

基于序贯检验的直播助农产品质量动态管控研究

谢 洋

贵州大学数学与统计学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2025年11月4日; 录用日期: 2025年11月18日; 发布日期: 2025年12月16日

摘要

随着电商直播行业的迅猛发展,虚假宣传等质量问题频繁出现,严重影响了消费者的信任和行业的可持续发展。传统的质量检验方式由于耗时长、成本高且无法实时监控,难以适应电商直播高时效、快节奏的销售模式,尤其是在农产品直播带货中。鉴于此,本文引入了序贯检验方法,该方法以其灵活性高、成本低和实时性强的优势,为电商直播中的农产品质量管控提供了新的解决方案。本文构建了基于序贯检验的电商直播农产品质量动态管控模型,通过实时采集和分析数据,结合不同农产品的特性,制定相应的检验策略,明确检验次数与样本量,并通过案例分析展示了该模型的具体应用和有效性。此外,本文从电商直播企业和监管部门两个角度提出了具体的实施建议,包括构建完善的质量管理体系、完善标准与规范、强化监督检查等。本研究旨在为电商直播行业的持续健康发展提供理论依据与实践参考,通过提升质量管控效率和增强消费者信任,推动电商直播行业的规范化和可持续发展。

关键词

序贯检验, 电商直播, 产品质量, 动态管理研究

Research on Dynamic Quality Control of Live Streaming Agricultural Products Based on Sequential Testing

Yang Xie

School of Mathematics and Statistics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: November 4, 2025; accepted: November 18, 2025; published: December 16, 2025

Abstract

With the rapid development of e-commerce live streaming, quality issues such as false advertising

frequently occur, which seriously affect consumer trust and the sustainable development of the industry. Traditional quality inspection methods, due to their long duration, high cost, and inability to monitor in real-time, are not suitable for the high-efficiency and fast-paced sales model of e-commerce live streaming, especially in the context of agricultural product live streaming. In view of this, this paper introduces the sequential testing method, which, with its high flexibility, low cost, and strong real-time capabilities, provides a new solution for the quality control of agricultural products in e-commerce live streaming. This paper constructs a dynamic quality control model for agricultural products in e-commerce live streaming based on sequential testing. By collecting and analyzing data in real-time and combining the characteristics of different agricultural products, corresponding inspection strategies are formulated, specifying the number of inspections and sample sizes. The specific application and effectiveness of the model are demonstrated through case analysis. In addition, this paper proposes specific implementation suggestions from the perspectives of e-commerce live streaming companies and regulatory authorities, including building a sound quality management system, improving standards and regulations, and strengthening supervision and inspection. This study aims to provide theoretical basis and practical reference for the sustainable and healthy development of the e-commerce live streaming industry, enhance consumer trust by improving quality control efficiency, and promote the standardization and sustainable development of the e-commerce live streaming industry.

Keywords

Sequential Testing, E-Commerce Live Streaming, Product Quality, Dynamic Management Research

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着数字技术的飞速发展，电商直播助农作为一种新兴的销售模式，为农产品的销售开辟了新的渠道，极大地促进了农业产业的发展。农业农村部数据显示，2023年，全国农村网络零售额达25,000亿元，比2014年增长近13倍；全国农产品网络零售额达5870.3亿元，同比增长12.5%，直播助农迎来了高速发展时期[1]。此外，根据《2024年度中国直播电商市场数据报告》[2]，电商直播在农产品销售中的应用显著增加，2024年直播电商交易规模达到53,256亿元，同比增长8.31%。然而，在直播助农的快速发展过程中，产品质量问题逐渐凸显，虚假宣传、质量参差不齐等现象频繁出现[3]，严重影响了消费者的信任和行业的可持续发展。例如，四川省凉山州多名粉丝数百万的“网红”因虚假宣传、销售假货被查，涉案金额超千万元。这些问题不仅损害了消费者的合法权益，也挫伤了农户的积极性，影响了农产品直播电商行业的健康发展[4]。

传统的质量检验方式在直播助农的场景下显得力不从心。一方面，农产品具有易腐性、季节性和种类繁多的特点，传统的全面检验方式耗时长、成本高，无法满足直播助农高时效、快节奏的销售需求[5]。例如，对农产品进行农药残留检测，因样本量巨大，工作复杂，通常需要数小时才能得出结果。另一方面，传统的检验方式在面对直播助农中农产品质量波动大、来源分散等问题时，容易出现误判和漏判的情况，难以有效保障农产品的质量[6]。

