



초기 비용을 넘어: LC 투자의 전체 수명주기 가치 실현

실험실 관리자와 분석
과학자가 더 스마트한 LC
결정으로 투자 수익률을
극대화하고, 숨겨진 비용을
최소화하며, 지속 가능한
수익성을 주도하는 방법



목차

요약 3

 의사결정자를 위한 전략적 인사이트 4

 핵심 가치 요약 5

LC 소유 비용을 실제로 좌우하는 요인 6

 효율성 증대와 비용 절감을 위한 가이드 7

 소유 비용이 중요한 이유 8

 가격표 그 이상:
 LC의 실제 비용 이해 9

 TCO 투명성이 중요한 이유 10

 초기 투자 비용:
 초기 지불 금액 12

 장기적 관점:
 숨겨진 비용과 지속적 지출 13

 LC에서 시료 경제성이 투자 수익률에 미치는 영향 14

비용에서 처리량까지:
UHPLC가 HPLC를 앞서는 이유 16

투자를 결과로 전환:
LC 수익성 극대화 19

Agilent InfinityLab LC 시스템이 지속 가능한 수익을 창출하는 방법 21

실질적인 성과:
Infinity III LC 기기를 사용한 비용 절감 27

결론:
스마트한 LC 투자가 수익성이 높은 이유 29

참고 자료 30

추가 정보 및 연락처 31

요약

실험실 관리자와 사업주에게 주는 가치

이 eBook은 LC 투자를 단순한 거래 구매에서 전략적 비즈니스 결정으로 재구성하는 데이터를 중심으로 한 포괄적인 가이드입니다. 이 가이드는 실험실 성과, 비용 통제, 장기적 수익성을 책임지는 의사 결정자에게 명확하고 실행 가능한 인사이트를 제공합니다.



의사결정자를 위한 전략적 인사이트

실험실 관리자

워크플로를 최적화하고 가동 중단 시간을 줄이며 실제 데이터로 업그레이드의 정당성을 설명할 수 있는 도구로 활용해 보세요.

사업주/CEO

LC 투자가 수익성, 확장성, 경쟁 우위에 직접적으로 어떤 영향을 미치는지 확인하세요.

구매 담당자

최저 초기 비용이 최상의 가치를 의미하지 않는 이유를 이해하고, 더 스마트한 거래를 보장할 수 있는 방법을 알아 보세요.

분석자

수동 작업 감소와 더 향상된 교육, 그리고 더 신뢰성 있는 결과의 이점을 누리 보세요.



핵심 가치 요약

핵심 가치	중요한 이유	비즈니스 효과
총 소유 비용(TCO) 투명성	많은 실험실이 초기 비용에 집중하지만, 이 eBook은 숨겨진 비용(가동 중단, 유지보수, 교육, 인프라)이 어떻게 투자 수익률을 저하시킬 수 있는지 보여줍니다.	관리자가 허울뿐인 절약을 피하고 수명 주기를 기반으로 하는 더 스마트한 구매 결정을 내리는 데 도움을 줍니다.
정량화된 투자 수익률 비교: HPLC 대 UHPLC	표와 인포그래픽에 따르면 UHPLC는 HPLC 대비 최대 5.4배 높은 처리량과 5배 낮은 시료당 비용을 실현합니다.	시스템 업그레이드에 대한 명확한 재무 모델링 및 정당성을 제공합니다.
스마트 자동화 = 시간 및 비용 절감	- Agilent InfinityLab Assist: 펄지, 진단, 유지보수 자동화로 기기당 연간 최대 125.5 시간을 절감합니다. - Agilent InfinityLab 레벨 감지: 펌프 및 컬럼 손상을 방지하여 연간 미화 1,500달러를 절감합니다. - Agilent BlendAssist 소프트웨어: 용매 낭비와 준비 시간을 줄여 연간 미화 900-1,200달러를 절감합니다.	이러한 기능은 인건비를 절감하고 오류를 방지하며 가동 시간을 늘려 효율적인 실험실 운영에 필수적입니다.
시료 경제성 및 수익성 모델링	상세 표를 통해 LC 유형별 분석 시간, 시료 처리량, 시료당 비용의 차이를 확인할 수 있습니다.	실험실 관리자는 시료당 수익과 투자 회수 기간을 계산할 수 있습니다(예: 고속 UHPLC는 표준 HPLC 대비 100배 빠른 투자 회수 달성).
위험 완화 및 규정 준수	- Agilent InfinityLab 시료 ID 리더: 수동 오류를 줄이고 추적성을 개선하여 연간 최대 135시간을 절감합니다. - ISET(Agilent Intelligent System Emulation Technology): 기기 간 분석법 이전을 지원하여 연간 최대 미화 16,000달러를 절감합니다.	규제 위험을 줄이고 감사 대비 태세를 강화하며 디지털 전환을 지원합니다.

LC 소유 비용을 실제로
좌우하는 요인

효율성 증대와 비용 절감을 위한 가이드

오늘날 경쟁이 치열한 실험실 환경에서 비용 통제는 더 이상 선택 사항이 아닌 전략적 필수 과제입니다. 이 eBook에서는 LC 기기의 전체 수명 주기 비용에 대한 이해를 통해 숨겨진 절감 효과를 발굴하고 가동 시간을 개선하며 더 스마트한 투자 결정을 내리는 방법을 알아봅니다. 숨겨진 비용부터 고효율 자동화에 이르기까지, 본 가이드는 UHPLC가 어떻게 시료당 비용을 5배 낮추고 투자 수익률(ROI)을 100배 빠르게 달성하며 연간 최대 20,000달러의 비용 절감을 실현하는지 밝혀 내며, 이를 통해 애질런트 LC 시스템이 장기적인 실험실 수익성을 위한 더 스마트한 선택임을 확인합니다.

UHPLC = 효율성+ ROI

UHPLC는 시료당 비용을 최대 5배 절감하고 처리량을 5.4배 증가시키며 HPLC 대비 최대 100배 빠르게 투자 수익률(ROI)을 달성합니다.

스마트한 기능, 실질적인 절감 효과

애질런트의 지능형 도구를 사용하면 연간 최대 미화 20,000달러를 절감할 수 있으며, 단일 LC 기기당 연간 최대 260시간의 추가 생산 가동 시간을 확보할 수 있습니다.

초기 비용이 낮다고 총 비용이 낮은 것은 아닙니다

저가형 LC 기기는 빈번한 유지보수, 가동 중단 시간 및 신뢰성 문제로 인해 장기적으로 더 높은 비용이 발생합니다.

가치 이해를 통한 수익 증대

애질런트 LC 시스템은 더 긴 수명과 더 높은 재판매 가치, 최대 가동 시간을 제공합니다.

소유 비용이 중요한 이유

현대 실험실은 데이터 품질을 저하시키지 않으면서 더 빠르고 비용 효율적인 결과를 제공해야 하는 지속적인 압박을 받고 있습니다. 이는 환경 테스트, 식품 안전, 제약과 같은 규제가 엄격한 분야에서 특히 그렇습니다.

이 eBook은 LC 운영의 주요 비용 요인을 살펴보고, 실용적인 비교를 제공하며, 더 스마트한 투자 결정을 지원하는 실행 가능한 인사이트를 제시합니다. 예시 계산은 설명을 위한 것이며 완전하지 않습니다.

많은 실험실이 규제 요구사항 증가와 시장 가격 압박, 고객 기대치 증가로 인해 수익성 문제에 직면하고 있습니다. 경쟁력을 유지하려면 실험실이 핵심 역량에 집중하고 비핵심 활동을 최적화하는 것이 필수적입니다.

이러한 비핵심 활동 중 하나는 LC 기기의 수명 주기 관리로, 구매 및 설치부터 운영, 유지보수, 수리, 최종 교체에 이르기까지의 전 과정을 포함합니다.

이러한 수명주기 비용의 이해와 관리는 전략적 이점을 제공합니다. 모범 사례에는 데이터 품질이나 규정 준수를 저해하지 않으면서 사례에 기반하여 비용을 조정하고 예측 가능한 비용 절감 기회를 활용하는 노력이 포함됩니다.

정기적인 유지보수나 예상치 못한 고장으로 인한 워크플로 중단은 실험실 효율성을 저하시키고 운영 비용을 증가시킬 수 있습니다. 계획되지 않은 수리 및 가동 중단은 LC 기기의 장기적 경제적 성과와 총 소유 비용에 상당한 영향을 미칩니다.

가격표 그 이상: LC의 실제 비용 이해

총 소유 비용(TCO)은 실험실 관리자가 LC 기기의 전체 수명 주기에 걸쳐 구매 및 운영 시 발생하는 직접적 비용과 숨겨진 비용을 모두 파악할 수 있도록 돕는 포괄적인 재무 추정치입니다. 이러한 비용은 초기 가격표를 훨씬 뛰어넘으며 기기, 인프라, 실험실 구성에 따라 크게 달라질 수 있습니다(그림 1 참조).



