LCGC™ INTERNATIONAL

2025년 1월



분석용 LC에서 비용과 성능 | 운영 우수성 보장 | 분석용 LC에서 진보와 혁신

분석용 액체 크로마토그래피:
기기 선택 시 비용, 신뢰성 및 혁신의 역할

이 eBook은 MJH Life Sciences가 *LCGC International*과 협력하여 작성했으며 Agilent Technologies가 후원했습니다.



분석용 LC에서 비용과 성능 | 운영 우수성 보장 | 분석용 LC에서 진보와 혁신

서론

분석용 액체 크로마토그래피(LC)는 현대 실험실에서 중추적인 역할을 합니다. 최종 사용자의 선호도를 더 잘 이해하기 위해 LCGC International*은 2012년부터 2년마다 Agilent Technologies의 의뢰로 독립적인 사용자 설문조사를 실시했습니다. 이러한 설문조사를 통해 수백 명의 응답자로부터 액상 분리 기술과 계측에 대한 통찰력을 지속적으로 수집하고 있습니다. 이 eBook에서는 총 소유 비용과 기기 수명을 포함하여 비용과 성능 간의 균형에 초점을 맞춘 주요 결과를 살펴봅니다. 또한 이 조사는 효율적인 워크플로에서 신뢰성, 기기 정지 감소 및 고객 지원의 역할을 집중 조명하며, LC 기술의 발전에 따라 이전 조사에 비해 최종 사용자 선호도가 어떻게 달라졌는지를 보여줍니다.*

표지 이미지: Sodel Vladyslav - stock.adobe.com; BGStock72- stock.adobe.com



Paul Reverve - stock.adobe.com; S. Singha - stock.adobe.com

균형잡기:

분석용 액체 크로마토그래피에서 비용 대비 성능 탐구

새로운 분석 장비를 구매할 때는 초기 가격 외에도 유지보수, 운영 비용, 기기 정지와 같은 장기적 비용을 고려하여 총 유지 비용을 따지는 것이 중요합니다.

소개

새로운 기기를 구매할 때, 경험이 부족한 구매자는 판매자가 제시한 가격에만 신경을 쓰기 쉽습니다. 이들은 같은 가격에 할인이나 추가 기능을 내세워 협상하려고 할 수 있지만, 기기 사용에 항상 수반되는 추가 비용은 고려하지 않을 수 있습니다.

새로운 기기의 총 재정적 비용을 계산할 때는 더 많은 요소를 고려해야 합니다. 구매 가격 외에도 실험실 운영 측면도 함께 생각해야 합니다. 여기에는 운영, 유지보수 및 수리 비용은 물론, 기기 정지 및 생산성 저하와 관련된 비용도 포함됩니다. 교육, 소모품, 기기 호환성 및 업그레이드 옵션 등 기타 숨겨진 비용도 포함될 수 있습니다. 이러한 각 요소는 어떤 공급업체가 가장 우수한 가치를 제공하는지 결정하는 데 영향을 미칠 수 있습니다. *LCGC International*이 실시한 2024년 분석용 액체 크로마토그래피(LC) 기기 사용자 설문조사에 따르면, 응답자의 76%가 가격 대비 성능을 최우선 순위로 꼽았습니다.

표 1에 가격 대비 성능 계산에 포함되는 몇 가지 요인을 나열했습니다. 빨간색으로 표시된 요인 중 일부는 두 범주에 모두 속합니다. 이들 요인은 고품질의 시기적절한 데이터를 고려할 때, 가격(분석당 비용)과 성능에 영향을 미칩니다.

가격 대비 성능의 관계를 결정할 때 생겨나는 하는 문제를 설명하기 위해 가상의 실험실 상황을 살펴보겠습니다. 이 실험실에서는 분석용 LC 기기의 수명이 다되어 교체해야 합니다. 실험실의 요구에 따라 구매 담당자는 여러 공급업체로부터 기기 견적을 받아야 하며, 그 중 한 견적의 가격이 다른 견적보다 유독 낮습니다. 잘 살펴본 후에도 이 견적이 정말 최고의 선택일까요?

표 1: 기기를 구매할 때 고려해야 할 가격과 성능에 영향을 미치는 요소.