在这种背景下，序贯检验作为一种新型的质量检验方法[7]，以其灵活性高、成本低、实时性强和适应性强的优势，为直播助农中的农产品质量管控提供了新的解决方案。序贯检验能够根据检验结果随时

调整检验策略，适应不同的质量要求和检验条件。它通过合理安排检验次数和样本量，减少了不必要的检验工作，降低了检验成本，同时能够对产品质量进行实时监控，及时发现质量问题并采取措施[8]。序贯检验在直播助农中的应用，不仅可以满足农产品的时效性要求，提高质量管控效率，还能增强消费者对直播助农的信任，推动行业的规范化和可持续发展。

从经济角度来看，序贯检验的应用能够为直播助农带来显著的经济效益。通过降低检验成本和提高检验效率，电商直播企业可以减少不必要的开支，提高经济效益。同时，高质量的农产品能够增强消费者的购买意愿，提高消费者满意度，从而增加销售额和市场份额。此外，良好的质量管控还能减少售后纠纷，降低企业的运营风险，为电商直播企业创造更加稳定的经营环境。对于监管部门而言，序贯检验的应用能够提高监管效率，降低监管成本，更好地保障消费者的合法权益，促进直播助农行业的健康发展[9]。

2. 直播助农产品质量现状与问题

2.1. 电商直播农产品的特点

1. 易腐性：农产品大多具有易腐性，如新鲜水果、蔬菜等，从采摘到销售的全过程需要在较短时间内完成，据《中国农产品冷链物流发展报告(2023)》显示，我国果蔬冷链流通率仅为 35%，远低于欧美 90% 以上水平，导致直播带货中约 20% 的生鲜农产品在运输中发生品质降级(国家发改委，2023)。

2. 季节性：农产品的生产受自然季节的影响较大，具有明显的季节性。这就导致了在特定季节内农产品大量集中上市，电商直播销售时需要在短时间内处理大量的产品，对质量管控的效率和准确性提出了更高的要求。2024 年抖音电商数据显示，“618”期间荔枝类目 GMV 同比增长超 300%，但集中上市导致供应链承压，退货率飙升至 18.7%，远高于日常水平。

3. 来源分散：据农业农村部《2023 年新型农业经营主体发展报告》，全国小农户占比仍高达 88%，电商直播中的农产品往往来源于这些不同的农户、种植基地或供应商，其生产环境、种植技术、管理水平等都存在差异，这就导致了农产品的质量参差不齐，增加了质量管控的难度。而且，由于来源分散，一旦出现质量问题，追溯起来也比较困难，难以快速准确地找到问题的源头。

2.2. 电商直播中农产品质量存在的问题

1. 虚假宣传：部分电商直播主播为了吸引观众、提高销量，存在对农产品进行虚假宣传的行为，如夸大产品的功效、产地、品质等，误导消费者购买。此外，还存在重量与直播间宣传不符、缺斤少两的情况，以及对农产品的农药残留水平虚假宣传，声称产品符合相关标准，但实际上农药残留超标，严重损害了消费者的合法权益，也破坏了电商直播行业的信誉。例如：2023 年四川省凉山州警方侦破的“网红带货假大凉山苹果”案就是典型：涉案团队宣称所售苹果“高原有机种植、无农药残留”，实际全部采购自外地批发市场，随附的农残检测报告系伪造，涉案金额高达 1000 万元¹。

2. 质量参差不齐：由于农产品来源分散，不同来源的产品质量差异较大，且在直播销售过程中，一些商家为了追求利润最大化，可能会降低质量标准，导致市场上销售的农产品质量良莠不齐。消费者在购买时难以准确判断产品质量，容易购买到不符合质量要求的产品，影响了消费者的购买体验和对电商直播的信任度。

3. 售后纠纷多：由于农产品的质量问题难以在购买前完全准确判断，消费者在收到产品后可能会发现与宣传不符或存在质量问题，从而引发售后纠纷。而电商直播企业往往在售后处理方面存在不足，如退换货流程繁琐、赔偿不及时等，进一步影响了消费者的满意度和对电商直播的信任度。例如：黑猫投

¹https://jubao.xzdw.gov.cn/jsal/202403/t20240319_450482.html.