그림 1. TCO 컨셉 - 구매 후 숨겨진 비용.

TCO 투명성이 중요한 이유

최저 구매 가격에만 집중하는 실험실은 초기 비용을 고려한 후에도 장기적으로 해당 기기에 더 많은 비용이 발생한다는 사실에 놀라는 경우가 많습니다. 그 이유는 다음과 같습니다.

구매 및 거래

대폭 할인된 가격은 신속한 결정을 유도할 수 있지만, 성능, 견고성, 사용성 측면의 단점을 가리는 경우가 많습니다. 이러한 "저가형" 기기에는 필수 액세서리나 서비스가 누락된 경우가 빈번하며, 이 경우 이후 추가 비용을 지불하고 별도로 구입해야 합니다. 추가 비용에는 리스 비용, 대출 이자, 운송비, 관세, 보험료, 감가상각비 등이 포함될 수 있습니다.

인프라 및 설치

LC 기기 설치에는 단순한 작업대 공간 이상이 필요할 수 있습니다. 검출기와 실험실 설정에 따라 가스 공급, 공기 배출, 서지 보호 장치, 심지어 실험실 확장 같은 추가 인프라가 필요할 수 있습니다. 기존 시스템과 통합하려면 배선 작업, 배관 공사 또는 소프트웨어 업그레이드도 필요할 수 있습니다.

운영 및 교육

지속적인 비용에는 에너지 소비, 용매, 컬럼, 바이알, 사용된 소모품의 적절한 폐기 등이 포함됩니다. 소프트웨어 업데이트와 통합 도구 또한 추가 비용을 발생시킵니다. 저가형 장비는 복잡하거나 직관적이지 않은 작동 방식으로 인해 교육이 더 많이 필요하고, 그에 따라 시간과 비용이 증가합니다.

스마트 유지보수를 통한 숨겨진 비용 절감

고품질 LC 시스템은 일반적으로 예측 가능한 연간 예방 유지보수가 필요하며, 부품 교체에 대한 알림 기능이 내장되어 있는 경우가 많습니다. 반면 저가형 기기는 일년에 2-3회 정도 정비가 필요할 수 있으며, 고장이 예측 불가능하고 가동 중단 시간이 길어질 수 있습니다. 또한 유지보수의 복잡성, 서비스 주기의 차이, 호환되지 않는 부품 등으로 인해 비용이 크게 증가할 수 있습니다.

기회 손실 및 가동 중단

LC 기기가 실험실의 역량을 제한할 경우 기회 비용이 발생합니다. 즉, 감도가 부족하거나, 흐름 안정성이 좋지 않거나, 최대 용량으로 계속 작동하게 되는 경우 등입니다. 이러한 제한은 수익 손실, 처리량 감소, 결과에 대한 신뢰성 저하로 인한 평판 손상으로 이어질 수 있습니다.

저품질 재료는 데이터 무결성에도 영향을 미칠 수 있습니다. 예를 들어, 습윤 부분에서 용출이 발생하면 결과가 왜곡되어 고객 신뢰를 훼손하고 계약 손실 위험을 초래할 수 있습니다. 이러한 숨겨진 비용은 연간 수천 달러를 쉽게 초과할 수 있으며, 이는 초기 절감액보다 훨씬 더 큰 규모입니다.

감가상각 및 폐기

고품질 LC 기기는 수명이 길고 재판매 가치가 유지되며 재활용 또는 폐기가 용이합니다. 저가형 시스템은 부품 교체 빈도가 높고, 폐기물이 더 많이 발생하며, 오염 제거 및 폐기 과정에서 더 큰 어려움을 초래할 수 있습니다. 고품질의 마모 부품은 세척 빈도를 줄이고 마모나 오염으로 인한 손상을 방지합니다.



초기 투자 비용: 초기 지불 금액

LC 기기 구매 시 초기 비용에는 단순한 가격표 이상의 요소가 포함됩니다. 이는 지역 상황, 구매자별 요구 사항, 국가별 규정에 따라 달라집니다. 이러한 요소는 리스, 할부 계획 또는 신용 구매와 같은 지불 옵션을 사용할 수 있는지 여부에 영향을 미칩니다.

추가 비용(예: 운송, 설치, 보험, 교육)은 구매 계약에 따라 포함될 수도 있고 포함되지 않을 수도 있습니다. 할인 혜택은 주문량이나 구매 빈도에 따라 달라질 수 있습니다. 경우에 따라 서비스 계약을 통해 교육 및 유지보수 비용을 초기 거래에 포함시킬 수도 있습니다.

LCGC 매거진의 2025년 발표 자료¹에 따르면, 분석용 LC 기기 사용자의 주요 의사결정 기준은 다음과 같습니다.

- 95%가 최고의 신뢰성을 우선으로 고려
- 92%가 최상의 성능을 추구
- 76%가 가격 대비 성능을 중시
- 68%가 최저 총 소유 비용(TCO)을 필수 요소로 고려

이러한 결과는 실험실 관리자가 초기 비용 절감뿐만 아니라 장기적 가치에 점점 더 주목하고 있음을 보여줍니다.

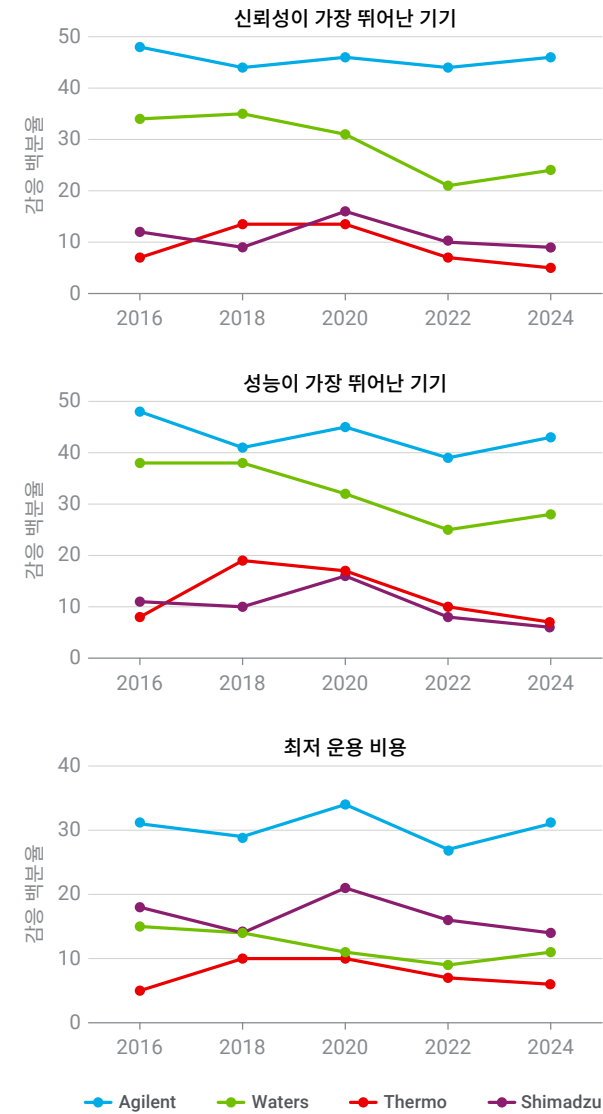


그림 2-4. LCGC 설문 조사 결과.¹

장기적 관점: 숨겨진 비용과 지속적 지출

초기 비용도 중요하지만, 장기적인 실험실 수익성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 실험실의 지속적인 운영 비용입니다. 효율적이고 비용 효과적인 LC 분석을 위해서는 비용을 낮게 유지하는 것이 필수적입니다.

반복적인 비용에는 정기 유지보수, 계획되지 않은 수리, 기기 가동 중단 시간으로 인한 생산성 손실이 포함됩니다. 이러한 작업 중단은 운영 비용을 증가시킬 뿐만 아니라 실험실 처리량과 신뢰성도 저하시킵니다.

기기 신뢰성은 일관된 결과뿐만 아니라 가동 중단 시간을 최소화하고 원활한 워크플로를 보장하는 데에도 매우 중요합니다. 제조사의 신뢰성도 마찬가지로 중요하며, 특히 다음 사항에 있어서는 더욱 그렇습니다.

- 이전 버전과의 호환성
- 분석법 이전 가능성
- 향후 업그레이드 가능성

이러한 요소는 LC 시스템의 실제 가성비에 직접적인 영향을 미칩니다.

그림 2-4는 수백 명의 LC 사용자로부터 얻은 피드백을 바탕으로 주요 제조업체의 신뢰성, 성능, 총 소유 비용(TCO)을 비교한 결과를 보여줍니다. 이러한 지표를 종합하면 어떤 공급업체가 전반적으로 가장 강력한 가치를 제공하는지 알 수 있습니다.

