

不同采烤方式烟叶变黄末期主要内含物质动态分析

罗 若

四川省农业科学院园艺研究所 成都 锦江 610000

【摘 要】 为明确不同采烤方式对烟叶变黄末期品质形成的影响，本文以云烟 87 中部烟叶为试验材料，设置剥叶采烤、带茎采烤、延迟采烤 3 种处理，系统分析采后至变黄末期（0-60h）烟叶水分、色素、糖类、含氮化合物及关键酶活性的动态变化特征。结果表明：带茎采烤可延缓烟叶脱水与叶绿素降解，变黄末期淀粉降解更充分，烟碱与总氮含量较高；剥叶采烤失水快，还原糖积累显著；延迟采烤物质转化滞后，内含物含量偏低。研究结果为优化烟叶采烤工艺、提升烤后品质提供理论依据。

【关键词】 采烤方式；烟叶；变黄末期；内含物质；动态变化

1 引言

变黄末期是烟叶烘烤的关键转折期，此阶段水分、色素、糖类及含氮化合物的转化程度直接决定烤后烟叶的色泽、香气与可用性。采烤方式作为连接田间成熟与烘烤调制的核心环节，通过改变烟叶离体状态与生理代谢，显著影响变黄阶段物质转化进程。

当前生产中主流采烤方式包括剥叶采烤、带茎采烤与延迟采烤，不同方式在失水速率、酶活性调控及物质转化效率上差异显著。已有研究多聚焦烤后烟叶品质分析，对变黄末期动态过程的系统比较不足。本文通过定点取样与动态检测，阐明 3 种采烤方式下烟叶变黄末期主要内含物质的演变规律，为完善采烤一体化技术体系提供数据支撑。