비용	성능
초기 구매 가격	정확도 및 정밀도
사용 수명	정밀도
운영 비용	사용 편리성
소모품 비용	유연성
지원	최소 교육
호환성	다용도성
서비스 비용	시료 처리량
시료 처리량	신뢰성
신뢰성	

우선, 초기 비용과 장기 비용을 비교하는 것이 중요합니다. 새로운 기기의 예상 수명은 얼마나 됩니까? 사용 수명이 긴 기기를 선택하는 것이 더 나을 수도 있습니다. 일부 실험실에서는 제대로 작동하면서 완전하게 감가상각되는 기기를 보유하는 것이 재정적으로 이득일 수 있습니다. 많은 경우, 기기의 수명이 길다는 것은 내구성이 뛰어난 설계 덕분이며, 이는 정비 필요성이 적다는 것을 의미합니다.

지원, 유지보수, 신뢰성 및 기기 정지 모두 기기의 최종 비용에 영향을 미치는 요소입니다. 더 많은 유지보수가 필요하거나 신뢰도가 낮은 기기는 실험실에서 기회 비용의 손실로 이어집니다. 고객 지원이나 서비스를 쉽거나 빠르게 받을 수 없는 경우에도 기회 비용의 손실이 발생합니다.

일반적으로 용매, 폐기물 처리, 소모품과 같은 운영 비용은 실험실 비용으로 간주되지만 실제로는 기기와 직접적으로 연관되어 있으며 기기 비용 계산에 넣어야 합니다. 최근 LC 사용자를 대상으로 실시된 설문조사에 따르면 응답자의 68%가 새로운 기기를 구매할 때 운영 비용을 고려한다고 말했습니다.

용매는 LC 기기의 운영 비용 중 가장 큰 부분을 차지할 수 있습니다. 용매 구입과 폐기에도 비용이 발생합니다. 용매 사용을 최적화하는 전략은 운영 비용을 크게 줄이는 데 많은 도움이 될 수 있습니다. 유량을 최적화하고, 더 작은 컬럼을 사용하고, 더 농축된 시료를 사용하고, 용매를 덜 사용하는 전처리 기법을 사용하면 실험실에서 구매해야 하는 용매의 양이 줄어들고, 분석 후 유해 폐기물로 폐기해야 하는 용매의 양도 줄어듭니다. 초고성능 액체 크로마토그래피(UHPLC) 시스템은 더 작은 컬럼, 더 적은 시료 및 더 적은 유량과 같은 많은 전략을 사용합니다. 동일한 분석에서 조건을 HPLC에서 UHPLC로 전환하면 용매 소비량을 최대 90%까지 절약할 수 있다는 비교 결과가 나와 있습니다.[1]

기기가 더 짧은 설정 시간, 더 적은 소모품, 더 적은 용매 용량으로 더 빠르게 분석을 실행할 수 있다면 각 실행 비용이 줄어들므로 실제 비용이 절감된다고 할 수 있습니다.

용매 재활용도 사용 가능한 전략이지만, 분석용 LC 또는 액체 크로마토그래피-질량분석(LC-MS) 분야에서는 재활용된 용매의 품질이 문제가 될 수 있으며, 용매를 재활용하는 데 필요한 시스템 때문에 원하는 비용 절감 효과를 거두지 못할 수 있습니다.

기기를 잘 관리하면 직접 지출이나 기기 정지로 인한 운영 비용을 최소화할 수 있습니다. 정기적인 유지보수를 통해 치명적인 고장을 예방할 수 있습니다. 보관을 포함하여 컬럼을 적절히 관리하면 교체 비용이 최소화되고, 예비 부품 재고를 유지하면 예비 부품을 기다리는 동안 기기 정지 시간이 줄어듭니다. 크게 피부로 와닿지 않는 요소이지만 고품질 소모품(예: 컬럼)을 사용하면 일관된 성능을 얻고 교체 비용을 줄일 수 있습니다.

이러한 요인들은 비용 측면에서의 고려 사항이지만 성능 또한 고려해야 합니다. 여기에는 고전적인 정확도와 정밀도가 포함되지만, 현재 대부분의 기기는 비슷한 분석을 수행할 수 있습니다. 가격이 싼 기기로 필요한 검출 한계에 도달할 수 없거나 실험실의 QC 기준을 충족하는 결과를 얻기 위해 여러 번의 분석이 필요한 경우에는 비용이 절감된다고 할 수 없습니다. 하지만 시료 처리량은 중요합니다. 기기가 더 짧은 설정 시간, 더 적은 소모품, 더 적은 용매 용량으로 더 빠르게 분석을 실행할 수 있다면 각 실행 비용이 줄어들므로 실제 비용이 절감된다고 할 수 있습니다.