또 다른 주요 비용 요인은 용매 사용 및 폐기입니다. 용매는 종종 유해하며 관리 비용이 높습니다. 고품질 용매를 사용하면 일관된 분석 성능을 보장할 뿐만 아니라 폐기물과 재작업도 감소하여 총 운영 비용을 더욱 낮출 수 있습니다.

LC에서 시료 경제성이 투자 수익률에 미치는 영향

평균 분석 시간을 알면 일반적인 LC 응용 분야에서 LC 기기당 하루에 처리할 수 있는 시료 수를 쉽게 추정할 수 있습니다. 비용 항목을 근무일 기준으로 계산하여 LC 기기당 일일 인건비 및 소모 비용을 산출하면 시료당 평균 비용 추정이 가능합니다.

계산에 포함된 비용 항목이 많고 정확하며 포괄적일수록, 특정 기간 동안 LC 기기의 시료당 비용 및 총 소유 비용(TCO)을 더 정확하게 추정할 수 있습니다. 이 계산은 가장 빠른 투자 수익률(ROI)을 달성하기 위한 최적의 LC 기기를 결정하는 데 도움이 됩니다.

표 1에는 일반적인 HPLC 분석에 대한 간략한 비용 내역이 제시되어 있습니다. 이 예시에서는 평균적인 HPLC 기기의 구매 가격이 미화 40,000달러로 가정됩니다. 일일 인건비 및 간접비는 400달러로 추정되며, 이는 단일 HPLC 기기의 공급 및 운영에 필요한 모든 비용(관련 실험실 인프라 포함)을 포함하나, 평균적인 HPLC 분석에 사용되는 HPLC 컬럼 및 용매 비용은 제외됩니다. 이 예시 실험실의 근무 시간은 하루 10시간이며, 연간 260일 동안 작업이 수행됩니다.

유지보수 및 문제 해결을 위한 가동 중단 시간은 LC 기기 가용성 감소와 이에 따른 시료 분석 건수 감소를 계산하여 반영되며, 관련 비용은 내부 인력 또는 서비스 계약으로 충당됩니다. 수리 시에도 가동 중단 시간이 적용되나,

서비스 기술자에 대해 추가 비용이 발생합니다. 원칙적으로 비용 항목을 더 추가할 수 있지만, 표 1에 나열된 항목만으로도 예시 계산에는 충분합니다. 이 예시에서 시료당 비용은 미화 21달러입니다.

표 1에 제시된 시료당 단순 총비용 계산은 일반적인 관행으로 유사한 템플릿이나 계산법을 온라인에서 찾아볼 수 있습니다. 표 1의 회색 값을 대체하여 사례별 비용 계산이 가능합니다. 이 간단한 계산에는 일부 일상적인 반복 작업이 누락된 것처럼 보이지만, 여기에는 이유가 있습니다.

사용 패턴이나 분석량에 따라 LC 기기 준비에는 시간이 많이 소요될 수 있습니다. 필수적인 작업에는 기기 가동 시 또는 용매병이나 LC 컬럼 교체 후 퍼지 및 평형화, 시스템 적합성 시험 수행, 시료 정량 분석을 위한 검량 표준물질 주입 등이 포함됩니다. 이를 연간으로 환산하면 약 10 일에 달할 수 있으며, 이 기간을 표 1의 연간 평균 시스템 유지보수 일수에 추가할 수 있습니다.

표 1에 추가 유지보수 일수 10일을 반영하면 연간 시스템 가동 일수가 253일에서 243일로 감소하고, 근무 시간 중 연간 시료 분석 수는 5,832개로 줄어들어 연간 실험실 수익 또는 이익이 감소합니다. 흥미롭게도 이는 시료당 비용에는 거의 영향을 미치지 않습니다. 표 1의 예시에서 시료당 비용은 21 달러에서 21.06달러로 0.3% 증가합니다.

표 1. 평균적인 HPLC 분석에 대한 단순화된 비용 추정.

유속	1	mL/분
일반적인 분석 시간	25	분
시스템 구매 가격	40000	달러
시스템 수명	10	년
평균 시스템 유지보수	2	일/년
직원당 평균 문제 해결	3	일/년
애질런트 엔지니어 평균 서비스	2	일/년
재료비 포함 서비스 엔지니어 비용	2500	달러/일
근무일	260	매년
시스템 가동 시간	10	매일
인건비 및 간접비	400	달러/일
평균 컬럼 비용	600	달러
평균 컬럼 수명	1000	시료 수
평균 용매 비용	70	달러/1,000mL
평균 용매 폐기물 비용	20	달러/1,000mL

시스템 가동 일수	253	매년
연간 시스템 가동 시간	2530	시간
근무 시간 중 일일 시료 처리량	24	개/일
근무 시간 중 연간 시료 처리량	6072	개/년
사용한 용매	600	mL/일
총 비용	127505	달러/가동 연도
서비스 비용	20	달러/가동일
시스템 감가상각	16	달러/가동일
인건비 및 간접비	400	달러/가동일
용매 비용	42	달러/가동일
용매 폐기물 비용	12	달러/가동일
컬럼 비용	14	달러/가동일
총 비용	504	달러/가동일
시료당 비용	21	달러

비용에서 처리량까지: UHPLC가 HPLC를 앞서는 이유

전통적 또는 일상적인 HPLC에서는 여전히 수년 전의 모노그래프를 사용하고 내경 4.6mm, 길이 250mm, 입자 크기 5μm의 HPLC 컬럼을 사용하는 경우가 있습니다. 최근 수십 년간 이어진 추세에서는 더 작은 내경과 입자의 더 짧은 컬럼을 사용하고 있습니다. 결과적으로, 더 현대적인 컬럼 형식이 약전에 점점 더 많이 사용되면서 4.6 x 250mm HPLC 컬럼을 대체하고 있습니다. 이는 표준 HPLC에서 고속 HPLC, 표준 UHPLC, 고속 UHPLC로의 지속적인 전환을 반영합니다.

표 2. LC 기기의 완전 또는 부분 재평형화를 포함한 평균적인 HPLC 및 UHPLC 응용 분야의 일반적인 분석 시간 비교.

	표준 HPLC	고속 HPLC	표준 UHPLC	고속 UHPLC
예시 시스템 기울기 지연 부피(μL)	1100(±100)	700(±100)	350(±50)	130(±50)
일반적인 컬럼 길이 x ID(mm)	4.6 x 250	3.0 x 150	2.1 x 100	2.1 x 50
일반적인 유속(μL/분)	1000	500	250	250
컬럼 공극 부피(μL)	2742	700	229	114
일반적인 기울기 분석 시간(분)	25	15	10	5
완전 평형화 부피(mL)	27.4	7	2.3	1.4
완전 평형화 시간(분)	27.4	14.0	9.1	4.6
완전 평형화 시 일반적인 분석 시간(분)	52.4	29.0	19.1	9.6
표준 HPLC 대비 시간 차이(%)	0	-45	-64	-82
고속 HPLC 대비 시간 차이(%)	+81	0	-34	-67
표준 UHPLC 대비 시간 차이(%)	+174	+52	0	-50
고속 UHPLC 대비 시간 차이(%)	+446	+202	+99	0
부분 평형화 부피(mL)	6.6	2.1	0.81	0.36
부분 평형화 시간(분)	6.6	4.2	3.2	1.4
부분 평형화 시 분석 시간(분)	31.6	19.2	13.2	6.4
표준 HPLC 대비 시간 차이(%)	0	-39	-58	-80
고속 HPLC 대비 시간 차이(%)	+65	0	-31	-67
표준 UHPLC 대비 시간 차이(%)	+139	+45	0	-52
고속 UHPLC 대비 시간 차이(%)	+394	+200	+106	0
완전 평형화 대비 부분 평형화의 시간 절감(%)	40	34	31	33

표준 HPLC와 고속 HPLC, 표준 UHPLC, 고속 UHPLC를 비교할 때, 기물이 분석과 재평형화 단계를 모두 포함하는 총 LC 분석 시간이 중요합니다². 이 총 분석 시간을 표 1에 포함시킬 수도 있었지만, 유사한 온라인 정보와 비교 가능하도록 일반적인 분석 시간으로는 분석 실행 시간만 사용했으며, 이는 (엄밀히 말해) 등용매 적용에 해당합니다.

일반적으로 LC 컬럼을 완전히 재평형화하려면 컬럼 공극 부피의 10배가 필요하다고 권장됩니다. 최근 접근법에서는 컬럼 재컨디셔닝에 컬럼 공극 부피의 2배면 충분하다고 가정하며, 그에 따라 LC 결과가 재현 가능하다고 간주합니다.³ 표 2에서는 시스템 지연 부피를 컬럼 공극 부피의 2배에 더하여 보다 여유로운 부분 평형 부피를 확보하고 재현성 있는 LC 결과를 얻을 가능성을 높였습니다.