诉平台数据显示,2024年涉及“直播农产品”的投诉达1.8万条,同比增长47.6%,其中“货不对板”“缺斤少两”“腐烂变质”为三大高频关键词²。

3. 直播助农中检验方式比较

3.1. 传统检验的局限性

在电商直播农产品质量管控中,经典检验方法(如全面检验、抽样检验等)虽然在传统场景下有一定的应用,但在电商直播这种高时效、快节奏的销售模式下,存在明显的局限性。这些局限性包括:

1. 耗时长:经典检验方法通常需要较长的时间来完成检验,如对农产品进行农药残留检测,因样本量巨大,工作复杂,通常需要数小时才能得出结果。这可能导致农产品在检验过程中变质,无法及时发货。
2. 成本高:全面检验需要对所有产品进行检测,成本高昂;而传统的抽样检验虽然成本相对较低,但样本量较大,且在面对农产品质量波动大、来源分散等问题时,容易出现误判和漏判的情况。
3. 无法实时监控:经典检验方法无法对产品质量进行实时监控,难以及时发现质量问题并采取措施。在电商直播中,农产品的质量可能会因运输、储存等环节发生变化,需要灵活调整检验策略,而经典检验方法难以满足这一需求。

3.2. 截尾序贯检验的优势

序贯检验作为一种新型的质量检验方法,以其灵活性高、成本低、实时性强和适应性强的优势,为电商直播中的农产品质量管控提供了新的解决方案。序贯检验的主要优势包括:

1. 灵活性强:可以根据检验结果随时调整检验策略,适应不同的质量要求和检验条件。
2. 成本低:通过合理安排检验次数和样本量,减少了不必要的检验工作,降低了检验成本。
3. 实时性强:能够对产品质量进行实时监控,及时发现质量问题并采取措施。
4. 适应性强:适用于各种类型的产品和检验场景,尤其是对于时效性强、质量波动大的农产品具有明显优势。

通过对经典检验的局限性和序贯检验的优势,可以更清晰地展示序贯检验在电商直播农产品质量管控中的重要性和必要性。

3.3. 截尾序贯检验的定义与原理

常见的质量参数分布有指数分布均值参数 θ 、正态分布均值参数 μ 等,现以这两者为例介绍截尾序贯检验的理论基础。

3.3.1. 指数分布截尾序贯检验

例如农产品农药残留水平,其中指数分布对某些农药的拟合接受率高,这表明指数分布可以较好地描述这些农药残留水平的分布情况。假设 X 单个农产品农药残留水平,其服从参数为 θ 的指数分布,其概率密度函数为:

$$f(x, \theta) = \begin{cases} \frac{1}{\theta} e^{-\frac{1}{\theta}x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

对于农药残留水平 θ 的假设检验通常如下:

²<https://tousu.sina.com.cn/>.

$$H_0: \theta = \theta_0 \text{ vs } H_1: \theta = \theta_1 (\theta_0 > \theta_1 > 0)$$

一般来说 θ_0 为相关执行标准中, 可售卖农药残留水平的最高值。对于上述假设检验, 统计学中犯两类错误概率满足以下约束条件:

$$\begin{cases} Pr(\text{reject } H_0 | \theta_0) \leq \alpha_0 \\ Pr(\text{reject } H_1 | \theta_1) \leq \beta_0 \end{cases}$$

其中称 (α_0, β_0) 为检验水平。令

$$S_m = \sum_{i=1}^m X_i, m = 1, 2, \dots$$

表示前 m 个样本的农药残留水平之和, 选择它作为检验统计量。显然 $S_m \sim \Gamma(m, \theta)$, 其概率密度函数为:

$$\gamma(s | m, \theta) = \begin{cases} \frac{s^{(m-1)} e^{-\frac{q}{q}}}{\theta^m (m-1)!}, & s \geq 0 \\ 0, & s < 0 \end{cases}$$

截尾序贯检验定义如下:

定义 3.1. 设 U_1, U_2, \dots, U_{r_0} 与 L_1, L_2, \dots, L_{r_0} 为两个非负实数的单调递增序列, 满足当 $i = 1, 2, \dots, r_0 - 1$ 时 $L_i < U_i$, 且 $L_{r_0} = U_{r_0}$ 。令

$$T = \begin{pmatrix} U_1 & U_2 & \dots & U_{r_0} \\ L_1 & L_2 & \dots & L_{r_0} \end{pmatrix}$$

此时, T 称为截尾序贯检验。 r_0 为样本量截尾值。 U_1, U_2, \dots, U_{r_0} 与 L_1, L_2, \dots, L_{r_0} 分别称为检验 T 的上边界与下边界。

对于式(2)中指定的假设, 决策规则如下: 若对于 $m = 1, 2, \dots, r_0$, $S_m \geq U_m$ 成立, 则终止检验并接受原假设 H_0 , 认为这一批农产品农药残留水平为 θ_0 , 则未达标, 不予售卖; 若对于 $m = 1, 2, \dots, r_0$ 满足 $S_m \leq L_m$, 则终止检验并拒绝原假设 H_0 , 则认为一批农产品农药残留水平为 θ_1 , 小于标准规定, 则可以售卖; 若对于 $m = 1, 2, \dots, r_0 - 1$ 满足 $L_m < S_m < U_m$, 则继续抽取下一个农产品进行检验。