2 材料与方法

2.1 试验材料

试验于 2025 年在贵州烟区开展，供试品种为云烟 87，选取长势均匀、成熟度一致的中部烟叶（第 8-10 叶位）为材料。

2.2 试验设计

设置 3 种采烤处理：

（1）T1：剥叶采烤（对照），烟叶成熟后逐叶采摘，常规烘烤；

（2）T2：带茎采烤，整株带茎砍收，带茎入烤房烘烤；

（3）T3：延迟采烤，田间延迟 7 天采收，剥叶烘烤。

每处理 3 次重复，每重复选取烟叶 50 片，置于同一密集烤房，按常规变黄工艺（干球 38-42℃，湿球 36-38℃）处理。

2.3 测定指标与方法

（1）取样时间：采后 0h（鲜叶）、24h、36h、48h、60h（变黄末期）；

（2）水分含量：烘箱烘干法测定；

（3）色素含量：丙酮提取 - 分光光度法测定叶绿素 a、b 及类胡萝卜素；

（4）糖类物质：蒽酮比色法测定淀粉、总糖、还原糖；

（5）含氮化合物：凯氏定氮法测定总氮，紫外分光光度法测定烟碱；

（6）酶活性：氮蓝四唑光还原法测定 SOD，愈创木酚法测定 POD，紫外分光光度法测定淀粉酶。

2.4 数据处理

采用 Excel 2021 整理数据，SPSS 26.0 进行方差分析与相关性分析，Duncan 新复极差法进行多重比较（ $P < 0.05$ ）。

3 结果与分析

3.1 不同采烤方式对烟叶水分与色素动态的影响

3.1.1 水分含量变化

3 种处理烟叶水分含量随时间延长持续下降，处理间差异显著（图 1）。



不同采烤方式

（1）T1（剥叶采烤）失水最快，60h 含水率降至 62.35%，较初始下降 25.12 个百分点；

（2）T2（带茎采烤）失水平缓，60h 含水率 68.72%，显著高于其他处理（ $P < 0.05$ ）；

（3）T3（延迟采烤）失水介于两者之间，60h 含水率 65.41%。带茎采烤通过茎秆维管束持续供水，延缓烟叶脱水，使变黄期水分代谢更协调。

3.1.2 色素降解动态

叶绿素含量持续下降，类胡萝卜素降幅较小，处理间降解

速率差异显著（表 1）。

表 1 不同采烤方式烟叶变黄末期色素含量动态变化（mg/g）

时间 /h	处理	叶绿素 a	叶绿素 b	总叶绿素	类胡萝卜素
0	T1	1.82±0.05a	0.65±0.02a	2.47±0.07a	0.42±0.01a
0	T2	1.80±0.04a	0.64±0.02a	2.44±0.06a	0.41±0.01a
0	T3	1.78±0.05a	0.63±0.02a	2.41±0.07a	0.40±0.01a
60	T1	0.21±0.01c	0.08±0.01c	0.29±0.02c	0.28±0.01b
60	T2	0.35±0.02a	0.12±0.01a	0.47±0.03a	0.32±0.01a
60	T3	0.27±0.01b	0.10±0.01b	0.37±0.02b	0.30±0.01ab

注：同列不同小写字母表示差异显著（P<0.05），下同。

变黄末期（60h），T2 总叶绿素含量显著高于 T1、T3，降解率仅 80.74%，而 T1 降解率达 88.26%，表明带茎采烤可延缓叶绿素降解，避免过快失绿导致的品质下降。类胡萝卜素降解平缓，T2 保留率最高，有利于烤后烟叶香气物质形成。

3.2 不同采烤方式对糖类物质动态的影响

3.2.1 淀粉含量变化

淀粉含量呈“降 - 升 - 降”波动下降趋势，变黄末期降解显著（图 2）。

（1）0-24h：T2 淀粉酶活性高，淀粉快速降解，降幅达 18.32%；

（2）24-48h：淀粉短暂回升，T1 回升幅度最大；

（3）60h（变黄末期）：T2 淀粉含量降至 3.21%，显著低于 T1（4.58%）与 T3（4.12%），降解更彻底，有利于降低烤后烟叶淀粉残留，提升吸食品质。

3.2.2 总糖与还原糖含量变化

总糖先降后升，还原糖持续上升，处理间积累量差异显著（表 2）。

表 2 不同采烤方式烟叶变黄末期糖类含量动态变化（%）

时间 /h	处理	总糖	还原糖
0	T1	12.35±0.32a	4.21±0.11a
0	T2	12.18±0.28a	4.15±0.09a
0	T3	11.92±0.30a	4.08±0.10a
60	T1	18.72±0.41a	10.35±0.22a
60	T2	16.58±0.35b	8.72±0.18b
60	T3	15.21±0.31c	7.93±0.16c

变黄末期，T1 还原糖含量最高（10.35%），较初始增长 145.84%，显著高于 T2、T3，这与剥叶采烤失水快、酶解反应集中有关。T2 总糖与还原糖含量适中，糖碱比更协调，利于形成醇和香气。

3.3 不同采烤方式对含氮化合物动态的影响

3.3.1 总氮含量变化

总氮含量持续下降，变黄末期降解速率放缓（图 3）。

（1）60h 时，T2 总氮含量降至 2.35%，显著高于 T1（2.12%）与 T3（2.05%）；

（2）T3 因田间延迟，氮素消耗多，含量最低。带茎采烤可减少氮素流失，维持适宜氮水平，避免烤后烟叶刺激性过强。

3.3.2 烟碱含量变化

烟碱含量呈缓慢上升趋势，处理间差异显著（表 3）。

表 3 不同采烤方式烟叶变黄末期烟碱含量动态变化（%）

时间 /h	T1	T2	T3
0	1.85±0.04a	1.82±0.03a	1.78±0.04a
24	1.92±0.05b	2.01±0.04a	1.85±0.03b
48	2.05±0.04b	2.18±0.05a	1.93±0.04b
60	2.12±0.05b	2.25±0.04a	1.98±0.03b