최상의 비교를 위해 표 2에서는 일반적인 시스템 기물기 지연 부피, 가장 많이 사용되는 LC 컬럼 형식과 그에 따른 컬럼 공극 부피(컬럼 부피의 66%), 그리고 표준 HPLC, 고속 HPLC, 표준 UHPLC 또는 고속 UHPLC를 사용할 때 일반적인 응용 분야에서 가장 많이 사용되는 유속과 기물기 시간을 나열합니다.

이에 따라 일반적인 기물기 분석 시간, 일반적인 분석 시간(완전 평형화 포함), 부분 평형화를 포함한 분석 시간에 대해 서로 다른 값이 도출됩니다. 재현 가능하고 신뢰성 있는 결과를 얻으려면 LC 컬럼의 평형이 중요하므로 컬럼 평형이 이루어지는 두 가지 경우만 비교합니다. 부분 평형화는 완전 평형화 대비 30-40%의 시간 절감 효과를 제공합니다(표 2 참조).

부분 평형화 또는 완전 평형화 중 어느 방법을 사용하든, 표준 HPLC 분석 대비 고속 HPLC 분석은 약 40%, 표준 UHPLC 분석은 60%, 고속 UHPLC 분석은 약 80%의 시간 단축 효과를 보입니다. 단, 표준 UHPLC에서 고속 UHPLC로 전환할 때 약 50%라는 가장 큰 시간 절감 효과를 달성합니다. 이러한 관계 및 기타 내용은 표 2에 제시되어 있습니다.

UHPLC 기기는 구입 비용이 더 비싸고 고품질 컬럼 및 용매가 필요하지만, 성능 향상 효과는 상당합니다. 실제 사용 환경에서의 수치를 비교해 보면 UHPLC 기기의 경제적인 이점이 명확히 드러납니다. 표 3은 실험실과 고객 분석법에서 흔히 사용되는 이러한 매개변수의 일반적인 값을 보여줍니다. 표 1을 활용하면 표 3에 기재된 각 기기 유형별 시료당 예상 비용을 계산할 수 있습니다.

표 3. 표준 HPLC에서 고속 UHPLC로 전환 시 일반적인 시료 처리량 및 시료당 비용 비교.

	표준 HPLC	고속 HPLC	표준 UHPLC	고속 UHPLC
평균 기기 구매 가격(달러)	40000	55000	70000	90000
평균 컬럼 구매 가격(달러)	600		750	
평균 용매 비용(달러/1,000mL)	70		120	
완전 평형화 시 일반적인 분석 시간(분)	52.4	29.0	19.1	9.6
근무 시간 중 연간 시료 수(연간 시료 수)	2900	5200	7900	15700
연간 시료 수/표준 HPLC 사용 시 연간 시료 수	1.0배	1.8배	2.7배	5.4배
시료당 비용(달러)	43.01	23.05	15.44	8.14
시료당 비용/고속 UHPLC 사용 시 시료당 비용	5.3배	2.8배	1.9배	1.0배
부분 평형화 시 분석 시간(분)	31.6	19.2	13.2	6.4
연간 시료 처리량(근무 시간 중)	4800	7800	11400	23500
연간 시료 수/표준 HPLC 사용 시 연간 시료 수	1.0배	1.6배	2.4배	4.9배
시료당 비용(달러)	26.17	15.47	10.90	5.67
시료당 비용/고속 UHPLC 사용 시 시료당 비용	4.6배	2.7배	1.9배	1.0배
완전 평형화 대비 부분 평형화의 비용 절감(%)	39	33	29	30

시간 절감 효과와 유사하게 완전 평형화 대비 부분 평형화를 통한 비용 절감 효과 역시 30-40% 수준입니다(표 3 참조). 표준 HPLC에서 고속 HPLC로 전환할 경우, 시료당 비용은 평균 1.7배 감소하며, 표준 UHPLC로 전환 시 2.5배, 고속 UHPLC로 전환 시 4.9배 감소합니다. **시료당 비용은 반비례 관계로, 표준 HPLC는 고속 UHPLC 대비 약 5배 더 높습니다.** 표 3에서는 개별적으로 추가 비교할 수 있도록 모든 값을 보여줍니다.

연간 시료 처리량 증가에도 유사한 요인이 적용됩니다. 표준 HPLC에서 고속 HPLC, 표준 UHPLC 또는 고속 UHPLC로 전환하면 실험실 수익성에 항상 이중으로 긍정적인 효과가 발생합니다. 예를 들어 표준 HPLC와 고속 UHPLC를 직접 비교할 경우, 동일한 시간 내에 약 5배 더 많은 시료를 분석할 수 있으며 시료당 비용은 약 5배 낮아집니다.



투자를 결과로 전환: LC 수익성 극대화

단순 계약 시료 또는 단일 LC 분석의 평균 가격은 약 80달러입니다. 경우에 따라 이 요금은 상당히 높아질 수 있지만(낮아지는 경우는 드뭅니다), 사내 실험실 분석은 평균 45달러의 내부 요금으로 청구될 수 있습니다. 표 4에서는 표 1-3의 수치를 바탕으로 완전 컬럼 재평형화 방식의 기존 LC 분석과 부분 재평형화 방식의 고속 접근법을 사용하여 이론적인 연간 수익을 계산했습니다.

표 4. 표 1-3의 값을 가정한 시료 분석당 이론적 연간 수익.

	표준 HPLC	고속 HPLC	표준 UHPLC	고속 UHPLC
수입 시 수익 43.01달러(완전 평형화, 달러)	0	19.96	27.57	34.87
수입 시 수익 45달러(완전 평형화, 달러)	1.99	21.95	29.56	36.86
수입 시 수익 80달러(완전 평형화, 달러)	36.99	56.95	64.56	71.86
수입 시 수익 26.17달러(부분 평형화, 달러)	0	10.70	15.27	20.50
수입 시 수익 45달러(부분 평형화, 달러)	18.83	29.53	34.10	39.33
수입 시 수익 80달러(부분 평형화, 달러)	53.83	64.53	69.10	74.33

예시 값은 LC 기기의 완전 가동률을 가정하며, 표 1에 기재된 공제 가능한 운영 비용을 반영합니다. 실제 시료당 수익을 산정하려면 실제 시료 처리량을 사용하고 모든 관련 일회성 또는 반복 비용을 차감하십시오. 여기에는 분석법 개발, 분석법 또는 기기 재검증, 복잡한 시료 전처리, 그리고 폐기되는 용매와 같은 미사용 소모품 등이 포함될 수 있습니다. 이러한 모든 비용은 비례 배분 방식으로 공제해야 합니다.

UHPLC 시스템은 HPLC보다 초기 비용이 높지만, 시료 처리량이 기기의 최대 가동을 뒷받침해줄 때 장기적으로 더 높은 가치를 제공합니다. 분석 전에 LC 컬럼을 완전히 평형화하지 않고 부분적으로 평형화하여 수익성도 개선될 수 있습니다. 이 접근법은 모든 LC 기기에 적용되지만, 그 효과는 LC 분석법의 견고성과 특정 요구 사항에 따라 달라집니다.

기존 HPLC 모노그래프에서 더 빠른 LC 분석법으로 전환하려면 초기 투자 비용, 절차 변경, 직원 교육 및 관리 노력이 더 많이 필요할 수 있지만, 장기적인 이점을 제공합니다. 모든 시스템 적합성과 분석법 이전 요구 사항을 충족하면서 HPLC와 UHPLC를 모두 지원할 수 있는 LC 시스템은 상당한 경쟁 우위를 제공합니다.

기울기 지연 부피, 피크 분산 거동 또는 적용된 기술 등 LC 기기의 특성이 다르기 때문에 4.6 x 250mm 컬럼을 사용하는 고속 UHPLC 기기에서 표준 HPLC와 동일한 결과를 얻으려면 특별한 기능이 필요합니다. 또한 LC 기기에 대한 인사이트를 더 많이 확보하고, 기기와 연결 상태를 유지하며, 일상적인 LC 작업을 자동화하기 위해 첨단 기술이 점점 더 많이 활용되고 있습니다. 실시간 정보와 시스템 지원을 통한 자동화된 HPLC 운영은 LC 기기 작동의 효율성과 효과성을 높여 줍니다. 고속 UHPLC와 표준 HPLC를 비교할 때, 내부 및 계약 LC 분석 모두에서 재무 및 운영상 이점이 명확히 드러납니다(그림 5). 이러한 결과는 특히 완전 컬럼 평형화 시 고속 UHPLC에서 얻을 수 있는 상당한 경제적 이점과 처리량 향상 효과를 입증합니다.



그림 5. 표준 HPLC 대비 고속 UHPLC의 경제적 영향: 실험실 비즈니스 모델별 시료당 연간 수익 결과.