교육, 사용 편의성, 실험실 시스템과의 통합 및 장비 호환성은 많은 경우 계산에 넣지 않을 수 있지만 반드시 고려해야 하는 요소들입니다. 간단한 예로, 분석가가 보다 저렴한 기기를 운영하기 위해 별도의 소프트웨어 팩키지를 익혀야 한다면 그것은 비용 절감이 아닙니다.

마지막으로, 다양성과 유연성의 문제입니다. 실험실이 의뢰받은 새로운 분석을 수행하기 위해 저렴한 기기를 업그레이드하거나 수정할 수 없다면 새로운 기기를 구매해야 하므로 상당한 비용이 발생합니다. 이러한 모든 요소를 고려한다면 저렴한 기기가 금전적으로 가장 합리적인 선택이 아닐 수도 있습니다.

운영 비용 문제를 해결하는 방법에는 여러 가지가 있습니다. 기기 간 호환성은 운영 비용을 최소화하기 위한 전략이며, 여러 기기를 사용하는 많은 실험실에서 전반적인 비용 절감과 가동 시간을 늘리기 위해 이를 이용합니다. 본질적으로 LC 장치는 여러 구성 요소로 이루어져 있으며, 동일한 공급업체의 호환 가능한 구성 요소를 사용하면 주요 분석에서 하나의 구성 요소에 오류가 발생했을 때 해당 모듈을 교체하여 문제를 신속하게 해결할 수 있습니다. 이전 버전과의 호환성과 광범위한 업그레이드 옵션이 보장되면 장기적으로 전체 운영 비용도 낮아질 것입니다.

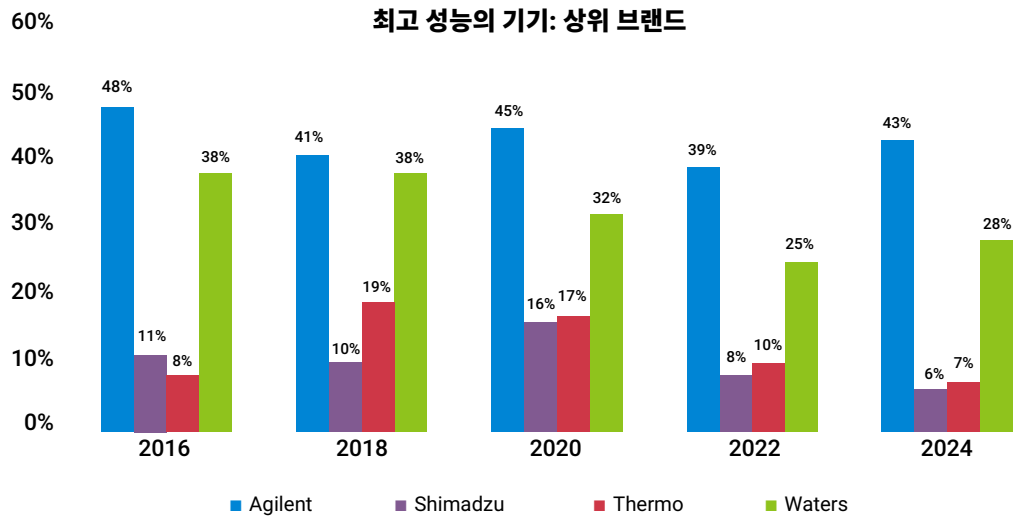
공급업체와 유리한 계약을 협상하고, 대량으로 구매하고, 기기에 대한 서비스 계약을 맺으면 이러한 많은 품목에서 비용을 줄일 수 있습니다.