3.3.2. 正态分布截尾序贯检验

在直播带货过程中, 农产品的克重是顾客极为关心的问题之一, 关乎到直播观众是否愿意买单。因此对于克重也应该进行严格检验。农产品克重一般服从参数为 μ 的正态分布(例如直播间标明单果克重 200 克)。

假设 Y 单个农产品克重, 其服从参数为 μ 的正态分布, 其概率密度函数为:

$$f(y | \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

同一般的对于克重 μ 的假设检验与式 1 类似:

$$H_0: \mu = \mu_0 \text{ vs } H_1: \mu = \mu_1 (\mu_0 > \mu_1 > 0)$$

则检验的统计量为前 n 个农产品克重之和:

$$S_n = \sum_{i=1}^n Y_i, n = 1, 2, \dots$$

其服从：

$$H(s | n, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi n \sigma^2}} \exp\left(-\frac{(s - n\mu)^2}{2n\sigma^2}\right)$$

其检验方案与指数分布类似，判别准则也一致，通过检验统计量和边界点的大小来进行决策。若继续实验，则通过增加样本量来继续检验；若检验通过，则将这一批农产品尽快发出，避免运输路程过长导致口感味道变差；若未通过检验，则标准为次品，从新上架链接并在直播间更改该批农产品的克重信息，这样既避免采摘后的农产品浪费，又保证了消费者的权益，减少不必要的售后和纠纷。

4. 直播助农质量检验模型构建与应用

4.1. 截尾序贯检验的操作流程

在电商直播农产品质量管控中，序贯检验的实际操作需依据农产品特性，精准采集关键质量参数。例如，对水果类农产品，采集重量和农药残留数据，接着，根据农产品的质量标准和风险等级，制定序贯检验策略。高风险农产品应设定更严格的检验水平和更高的检验频率，低风险农产品则可适当降低检验频率。通过分析待检参数的分布特性，建立截尾序贯检验方案，设定合理的检验统计量和判别准则。

在检验过程中，根据检验结果动态调整策略。若初步检验结果表明产品质量较高，可减少后续检验次数；若存在疑点，则增加检验次数或扩大样本量，确保质量符合标准。这种动态调整机制提高了检验效率，降低了误判和漏判的风险。

4.2. 案例分析

假设某地特色水果为苹果，欲要通过直播带货来销售从散货中收购的苹果，在发货前对其进行农药残留水平。根据《中华人民共和国国家标准 GB 2763-2021》[10]，苹果中甲胺磷的最大残留限量为 0.5 mg/kg，则假设检验可以表示如下：

$$H_0: \theta = 0.5 \text{ vs } H_1: \theta = 0.16$$

规定检验水平 $(\alpha_0, \beta_0) = (0.1, 0.1)$ ，通过执行标准 GOST 27.402 [11] 可知该假设检验下的截尾序贯检验方案如下：

$$T = \begin{pmatrix} 1.499 & 2.048 & 2.597 & 3.147 & 3.450 & 3.450 & 3.450 \\ 0 & 0.109 & 0.658 & 1.207 & 1.757 & 2.306 & 3.450 \end{pmatrix}$$

现对苹果进行残留水平检测，若检验结果如下： $X_1 = 0.41, X_2 = 0.23, X_3 = 0.12, X_4 = 0.34, \dots$ 通过判别准则，在前 3 个的 S_3 都处于继续实验的区域，当做到第 4 个时， $S_4 = 1.1 < 1.207$ 则拒绝原假设，认为该批苹果农药残留水平小于 0.5，即符合标准可以售卖。

5. 基于序贯检验的电商直播农产品质量管控实施策略

5.1. 电商直播企业的实施策略

电商直播企业应积极采用序贯检验方法，构建完善的质量管理体系，明确各部门职责，制定科学的检验计划，配备专业的检验人员和先进的检测设备，以确保检验工作的准确性和可靠性。同时，企业需加强人员培训，提升员工的质量意识和检验能力，营造全员关注质量的良好氛围。在供应链管理方面，

企业应与供应商建立紧密合作，确保产品质量，并选择可靠的物流合作伙伴，保障农产品在运输和储存过程中的质量。此外，企业应充分利用数字化技术，建立质量数据库，实现全程追溯，提升质量管控效率。