* 내부 청구 금액: 45달러
** 시료당 분석 비용: 80달러, 표 3 및 4 참조

Agilent InfinityLab LC 시스템이 지속 가능한 수익을 창출하는 방법

차세대 LC가 복잡성을 추가하지 않고도 실험실 시간을 연간 125시간 이상 절감할 수 있다면 어떨까요? Agilent InfinityLab Assist는 일상적인 LC 작업을 전략적인 시간 절감 기회로 전환하여 리소스를 확보하고 오류를 줄이며 시료 처리량을 유지합니다. 실험실 관리자에게 이는 온보딩 시간 단축, 중단 감소, 그리고 모든 기기 가동 시간당 측정 가능한 수익을 의미합니다.

InfinityLab Assist

Agilent Infinity III LC 시리즈는 시스템 인텔리전스를 높이고, 사용자의 부담을 줄이며, 중단이 발생하기 전에 방지하는 기능이 추가되었습니다. 실시간 대시보드가 사용자에게 기기 사용 현황 및 마모 상태, 추세에 대한 즉각적인 인사이트를 제공하며, 유지보수 및 문제 해결 작업을 위한 보조 가이드를 제공합니다. 이를 통해 총 소유 비용(TCO)을 절감할 수 있습니다.

"Infinity III에서 가장 인상 깊었던 점은 편의성과 효율성이었습니다. 실험실의 과중한 업무 부담에서 우리를 해방시켜 주었죠. InfinityLab Assist를 통해 실험실에 도착하기 전에 기기를 퍼지하고 평형화할 수 있습니다. InfinityLab Assist 덕분에 신입 실험실 기술자들도 쉽게 문제를 해결하고 기기를 유지보수하며 빠르게 역량을 향상시킬 수 있습니다."

– Ling Zhou, Healthy Star Bio-Tech R&D Ltd, 중국.

InfinityLab Assist는 초보자와 숙련된 사용자 모두를 지원하도록 설계되었으며 사용자가 자동화할 수 없는 작업을 수행하는 데 도움을 주어 시간을 절약하고 오류를 줄입니다. 직관적인 로컬 인터페이스를 통해 작업대에서 직접 실습 교육 및 기술 개발이 가능하며, 웹 브라우저 원격 액세스를 이용하면 관리자가 실시간으로 운영을 모니터링하고 안내할 수 있습니다. 이러한 두 가지 접근 방식은 운영 간접비를 최소화하고 온보딩 시간을 단축하여 보다 효율적이고 오류에 강한 실험실 환경을 구축합니다.

주요 이점에는 기기 바로 앞에서 안내형 유지보수 및 문제 해결이 가능한 내장형 진단 기능이 포함됩니다. 기기 시작, 종료, 퍼지 등 일상적인 HPLC 자동화 작업은 언제 어디서나 예약하거나 즉시 시작할 수 있습니다(표 5 참조).

LC 기기의 상태는 기록되는 즉시 볼 수 있으며 터치스크린 디스플레이나 원격 브라우저를 통해 접근할 수 있습니다. 사용자는 성능 변화를 평가하고 잠재적 근본 원인을 신속히 파악할 수 있습니다. 부품 또는 소모품의 예상치 못한 또는 지나치게 빠른 마모 발생 시 사용자에게 자동으로 알림이 전송되어 계획되지 않은 기기 가동 중단이나 시료 재분석 필요성을 사전에 방지할 수 있습니다.

오류 원인을 훨씬 빠르게 찾아 수정할 수 있어 가동 중단 시간을 크게 줄일 수 있습니다. 또한 사양 외 결과 발생 가능성을 최소화하여 데이터 규정 준수를 개선할 수 있습니다.

시료 분석 시간은 연간 최대 125.5시간(약 12.5일 또는 LC 기기 가동 시간의 5%)을 절감할 수 있습니다.

표 6에 제시된 연간 시료 절감 수치는 전적으로 InfinityLab Assist로 절감된 시간입니다. 정확하게 말하면 여기에 제시된 수치는 InfinityLab Assist를 사용하지 않을 경우 발생하는 시료 손실을 나타냅니다. 이는 추가적인 시료 수나 수익 증가가 아닌, 시료 및 수익 손실의 방지를 의미합니다.

자가진단을 통해 유지보수 작업의 정확성을 예측, 지원, 안내 및 점검하는 지능형 LC 기기를 사용하면 수리 횟수가 줄어들어 서비스 비용도 절감될 수 있습니다. InfinityLab Assist에 대한 투자가 매우 빠르게 회수된다는 점이 금방 명확해집니다.

표 5. LC 기기 1대당 연간 253일, 하루 10시간 가동 시 절감 가능한 시간을 추정하기 위한 실험실 테스트 데이터.

	시간 절감 가능성	연간 절감 시간	지원 정보
맞춤형 홈 화면 액세스	약 3분/일	12.5	디스플레이 메뉴를 클릭하지 않고도 중요한 역할 관련 정보를 즉시 파악할 수 있어 시간이 절감됩니다.
기기 상태 화면 보기	약 5분/일	21	PC에 로그인한 후 CDS를 열어 기기 성능을 확인하는 것에 비해 시간이 절감됩니다.
작업 예약(아래 참조)	약 10분/주	8.5	자동화 가능한 작업을 예약 및 처리하는 반복 가능한 작업을 생성하여 시간이 절감됩니다.
자동 퍼지(작업)	약 15분/주	12.5	수동 LC 시스템 퍼지 대비 시간이 절감됩니다. LC 시스템 앞에서 대기할 필요가 없으며 자동화 작업이 가능합니다.
시스템 준비(작업)	약 30분/주	25.5	LC 시스템의 평형화 및 추가 설정을 자동화 작업으로 포함하여 자동 시스템 시작으로 시간이 절감됩니다.
시스템 대기(작업)	약 20분/주	17	LC 시스템의 플러시 및 추가 설정을 자동화 작업으로 포함하여 자동 시스템 종료로 시간이 절감됩니다.
시스템 진단(작업)	약 5분/주	4.5	사용자가 시스템 안내에 따라 또는 자동화된 작업으로 수행할 수 있는 간단한 일상 진단을 통해 시간이 절감됩니다.
PIN으로 보호된 사용자 역할 사용	약 45분/월	9	의도하지 않은 조작 오류나 중단으로 인한 잘못된 결과 또는 시스템 종료를 방지하여 시간이 절감됩니다.
상태 알림 수신	약 0.5일/년	5	경미한 문제 및 중단에 대한 푸시 알림을 통해 중대한 예상치 못한 중단을 방지하여 시간이 절감됩니다.
유지보수 안내 및 문제 해결 보조 가이드 실행	약 0.75일/년	7.5	안내에 따른 유지보수 작업으로 경미하거나 중간 수준의 문제를 해결하여 시간이 절감됩니다.
독립적인 시스템 로그 액세스	약 0.25일/년	2.5	감사 또는 근본 원인 분석을 위해 시스템 로그를 즉시 확인할 수 있어 데이터 규정 준수를 보장하며 시간이 절감됩니다.
최대		125.5	시간을 매년 절감할 수 있습니다.

InfinityLab 레벨 감지

InfinityLab 레벨 감지의 자동 용매 레벨 감지 기능은 용매병이 고갈되는 것을 방지합니다. 시퀀스 시작 전에 용매 소비량을 예측하여 용매 공급량과 비교합니다. 사용 중인 병 중 하나에 용매가 부족하면 경고를 보내 시료 분석을 성공적으로 완료할 수 있습니다.

InfinityLab 레벨 감지를 통해 LC 펌프 부품 손상을 방지하고, 시간이 많이 소요되는 펌프 점검 및 시료 재분석을 피할 수 있습니다. 이로 인해 부품 마모, 유지보수 및 가동 중단 비용을 절감합니다. 펌프가 공회전하여 피스톤 씰이나 체크 밸브가 마모되는 문제는 더 이상 발생하지 않습니다. 이러한 유지보수에 소요되던 2시간의 가동 중단 시간을 InfinityLab 레벨 감지 기술을 통해 연간 생산적인 실험 시간으로 확보할 수 있습니다.

LC 컬럼이 마르게 되면 새 제품이라도 사용 불가 상태가 되어 교체해야 하는 경우가 많습니다. 유지보수로 인한 가동 시간 손실은 시료 처리량 및 수익 감소로 이어지며, LC 컬럼의 활용도 저하로 전체 비용이 증가됩니다. 시료 분석 중 또는 분석 전에 용매 라인이 건조해지면 일부 시료를 재분석해야 할 수도 있습니다. 결론적으로 InfinityLab 레벨 감지를 사용하면 연간 약 1,500달러의 재료비와 시간 비용을 절감할 수 있습니다.