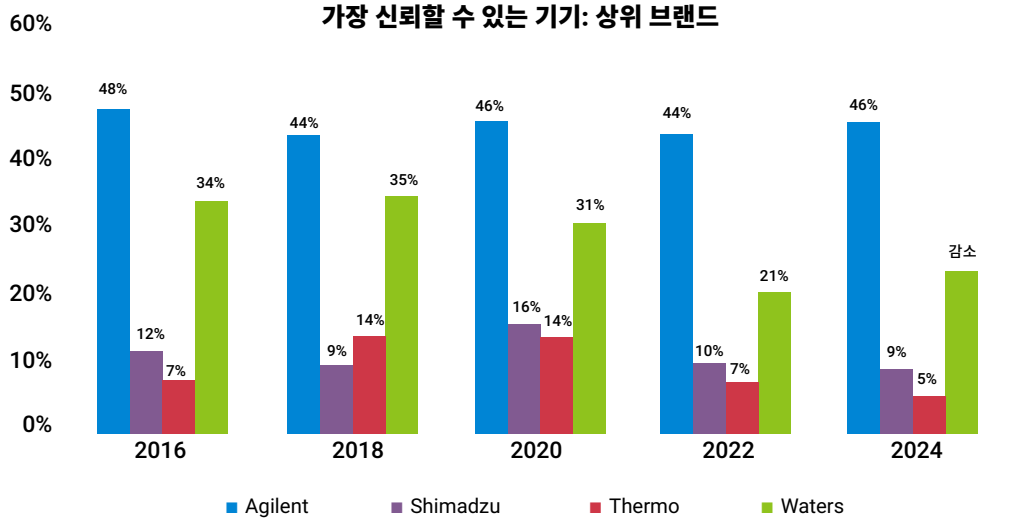
최적의 실험실 배치, 기기의 전력 소비 감소, 그리고 잘못된 시작을 최소화하기 위한 완성도 높은 표준 운영 절차(SOP)의 마련도 운영 비용을 줄이는 데 도움이 됩니다. 간과하기 쉬운 또 하나의 부분은 공급업체 관계입니다. 공급업체와 유리한 계약을 협상하고, 대량으로 구매하고, 기기에 대한 서비스 계약을 맺으면 이러한 많은 품목에서 비용을 줄일 수 있습니다.

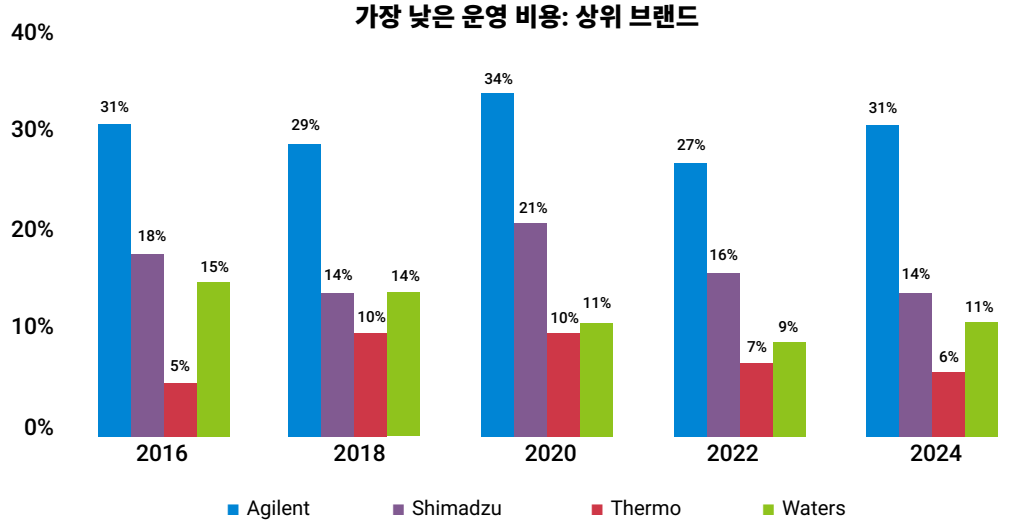
이 설문조사에서는 참가자들에게 위의 요소, 즉 성능, 신뢰성, 유지 비용 절감을 가장 많이 충족하는 공급업체가 어디인지 묻습니다. 애질런트는 2012년부터 이러한 각 부문에서 지속적으로 가장 높은 평가를 받은 브랜드의 자리를 지키고 있습니다. 마지막 5차례의 설문조사 결과를 **그림 1**의 차트에 표시했습니다.