变黄末期，T2 烟碱含量达 2.25%，显著高于其他处理，这与带茎采烤烟碱合成与转运持续进行有关，可提升上部烟叶烟碱含量，改善劲头不足问题。

3.4 不同采烤方式对关键酶活性动态的影响

3.4.1 SOD 与 POD 活性变化

SOD 活性先升后降，POD 活性持续上升，处理间峰值与持续时间差异显著（图 4、图 5）。

（1）SOD：T2 在 24h 达峰值（185.32 U/g·h），显著高于 T1、T3，清除活性氧能力强，减轻膜损伤；

（2）POD：T1 在 60h 活性最高（125.67 U/g·h），T2 次之，T3 最低，表明剥叶采烤氧化反应剧烈，易引发褐变。

3.4.2 淀粉酶活性变化

淀粉酶活性呈“单峰”曲线，24h 达峰值，T2 峰值最高（图 6）。

（1）0-24h：T2 淀粉酶活性显著高于 T1、T3，淀粉快速降解；

（2）24h 后：活性下降，60h 时 T2 活性低于 T1、T3，淀粉降解趋于平缓，避免过度降解导致还原糖过高。

4 讨论

变黄末期是烟叶物质转化的关键期，水分、色素、糖类、含氮化合物及酶活性的动态平衡直接决定烤后品质。本研究表明，3 种采烤方式通过调控离体烟叶生理代谢，显著改变变黄末期物质转化进程。

带茎采烤延缓烟叶脱水与叶绿素降解，使变黄期水分与色素代谢更协调；淀粉酶活性前期高、后期低，淀粉降解充分且还原糖积累适中；SOD 活性高、POD 活性低，抗氧化能力强，降低褐变风险；烟碱与总氮含量较高，糖碱比协调，利于形成香气浓郁、劲头适中的优质烟叶。

剥叶采烤失水快，叶绿素降解剧烈，还原糖大量积累，虽甜度高，但易导致烤后烟叶香气平淡、刺激性偏大。延迟采烤

因田间养分消耗，内含物质含量偏低，物质转化滞后，烤后烟叶香气不足、品质较差。

综上，带茎采烤可优化烟叶变黄末期物质转化，是提升中部烟叶品质的优选方式；生产中可根据品种特性与市场需求，合理选择采烤方式，实现烟叶品质与效益最大化。

5 结论

(1) 带茎采烤延缓烟叶脱水与叶绿素降解，变黄末期含水率与叶绿素含量显著高于剥叶采烤与延迟采烤，代谢更协调。

(2) 变黄末期，带茎采烤淀粉降解最充分 (3.21%)，还原糖积累适中 (8.72%)；剥叶采烤还原糖最高 (10.35%)；延迟采烤内含物含量最低。

(3) 带茎采烤烟碱 (2.25%) 与总氮 (2.35%) 含量显著高于其他处理，糖碱比协调，利于改善烟叶劲头与香气。

(4) 带茎采烤 SOD 活性高、POD 活性低，抗氧化能力强，淀粉酶活性峰值高、后期下降快，物质转化更合理。

参考文献:

- [1] 王新旺, 张时旭, 李文卿, 等. 烘烤过程中变黄期湿球温度对翠碧一号烟叶品质与代谢物转化的影响 [J]. 烟草科技, 2024, 57 (5): 45-52.
- [2] 李冠辉, 韦斌, 方正华, 等. 不同采收方式对上部烟叶变黄失水规律及品质的影响 [J]. 贵州农业科学, 2025, 53 (3): 67-72.
- [3] 刘军红, 丁炜. 日光温室茄子无公害高产栽培技术 [J]. 中国农技推广, 2025, 41 (2): 45-48.
- [4] 张敏, 谈杰. 茄子露地栽培技术要点 [J]. 湖北农业科学, 2024, 63 (12): 78-81.
- [5] 陈火英. 茄子优质高效栽培技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2022.
- [6] 黄富嵩, 陈斌, 卢彬荣, 等. 上部 4 片烟叶不同采收方式对烟叶产质量的影响 [J]. 福建农业科技, 2025, 56 (3): 60-65.
- [7] 韦克苏, 高正锋, 武圣江, 等. 带茎采烤上部烟叶品质的关键影响指标分析 [J]. 中国农学会期刊群, 2024 (5): 32-38.
- [8] 国家烟草专卖局. YC/T 142-2010 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 蒽酮比色法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.