InfinityLab 시료 ID 리더 및 Advanced Sample Linking

시료 바코드를 사용하면 모든 LC 분석 워크플로가 간소화됩니다. 분석에 올바른 시료를 할당하는 작업이 훨씬 쉽게 처리, 확인 및 수정될 수 있으므로 잠재적인 사용자 오류가 크게 줄어듭니다. 이를 통해 분석의 신뢰성과 확신, 편의성이 극대화될 뿐만 아니라 처리 시간과 비용이 절감됩니다.

Agilent 1260 및 1290 Infinity III Multisampler에는 바코드를 읽어 시료 바이알을 식별하는 InfinityLab 시료 ID 리더를 옵션으로 장착할 수 있습니다. 이 리더는 스캔된 시료의 바코드 정보를 OpenLab 시퀀스 테이블에 추가하거나 저장된 시료 정보와 비교하여 확인합니다.⁶

애질런트의 데이터 매트릭스 코드 라벨이 부착된 바이알을 사용하면 시료 바이알에 수동으로 라벨을 부착할 필요가 없습니다. 시료 바이알을 트레이 어느 곳이나 자유롭게 배치할 수 있어, 시료가 뒤바뀌는 문제를 미연에 방지합니다. 바코드로 식별된 실제 시료 정보가 결과 테이블에 기록되며, 혹시 잘못된 위치에 놓인 시료가 있다면 OpenLab 시퀀스에 별도로 강조 표시됩니다.

또한, InfinityLab 시료 ID 리더를 사용하면 원하는 특정 순서대로 시료를 분석할 수도 있습니다. 즉, 시료를 Infinity III Multisampler에 임의의 순서로 로드할 수 있습니다.⁷

표 6. 표 2-4를 고려하여 표 5의 연간 125.5시간 절감으로 연간 절감되는 시료 수.

	표준 HPLC	고속 HPLC	표준 UHPLC	고속 UHPLC
절감된 시료, 완전 컬럼 평형화(연간 개수)	144	260	394	784
절감된 시료, 부분 컬럼 평형화(연간 개수)	238	392	570	1177
절감된 시료, 컬럼 평형화 없음(연간 개수)	301	502	753	1506

데이터 분석 후 식별된 위치의 바코드 정보가 OpenLab 시퀀스 테이블에 표시되어 시료 측정 결과를 최종 확인할 수 있습니다. 이 기능은 모든 종류의 오류를 방지하여 시간을 절약하고 사용자 편의성을 개선합니다.

클라이언트-서버 환경에서 Agilent Infinity III LC 기기를 InfinityLab 시료 ID 리더와 통합하면 Advanced Sample Linking⁸ 및 Agilent Sample Scheduler for OpenLab과 같은 추가 소프트웨어를 사용할 수 있습니다. 이를 통해 수동 시료 이동 및 라벨링 단계와 관련된 위험을 줄이는 완전한 디지털 워크플로 솔루션이 구현됩니다.

모든 실험실 정보 관리 시스템의 시료가 해당 시료 바이알과 간편하게 연결됩니다. 이 워크플로는 바코드를 사용하여, 최초 시료 준비 단계부터 최종 LC 분석 결과까지 각 시료를 개별적으로 추적합니다. 바코드가 부착된 시료는 그 위치를 수동으로 입력할 필요 없이 자동으로 인식됩니다. 이를 통해 시간을 절약하고 사용 편의성을 높여, 워크플로 전반에 걸쳐 오류 발생을 최소화합니다.

수동으로 시료 시퀀스를 생성할 때, 시료 위치를 입력하고 올바르게 입력되었는지 확인하는 데에만 최소 15초가 소요됩니다. 이러한 시간은 LC 컬럼의 부분 평형화 시 시료 처리량을 추정하는 표 7에 반영됩니다. 연간 전체 시료의 0.5%에서 오류(예: 잘못된 라벨링 또는 시료 혼동)가 발생할 경우, 필요한 재분석 시간을 추가해야 하므로 연간 LC 기기 가용성의 1%가 손실됩니다. 흥미롭게도 모든 LC 기기 모델에 대해 완전한 가동률을 가정할 때, 이는 총 25 시간에 달합니다.

오류 감지 시간을 평균 5분 수준으로 빠르다고 가정할 경우, 오류 조사에 소요되는 시간은 연간 수 시간에 달합니다(표 7 참조). 개별 사례에서는 필요한 시간이 훨씬 더 길어질 수 있습니다. 이를 통해 연간 135시간의 운영 시간을 절감할 수 있으며, 이 시간은 다른 수익성 있는 프로젝트에 재투자할 수 있습니다.

OpenLab 시퀀스 테이블에 수동으로 시료를 입력하는 작업을 없애고 모든 종류의 수동 오류를 방지하여 특히 UHPLC에서 엄청난 시간 절약 효과를 얻을 수 있으며 이는 당연한 결과입니다. 이를 통해 **연간 절감되는 시료 수가 13배 증가**합니다. 분석 전에 컬럼을 완전히 평형화하면 이 수치는 약 10% 정도 낮아집니다.

BlendAssist 소프트웨어

Agilent Flexible 펌프는 각종 첨가제가 포함된 모든 종류의 원액으로 다양한 용매 혼합물을 생성할 수 있습니다. 지능형 BlendAssist 소프트웨어 기능을 사용하면 수작업 없이 완충액 또는 첨가제 농도를 자동으로 혼합하고, 항상 재현 가능한 LC 용매 준비를 간소화하며, 분석법 개발 시간을 단축할 수 있습니다.

다양한 농도의 완충액이나 첨가제가 포함된 여러 용매 병을 수작업으로 준비할 필요 없이 순수 용매와 고농도 원액만 준비하면 됩니다. BlendAssist 소프트웨어에 원액 농도와 원하는 농도를 입력하면 Flexible 펌프를 통해 특정 분석에 필요한 이동상 조성을 얻을 수 있습니다. 이 방법은 수동 사전 혼합 방식에 비해 용매 구매 및 폐기 비용을 크게 절감할 수 있습니다. 자동화 기능은 또한 용매 준비 과정의 오류를 없애고 재현성을 보장합니다.

BlendAssist의 경제성은 연간 필요한 다양한 용매 혼합물의 수에 따라 달라집니다. 예를 들어, 일반적인 분석법 개발 작업에는 6가지 완충액 또는 기타 첨가제 농도 평가가 포함됩니다. 사전 혼합 절차에서 실험실 직원은 농도별로 두 개씩, 최대 12개의 용매 병을 수동으로 준비해야 합니다. 하지만 BlendAssist를 사용하면 용매 용액을 4개만 준비하면 됩니다.

LC 분석이 완료된 후, 특히 분석법 개발 후에는 사전 혼합된 용매의 일부가 재사용되지 않는 경우가 많습니다. 이러한 용매는 연간 용매 소비량의 최대 15%를 차지할 수 있습니다.^{4,5} BlendAssist를 이용하면 정확하게 필요에 따라 용매를 사용하게 되므로 미사용 용매를 폐기할 필요가 없습니다. 표 8에 표시된 절감액은 분석에 사용된 용매만을

표 7. 부분 컬럼 평형화를 통한 시료 분석의 연간 예상 절감 효과.

	표준 HPLC	고속 HPLC	표준 UHPLC	고속 UHPLC
LC 시퀀스 내 수동 시료 입력(연간 시간)	20	33	45	100
수동 오류로 인한 시료 반복(연간 시간)	25			
시료 오류 조사(연간 시간)	2	3	5	10
연간 절감된 총 시스템 운영 시간	47	61	75	135
절감된 시료, 부분 컬럼 평형화(연간 개수)	89	191	341	1266

표 8. BlendAssist 사용 시 비용 절감 가능성과 표 1-3의 값을 가정한 완전 자동 LC 기기당 이론적 연간 이익.

	Agilent 1260 Infinity III Flexible 펌프	Agilent 1290 Infinity III Flexible 펌프
연간 대략적 용매 비용(구매 및 폐기) (달러)	8000	6000
연간 BlendAssist로 절감된 용매 비용 (달러)	1200	900

반영한 것입니다. 용매 낭비와 폐기는 BlendAssist에서 완전히 방지할 수 있으므로, 그에 따른 추가 비용은 포함되지 않습니다.

ISET(Intelligent System Emulation Technology)

Agilent 1290 Infinity II 및 III, 1260 Infinity II 및 III Prime LC 기기에서는 ISET를 사용하여 애질런트 시스템이 아닌 기기를 비롯한 다른 LC 기기를 에뮬레이션하는 독특한 기능이 제공됩니다.

