植模式的石细胞含量更低,口感更好,果糖、葡萄糖、柠檬酸、Mn 和 Se 含量较高;最适采摘期研究表明,露天梨采摘早于套袋梨,且二者成熟期中期采摘的梨果品质比较优良;决定梨品质形成的关键可控环境因子为土壤 pH 值、速效磷含量、速效钾含量、全氮含量和有机质含量。以影响农产品特征营养品质的关键或者重要影响因子做为突破口,形成区域适宜性梨品种选择技术、口感与风味调控栽培关键技术,以及优化水肥土管理、最佳采摘期选择、全程质量控制及溯源配套技术,并以此为核心构建江苏绿色优特农产品营养品质保持的生产技术体系。

参考文献:

[1] 韩玉玲,姚瑶,施宇恬,等. 我国地理标志农产品研究现状与展望[J]. 江苏农业科学,2022,50(15):232-239.

[2] Akagić A, Oras A, Gaši F, et al. A comparative study of ten pear (*Pyrus communis* L.) cultivars in relation to the content of sugars, organic acids, and polyphenol compounds [J]. Foods, 2022, 11(19):3031.

[3] 徐国平,何井瑞,高学双. 宿迁市梨产业状况及发展思考[J]. 农业开发与装备,2021(12):52-53.

[4] 施宇恬,王玉玲,曹爱兵,等. 江苏省地理标志农产品发展现状及建议[J]. 农产品质量与安全,2022(2):24-28.

[5] Liu C, Li H L, Ren A H, et al. A comparison of the mineral element content of 70 different varieties of pear fruit (*Pyrus ussuriensis*) in China[J]. PeerJ, 2023, 11:e15328.

[6] 曹晓云,刘永富,石娟华,等. 东北地区秋子梨果实糖酸、酚类成分及其生物活性分析[J]. 沈阳农业大学学报,2021,52(2):145-152.

[7] 乔峰,王敬民,李敬华,等. 不同品种授粉树对池梨果实品质的影响[J]. 农业科技通讯,2021(4):179-182.

[8] 田瑞,胡红菊,杨晓平,等. 梨果实石细胞研究进展[J]. 南方园艺,2010,21(6):49-52.

[9] 王伟明,董大明,郑文刚,等. 梨果糖浓度近红外漫反射光谱检测的预处理方法研究[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(2):359-362.

[10] 王铭海,郭文川,谷静思,等. 成熟期梨可溶性固形物含量的近红外漫反射光谱无损检测[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(12):113-119.

[11] 刘振艳,陈晓婷,朱金峰,等. 微波消解-ICP-MS 法测定 10 种鲜食梨中矿质元素及评价[J]. 中国食品添加剂,2022,33(8):195-201.

[12] 王荣敏. 梨果实内种子数量对果实大小及可溶性固形物的影响[J]. 河北果树,2017(2):13,15.

[13] 赵欣,梁克红,朱宏,等. 不同品种梨营养品质及风味物质比较研究[J]. 食品安全质量检测学报,2020,11(21):7797-7805.

[14] 田有文,吴伟,卢时铅,等. 深度学习在水果品质检测与分级分类中的应用[J]. 食品科学,2021,42(19):260-270.

[15] Jiang W, Yan P, Zheng Q Q, et al. Changes in the metabolome and nutritional quality of pulp from three types of korla fragrant pears with different appearances as revealed by widely targeted metabolomics [J]. Plants, 2023, 12(23):3981.

[16] 施露,高庆超,李亚辉,等. 梨果实品质的研究进展与潜在技术应用展望[J]. 江苏农业学报,2022,38(2):567-576.

[17] 叶伟宗,陆宏,石伟勇,等. 沼液灌溉对梨品质和土壤肥力及环境质量的影响[J]. 上海农业科技,2007(6):76-77.

[18] 童盼盼,王龙,张亚若,等. 有机肥和菌肥对库尔勒香梨果实品质及香气的影响[J]. 华中农业大学学报,2021,40(4):114-122.

[19] 方丽,刘英. 宿迁地区 4 个梨树主栽品种性状观察[J]. 现代农业科技,2017(17):81,85.

[20] 木合塔尔·扎热,阿卜杜许库尔·牙合甫,故丽米热·卡克什,等. 新疆地方品种梨果实品质性状综合评价[J]. 农业工程学报,2021,37(7):278-285.