또한 중요한 부분으로, 기기의 가격을 낮추는 데 사용할 수 있는 방법 중 하나는 중고품을 구매하는 것입니다. 이는 잠재적으로 문제가 될 수 있는 부분입니다. 원래 판매업체를 통해 공장에서 수리되어 보증이 제공되는 중고 기기를 구매하는 것은 비용 효율적일 수 있습니다. 하지만 타사 중개업체로부터 중고 기기를 구매하면 문제의 소지가 많습니다. 중고 기기는 대개 “사용된 상태 그대로”이며, 주요

그림 1: LC 기기의 성능, 안정성 및 낮은 운영 비용을 연도별로 비교한 결과입니다. 이 데이터는 지난 8년간 LC 기기 사용자를 대상으로 실시한 설문조사 결과에 기초합니다.







구성 요소가 빠져 있거나 기기를 실행하는 소프트웨어를 사용할 수 없는 경우가 있습니다. 이보다 더 큰 문제는 원래 기기 판매업체가 기기에 대한 서비스 계약을 거부하거나 아예 서비스를 제공하지 않을 수도 있다는 것입니다. 이는 잘못된 경제적 판단의 한 예입니다.

결론

기기의 수명 동안 기기의 총 유지 비용과 실험실 예산에 미치는 재정적 영향을 고려하는 것이 중요합니다. 비용 효율적인 기기 구매를 위해서는 최저가 견적만 보아서는 안 됩니다. 기기의 수명 기간 동안 지출되는 금전적 비용을 측정하는 것이 기기 비용을 측정하는 훨씬 더 나은 방법입니다. 모든 요소를 고려한 후에는 가격이 비싸지만 잘 설계된 기기, 즉 우수한 지원과 긴 사용 수명을 제공하는 최고의 공급업체로부터 기기를 구매하는 것이 장기적으로 가장 저렴한 구매인 경우가 많습니다.

참조

1. Snyder, L. R., Kirkland, J. J., & Dolan, J. W. (2010). *Introduction to Modern Liquid Chromatography*. John Wiley & Sons.



운영 우수성 보장:

신뢰성, 기기 정지 최소화 및 뛰어난 고객 지원의 중요성

LC 또는 LC-MS 기기를 선택할 때는 신뢰성, 유지보수 용이성 및 탄탄한 고객 지원이 초기 구매 가격보다 더 중요한 경우가 많습니다. 이를 통해 실험실의 장기적 생산성과 운영 우수성이 보장되기 때문입니다.

소개

크로마토그래피 분리는 물질의 판별과 식별을 포함한 대부분의 분석에 중요합니다. 최근 시장 보고서에 따르면, 2030년까지 액체 크로마토그래피(LC) 시장 규모는 80억 달러를 넘어설 것으로 추산됩니다.[1] 크기 배제 크로마토그래피(SEC), 이온 교환 크로마토그래피(IEX), 분취용 LC 등 LC에는 다른 형태도 있지만, 대부분의 작업에는 자외선(UV)과 같은 비특이적 검출기나 질량 분석기(MS)와 같은 화합물 특정 검출기를 사용하는 분석용 HPLC 및 UHPLC가 이용됩니다.[2]

light.poet - stock.adobe.com

분석 실험실에서 액체 크로마토그래피-질량분석(LC-MS)의 결합 기술이 점차 더 일반화되고 있습니다. 최근 시장 보고서에 따르면 2022년 대비 2030년까지 시장 규모가 거의 3배로 늘어날 것으로 예측됩니다.[3] LC는 LC-MS 기기에서 공통적인데, 이러한 LC는 SQ 또는 QQQ MS의 세부 형태, 또는 이온 트랩 MS와 연결됩니다. 질량 분석기의 각 세부 형태는 특정 문제에 적합한 다양한 데이터를 제공하도록 설계됩니다.

이러한 기기는 분석 실험실의 주력 장비입니다. 기기의 신뢰성, 기기 정지 시간의 단축, 그리고 시기적절하게 공급업체에 연락하여 답변을 얻을 수 있는지 여부는 구매 결정에 있어서 중요한 요소입니다. 많은 경우, 이러한 요소들이 기기의 구매 가격보다 더 중요합니다.