ISET를 이용하면 원활하고 번거롭지 않은 HPLC 분석법 이전이 가능합니다. 분석법을 파트너 실험실로 전송하기 전에 대상 기기에 맞게 먼저 조정할 수 있습니다. ISET는 분석법을 수신하면 원본 분석법이 개발된 LC 기기를 에뮬레이션합니다. 한 LC 기기에서 다른 기기로 위험 부담 없이 클릭 한 번으로 분석법을 이전하는 이 기능은 다양한 방식으로 기기 관련 비용을 최소화합니다. 첫 번째 방식은, 기기를 전혀 조정할 필요 없이 ISET를 통해 분석법을 직접 이전하는 것입니다.

두 번째 방식은 정반대의 접근입니다. 즉, ISET를 사용해 다른 대상 장비를 에뮬레이션할 수 있는 Agilent 1290 Infinity II 및 III 또는 1260 Infinity II 및 III Prime LC 기기에서 모든 LC 분석법을 개발하는 것입니다. 이렇게 개발된 분석법은 대상 LC 기기에서 어떠한 추가 조정 없이도 원하는 모든 결과를 그대로 얻을 수 있게 해줍니다. 덕분에 최종 목표가 HPLC 분석법일지라도, UHPLC의 빠른 속도를 활용하여 분석법을 가장 신속하게 개발할 수 있습니다.

ISET 기능을 갖춘 단일 Agilent LC 기기에서 최대 7대의 LC 기기를 에뮬레이션할 수 있으며, 모든 LC 분석법을 손실 없이 실행할 수 있습니다. 또한 단일 기기 유형으로 작업하여 공간을

절약하고 전체 실험실 워크플로를 간소화하며 추가 기기, 교육, 예비 부품, 유지보수 등에 드는 비용을 절약할 수 있습니다. 기존 HPLC 분석법도 ISET를 통해 UHPLC 속도로 변환하여 실행하면, 향상된 분해능과 감도 효과를 최대한 활용할 수 있습니다.

활용도에 따라, ISET가 탑재된 Agilent LC 기기 하나만으로도 에뮬레이션 기능을 통해 다른 여러 LC 기기의 업무를 손쉽게 수행할 수 있습니다. 이를 통해 평균적으로 LC 기기 한 대를 추가로 구비할 필요가 없어집니다.⁴ 이는 다른 LC 기기의 구매 비용을 절감할 뿐만 아니라, 기기의 평균 수명인 10년 동안 발생하는 연간 유지보수 및 수리 비용도 절약해 줍니다. 그 결과 연간 최대 16,000달러의 비용을 절감할 수 있습니다 (표 9 참조).

InfinityLab 피팅

LC 컬럼 연결이 잘못되면 데드 볼륨(dead volume)이 발생할 수 있습니다. 이 경우 피크 테일링, 피크 넓어짐, 피크 갈라짐 또는 교차 오염이 관찰됩니다. 이로 인해 분석 결과가 왜곡될 수 있으며, 의심스러운 경우 반복해서 분석해야 하거나 많은 문서화 작업이 필요합니다. 연결이 잘못되면 LC 컬럼이 손상되어 생산성 저하와 예상치 못한 비용(예: 반복 LC 분석)으로 이어질 수 있습니다. Agilent InfinityLab Quick Connect 피팅과 Agilent InfinityLab Quick Turn

표 9. LC 기기 유형별 ISET의 비용 절감 효과.

	표준 HPLC	고속 HPLC	표준 UHPLC	고속 UHPLC
평균 기기 구매 가격(달러)	40,000	55,000	70,000	90,000
평균 유지보수 및 서비스 비용(연간 달러)	7,000			
10년 후 총액(달러)	110,000	125,000	140,000	160,000
연간 절감액(달러)	11,000	12,500	14,000	16,000

피팅은 설치를 간소화하고 사용 경험에 관계없이 모든 사용자가 완벽하게 컬럼을 연결할 수 있도록 보장합니다.⁴

1-2년마다 LC 컬럼은 잘못된 설치로 인해 또는 그 이후에 손상될 수 있으며 교체해야 할 수 있습니다. 이로 인해 LC 컬럼당 평균 600-750달러의 비용이 듭니다. LC 기기에서는 종종 두 개의 컬럼을 교대로 또는 수동 교체하여 사용하므로 파손된 컬럼 수는 약 2배로 증가합니다. 요약하면 InfinityLab Quick Connect 및 Quick Turn 피팅을 사용하면 기기당 연간 최대 1,500달러를 절약할 수 있습니다.

자동 컬럼 Regeneration 및 이중 니들 주입

연속 LC 분석은 컬럼 세척 및 재평형화에 소요되는 시간을 없애 전체 분석 시간을 45% 단축할 수 있습니다. 자동 컬럼 Regeneration(ACR)은 두 개의 개별 펌프가 장착된 LC 기기를 사용합니다. 두 개의 분석 컬럼을 전환할 수 있으므로 LC 기기의 생산성을 최적화할 수 있습니다. 첫 번째 컬럼이 분석 후 평형화되는 동안 두 번째 컬럼에서 다음 시료의 기울기 분리를 시작하면 연속적인 LC 분석이 가능합니다.

InfinityLab Multisampler의 이중 니들 옵션을 사용하면 분석 시간을 추가로 최적화할 수 있습니다. 스마트 오버랩 고처리량 모드에서는 첫 번째 니들로 주입하여 분석을 시작하는 동안 두 번째 니들로 다음 실행을 위한 시료를 준비할 수 있습니다.

컬럼 Regeneration과 이중 니들 주입을 번갈아 수행하여 최대 60%의 시간이 절감됩니다(그림 6).⁹ ACR과 이중 니들 주입을 함께 사용하면 LC 분석 컬럼의 재평형화 시간과 시료 수집 사이클 시간을 생산적인 시간으로 전환할 수 있습니다.

표 10. 자동 컬럼 평형화(ACR)를 통한 분석당 시간 절감 효과.

	표준 HPLC	고속 HPLC	표준 UHPLC	고속 UHPLC
일반적인 기울기 분석 시간(분)	25	15	10	5
일반적인 분석 시간, 완전 평형화(분)	52.4	29.0	19.1	9.6
ACR의 시간 절감(분)	25	14	9.1	4.6
분석 시간, 부분 평형화(분)	31.6	19.2	13.2	6.4
ACR의 시간 절감(분)	6.6	4.2	3.2	1.4

이중 니들 주입과 자동 컬럼 Regeneration으로
전체 분석 시간을 최대 60% 절감

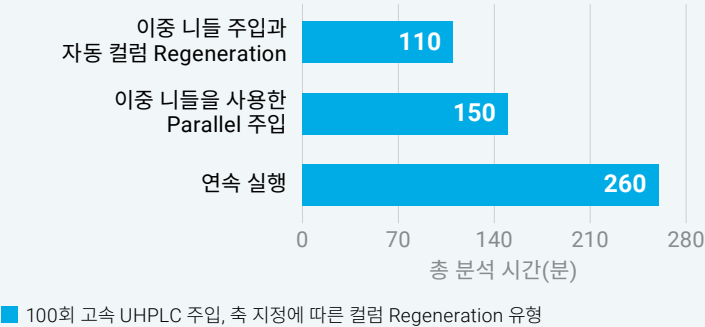
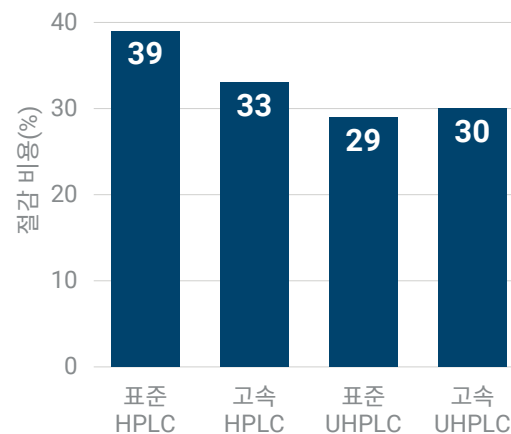


그림 6. 교차 컬럼 Regeneration 및 이중 니들 옵션을 사용한 초고처리량 UHPLC 100회 이상 주입 시 시간 절감 효과.⁹

실질적인 성과: Infinity III LC 기기를 사용한 비용 절감

많은 LC 사용자가 애질런트 LC 기기를 품질과 효율성 측면에서 시장의 선두주자로 꾸준히 평가하고 있습니다.¹ 애질런트 LC 기기는 탁월한 정확도와 정밀도로 항상 높이 평가받아 왔으며, 견고성이나 사용 편의성을 저하시키지 않으면서 LC 분석에서 최고의 반복성과 성능을 안정적으로 제공합니다. 다음 인포그래픽은 본 eBook에서 설명한 LC 기기의 구매부터 총 소유 비용(TCO)까지 주요 비용 절감 고려 사항을 보여 줍니다.