5.2. 监管部门的监管策略

监管部门应进一步完善质量标准和检验规范，细化序贯检验的操作细则，为电商直播企业提供明确的指导。强化监督检查机制，通过定期检查与随机抽查相结合的方式，确保企业落实质量管控措施。同时，监管部门应加强宣传与培训工作，提升企业和消费者的质量意识，促进企业间的经验交流。此外，监管部门应建立协同监管机制，加强多部门之间的沟通与协作，共享信息，提高监管效率，形成监管合力。

5.3. 消费者参与策略

消费者应提高自身质量意识，积极参与电商直播农产品的质量监督。监管部门和企业应畅通消费者反馈渠道，鼓励消费者参与质量评价和监督，形成全社会共同监督的良好局面。通过企业、监管部门和消费者的共同努力，推动电商直播农产品质量管控的规范化和可持续发展。

6. 结论与展望

6.1. 总结

本研究聚焦于电商直播农产品质量管控问题，引入序贯检验方法，构建了基于序贯检验的电商直播农产品质量动态管控模型。通过实时采集和分析数据，结合农产品特性，制定相应检验策略，明确检验次数与样本量。研究结果表明，序贯检验在电商直播农产品质量管控中具有显著优势，能有效解决传统检验方式的局限性，满足农产品时效性要求，提高质量管控效率并增强消费者信任。提出的实施策略涵盖电商直播企业、监管部门及消费者参与，为电商直播农产品质量管控的实施提供了明确指导。此外，序贯检验的应用还为电商直播企业带来显著经济效益，降低检验成本，增强消费者购买意愿，增加销售额和市场份额，减少售后纠纷，降低企业运营风险，为电商直播企业创造稳定经营环境。对于监管部门而言，序贯检验的应用能够提高监管效率，降低监管成本，更好地保障消费者的合法权益，促进直播助农行业的健康发展。

6.2. 展望

尽管本研究在电商直播农产品质量管控方面取得了一定成果，但在研究过程中，由于数据的局限性和实际应用的复杂性，模型的精度和可靠性还有待进一步提高。未来的研究可以从以下几个方面进行深入探索：一是进一步优化序贯检验模型，提高模型的适应性和准确性，使其能够更好地应对不同类型农产品的质量管控需求。二是拓展序贯检验在电商直播其他产品中的应用，如工业品、日用品等，探索其在不同产品领域的应用效果和优化策略。三是加强与电商平台、企业、监管部门等多方合作，开展实地调研和实验验证，积累更多实际数据，为模型的优化和应用提供更有力的支持。四是关注新兴技术的发展，如大数据、人工智能、物联网等，探索如何将这些技术与序贯检验相结合，进一步提升电商直播产品质量管控的智能化水平。通过这些努力，推动电商直播行业的规范化和可持续发展，为消费者提供更优质的产品和服务。

参考文献

- [1] 丁晓. 直播助农赋能乡村振兴的发展路径研究[J]. 乡村科技, 2024, 15(11): 4-7.
- [2] 网经社. 2024 年中国直播电商市场数据报告[EB/OL]. <https://www.100ec.cn/zt/2024zbds/>, 2024-12-31.
- [3] 徐博. 电商直播中我国食品虚假宣传监管现状与对策建议[J]. 食品科学技术学报, 2021, 39(6): 22-27.

-
- [4] 刘惠明, 王玉琪. 直播销售模式下农产品质量安全问题及法律规制探究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(8): 3387-3391.
 - [5] 周晓波, 尹超, 王鹏, 等. 农产品供应链中质量检验检测的标准化与协同机制研究[J]. 中国标准化, 2025(12): 159-163.
 - [6] 管庆林. 县级农产品质量安全检测存在问题浅析及建议[J]. 现代食品, 2024, 30(20): 170-172.
 - [7] 陈家鼎. 序贯分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 1995.
 - [8] 陈慧娟, 胡思贵, 方茂达. 关于序贯检验相关研究的文献综述[J]. 运筹与模糊学, 2022, 12(4): 1251-1264.
 - [9] 龙荣进, 胡思贵, 叶茂越. 改进的 T-SPRT 在电子商务产品质量检验中的应用[J]. 电子商务评论, 2024, 13(2): 1368-1377.
 - [10] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. GB2763-2021 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量[S/OL]. 2021-03-03. <http://www.aqsc.org>, 2024-10-28.
 - [11] 俄罗斯国家标准局. GOST R 27.402 可靠性技术——平均故障间隔时间或故障前平均工作时间的符合性检验计划——第 1 部分: 指数情况[S]. 莫斯科: 俄罗斯国家标准局, 1996.