이 범주의 기기가 설치된 대부분은 분석 테스트, 제약, 생명 과학 또는 환경 분석 실험실을 포함한 산업 현장에 있습니다. 이런 환경에서는 사용자가 바로 작동 가능하게 기기를 유지하는 것이 중요합니다. 작동하지 않는 기기나 제대로 작동하지 않는 기기는 실험실과 회사에 생산성 저하라는 손실을 가져옵니다. 최근 이러한 분석용 LC 기기 사용자를 대상으로 실시한 설문조사에 따르면, 응답자의 95%가 공급업체를 선택할 때 신뢰성을 중요한 요소로 평가했습니다. **그림 1**은 설문조사 응답자들이 LC 기기 공급업체를 선택할 때 가장 중요하게 생각하는 요소를 보여줍니다. **그림 2**는 분석용 LC 및 LC-MS 주요 브랜드 간의 기기 신뢰성을 비교한 결과입니다.

그림 1: LCGC가 2024년에 실시한 설문조사 결과에 근거하여 LC 기기를 선택할 때 중요한 요소들을 보여줍니다. 여기서 기기의 신뢰성이 구매 결정에 핵심적임을 알 수 있습니다.

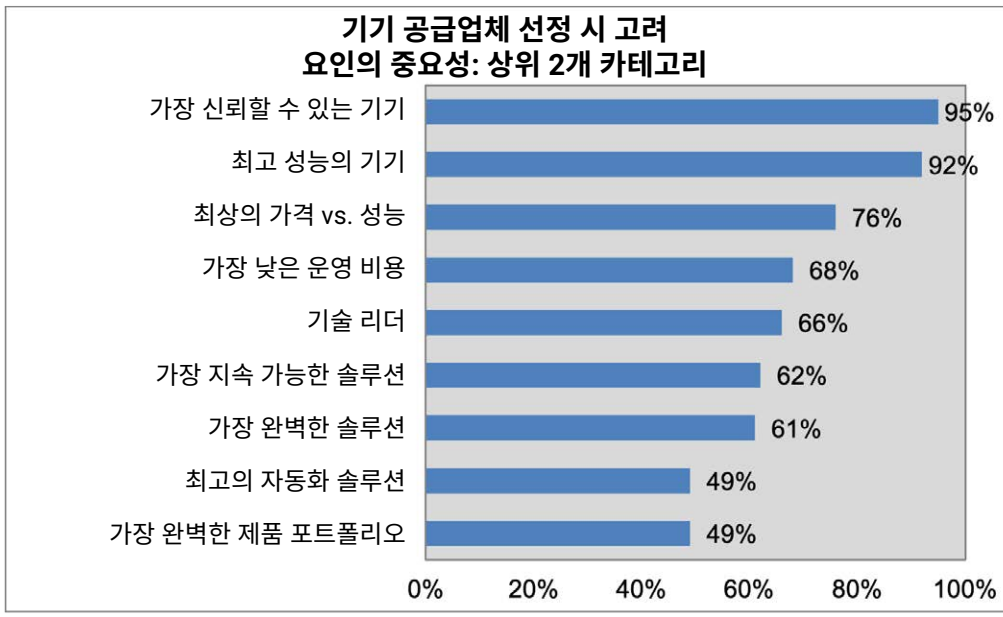
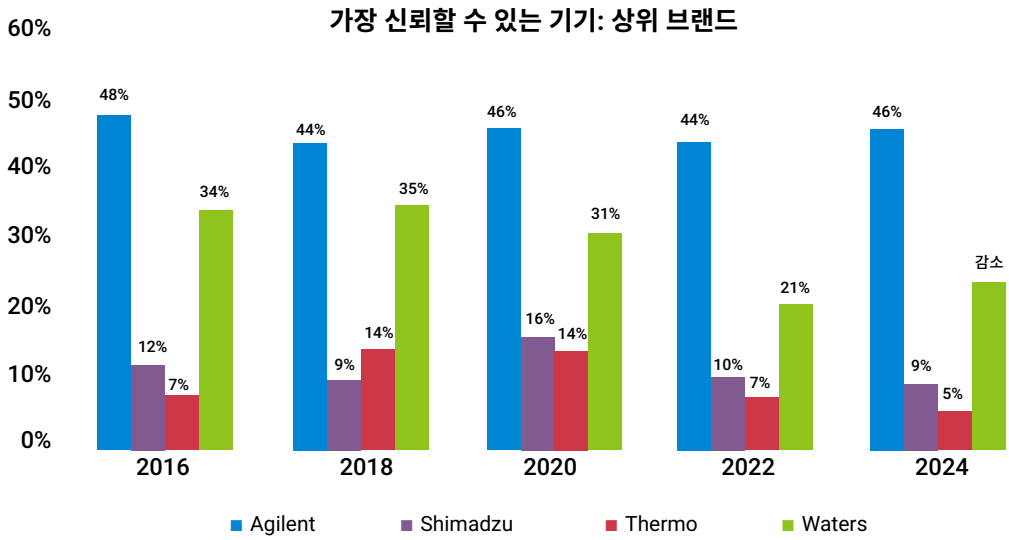