분석 후 LC 컬럼의 전체 재평형화 대비 부분 재평형화의 시료당 비용 절감 효과



평균 분석 시간 비교

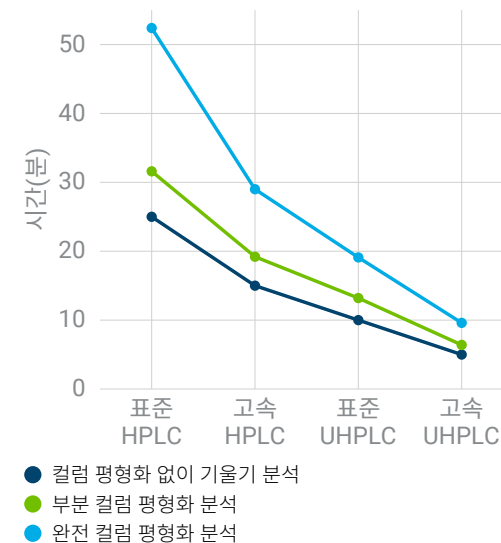
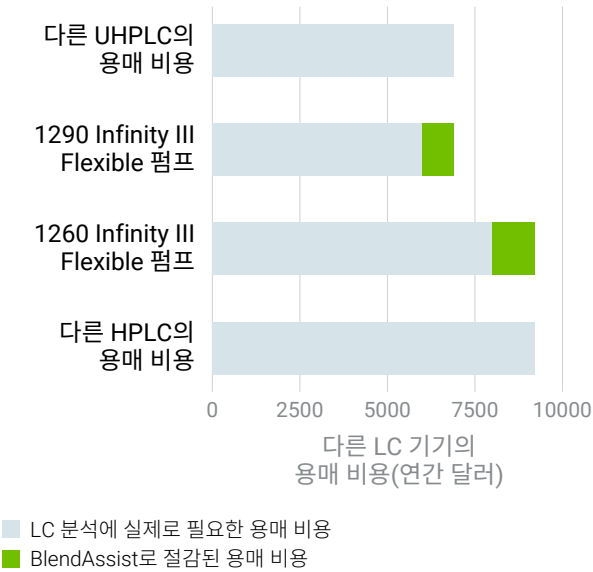


그림 7-8. 표준 HPLC에서 고속 UHPLC로 전환 시 비용 절감 고려 사항.

일상 업무를 지능적으로 자동화하는 지속 가능한 기능은 LC 사용자가 직면한 과제를 직접 해결해 줍니다. Agilent Infinity III LC 기기에는 애질런트가 자랑하는 신중한 견고성과 신뢰성을 바탕으로 독특한 기능이 구현되었습니다. 탁월한 사용 편의성과 지능형 진단 기술을 통해 데이터 품질을 저하시키지 않고도 소유 비용을 직접적으로 낮출 수 있습니다.

인포그래픽의 비교 값은 본 eBook의 예시를 기반으로 한 최대 추정치를 나타냅니다. 실제 결과는 각 계산 사례별로 고유한 파라미터에 따라 달라집니다.

BlendAssist로 최대 15%의 용매 비용 절감



InfinityLab Assist로 연간 최대 125시간의 운영 시간 절감

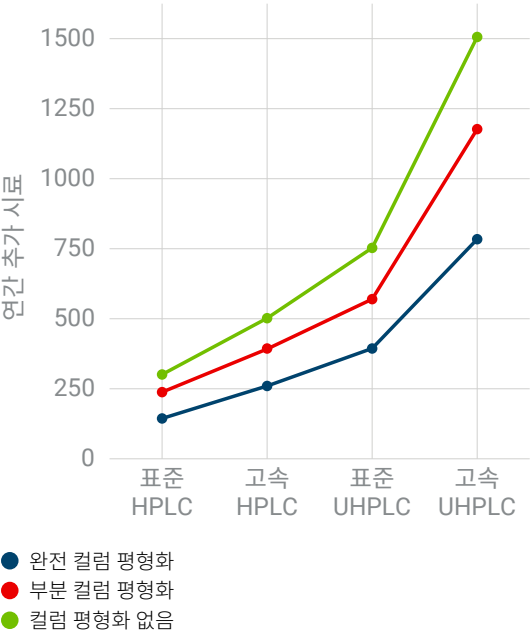


그림 9-10. Agilent InfinityLab LC 솔루션의 비용 절감 고려 사항.

결론: 스마트한 LC 투자가 수익성이 높은 이유

저가형 LC 기기는 처음에는 스마트한 선택처럼 보일 수 있습니다. 그러나 시간이 지나면 숨겨진 비용이 드러나기 시작합니다. 제조 품질이 낮으므로 고장이 자주 발생하고, 유지보수가 늘어나며, 가동 중단으로 인한 비용이 증가하는 경우가 많습니다. 이러한 시스템은 유연성과 신뢰성이 떨어지기 때문에 계획을 세우기 어렵고 장기적인 성능이 일관되지 않습니다. 또한 교육이 더 많이 필요하며 조작도 더 복잡합니다.

이와 대조적으로 애질런트와 같은 고품질 LC 시스템에 대한 투자는 지속적인 가치를 제공합니다. 이러한 기기는 내구성, 사용 편의성, 일관된 성능을 고려하여 제작되어 실험실이 생산성과 효율성을 유지할 수 있도록 돕습니다.

표준 HPLC에서 UHPLC로 전환하려면 초기 투자가 필요하지만, 시스템을 최대한 활용할 때 투자 수익률이 빠르게 실현됩니다. 시간이 지남에 따라, 특히 UHPLC 분석을 기존 HPLC 요금으로 청구할 경우, 실험실은 시료당 비용이 현저히 낮아지고 수익성이 개선되는 이점을 누릴 수 있습니다.

Agilent Infinity III LC 시스템은 효율성을 극대화하고 숨겨진 비용을 줄이도록 설계되었습니다.

주요 기능은 다음과 같습니다.

- **InfinityLab Assist:** 가동 중단을 방지하고 운영 시간을 연간 최대 125.5시간 절감합니다.
- **InfinityLab 시료 ID 리더 및 Advanced Sample Linking:** 연간 135시간이 추가로 절감됩니다.
- **이중 니들 주입:** 컬럼 Regeneration 자동화로 분석 시간을 최대 60% 단축합니다.
- **BlendAssist 소프트웨어, InfinityLab 레벨 감지 및 InfinityLab 피팅:** 각각 연간 1,200-1,500달러를 절감합니다.
- **ISSET(Intelligent System Emulation Technology):** 연간 최대 16,000달러를 절감합니다.

이러한 기능을 최대한 활용하면 연간 20,000달러의 비용을 절감하고 260시간의 생산적인 가동 시간을 추가로 확보할 수 있습니다. 두 번째 펌프와 자동 시료 주입기 니들을 사용하면 평형화 및 준비 시간을 줄여 시료 처리량을 최대 120%까지 증가시킬 수 있습니다.

참고 자료

1. Analytical Liquid Chromatography: The Role of Cost, Reliability, and Innovation in Selecting Instruments, LCGC 2025.
2. Petersson, P.; Euerby, M.R. Understanding How Dwell Volume Can Affect Selectivity in Reversed-Phase Gradient Chromatography, LCGC 2019.
3. Seidl, C.; Stoll, D.R. Column Re-equilibration Following Gradient Elution: How Long is Long Enough?, LCGC 2019.
4. InfinityLab LC 시리즈로 액체 크로마토그래피의 투자 수익률 향상. Agilent Technologies 백서, 발행 번호 5991-9120KO, 2019.
5. "더 적은 자원으로 더 많은 작업"이 가능한 LC. Agilent Technologies eBook, 발행 번호 5994-1326KO, 2019.
6. 시료 위치 확인. Agilent Technologies 기술 개요, 발행 번호 5994-7568KO, 2024.
7. 시료 위치 식별 및 측정 확인. Agilent Technologies 기술 개요, 발행 번호 5994-7569KO, 2024.
8. Agilent Advanced Sample Linking. Agilent Technologies 백서, 발행 번호 5994-7570KO, 2024.
9. Ultrafast Analysis of Food Preservatives Using Automated Column Regeneration and Dual-Needle Injection. Agilent Technologies application note, publication number 5991-6150EN, 2024.



추가 정보:

www.agilent.com/chem/infinitylab-lc-series

온라인 구매:

www.agilent.com/chem/store

Agilent Community에서 기술적 질문에 대한 해답을
얻고 자료를 이용하실 수 있습니다.

community.agilent.com

미국 및 캐나다

1-800-227-9770

agilent_inquiries@agilent.com

유럽

info_agilent@agilent.com

아시아 태평양

inquiry_lsca@agilent.com

DE-010712

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2025
2025년 10월 31일, 한국에서 발행
5994-8725KO

한국애질런트테크놀로지스㈜
대한민국 서울특별시 서초구 강남대로 369,
DF타워 9층, 06621
전화: 82-80-004-5090(고객지원센터)
팩스: 82-2-3452-2451
이메일: korea-inquiry_lsca@agilent.com



Agilent

Trusted Answers