그림 2: LCGC가 지난 8년간 실시한 설문조사 결과를 바탕으로 분석용 LC와 LC-MS의 브랜드를 비교했습니다.



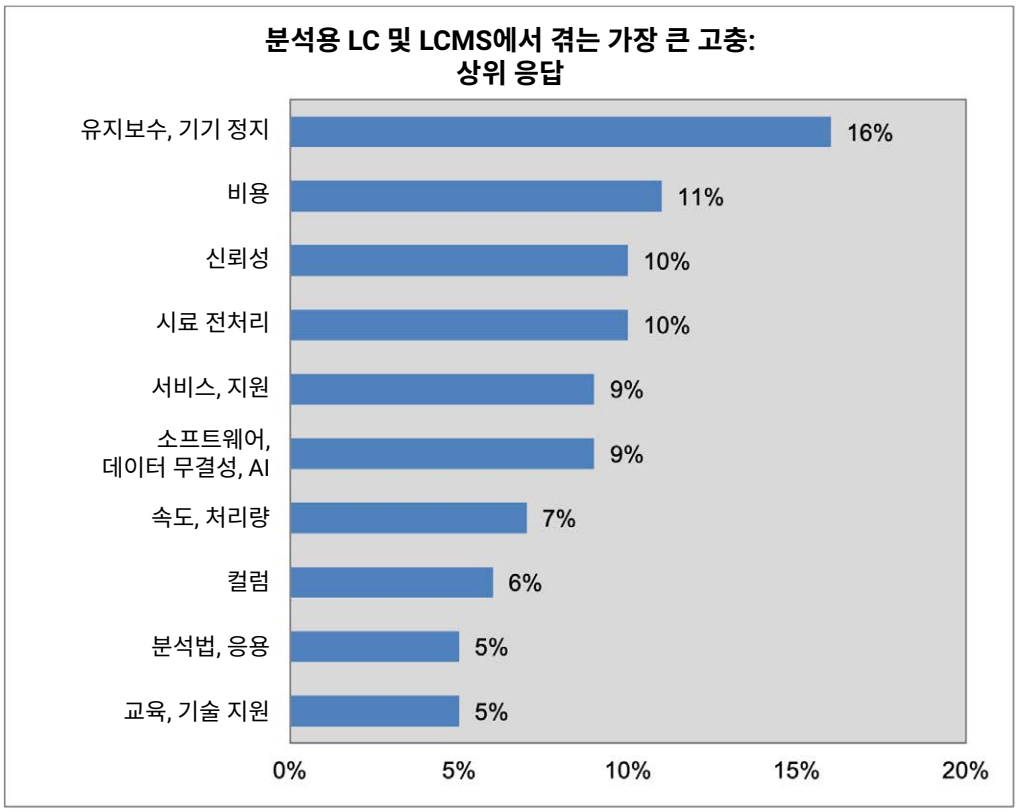
신뢰성에 영향을 미치는 요소 중 다수는 전반적인 설계 및 제조 과정에 포함됩니다. 기기 공급업체는 현장에서 자사 제품의 신뢰성을 보장하기 위해 다양한 전략을 사용합니다. 기기 업체는 설계 및 제조 과정의 모든 단계에서 광범위한 문서화와 변경 관리를 요구하는 국제 표준화 기구(ISO) 원칙을 준수합니다. 너무 빠듯하지도, 너무 여유롭지도 않은 견고한 설계 사양을 적용하면 조립 라인에서 나온 모든 기기가 동일한 방식으로 작동하도록 보장할 수 있습니다. 씰과 같은 재료에 대한 사양이 엄격하다는 것은 성능을 저하시킬 수 있는 저품질 재료가 발생하지 않는다는 것을 의미합니다. 마지막으로, 기기는 고객이 쉽게 유지보수할 수 있도록 설계되어야 합니다. 여기에는 덮개를 여는 방법과 같은 단순한 세심함이 포함됩니다.

제조 과정에서는 모든 기기가 사양에 따라 성능을 발휘하는지 확인하기 위해 엄격한 최종 테스트를 거쳐야 합니다. 숙련된 서비스 엔지니어가 기기를 설치하고 현장 테스트를 실시할 수 있으며, 이는 원하는 성능을 발휘하는 장치를 손에 넣기 위한 마지막 단계입니다.

최근 조사에서 가장 자주 언급된 문제점은 유지보수와 기기 정지였습니다(**그림 3**). 이러한 두 가지 병목 현상은 모두 실험실의 생산성에 영향을 미칩니다. 기기 정지를 최소화하려면 신뢰할 수 있는 기기가 필요하며, 일상적인 유지보수를 쉽게 수행할 수 있는지 여부도 관련이 있습니다.

고객의 유지보수를 염두에 두고 기기가 설계되었다면 사용자가 정기적인 유지보수를 수행할 가능성이 더 높습니다. 이러한 유지보수는 기기의 장기적 성능을 위해 중요합니다. 실험실에서 이러한 일상적 유지보수를 장려하기 위한 몇 가지 전략이 존재합니다.

그림 3: LCGC가 실시한 2024년 설문조사에 따르면, 응답자의 16%가 유지보수와 기기 정지를 가장 큰 고충으로 꼽았습니다.



첫 번째 단계는 기기 성능을 추적하는 것입니다. 표준 또는 테스트 시료를 실행하고 결과에 대한 관리 차트를 생성하면 장기적인 성능 저하가 드러날 수 있습니다. 성능 테스트와 정기 유지보수 일정을 계획하고 잘 따르면 잘못된 데이터로 이어질 수 있는 오류 발생을 예방하는 데 도움이 됩니다. 누구나 순서대로 따를 수 있는 표준화된 문제 해결 단계를 마련해 놓으면 체계적이지 않은 접근 방식보다 문제의 근본 원인을 더 빨리 찾을 수 있습니다. 고객에게 문제 해결에 필요한 문서를 제공할 수 있는 기기 공급업체를 우수하게 평가해야 합니다.

고객 지원은 운영 우수성의 세 번째 요소입니다. 고객 지원은 쉽고 빠르게 해결책을 찾을 수 있는 창구인 만큼 많은 경우에 고객의 관심이 가장 집중되는 부분입니다. 고객이 회사 웹사이트에서 필요한 정보를 찾을 수 있습니까? 고객이 겪는 가장 불쾌한 경험 중 하나는 여러 웹 페이지를 뒤지고 키워드를 추측해서 필요한 정보를 찾아야 하는 상황입니다. 고객 지원 팀이 신속하게 대응합니까? LC를 광범위하게 사용하는 많은 조직은 여러 교대조로 운영되는데, 질문이나 문제점을 가진 고객이 전화를 걸었을 때 실제 담당자와 통화할 수 있는 옵션이 있습니까? 아니면 음성 메일 시스템으로 연결되어 24시간 이내에 전화를 해주겠다는 메시지를 들어야 합니까? 여기에 많은 직원이 투입되기는 하지만, 24시간 연중무휴로 운영되는 헬프라인이 있다면 공급업체가 고품질의 고객 지원을 제공하기 위해 노력하고 있음을 보여줄 수 있습니다.

마찬가지로 고객 교육도 장기적으로 고객 만족을 얻는 데 도움이 됩니다. 교육은 기기 소프트웨어와 관련된 비디오, 온라인 과정(사전 녹화 또는 실시간), 그리고 가장 만족스러운(및 비용이 많이 드는) 경험을 위해 기기 공급업체 시설에서 직접 실시하는 교육 등 다양한 형태로 이루어질 수 있습니다.

새로운 응용을 확인하고 적극적으로 분석법을 개발해주는 공급업체가 있다는 것은 매우 가치 있는 일입니다.

고객 지원으로 인식되지 않는 것 중 하나는 응용 지원입니다. 많은 LC 기기가 일상적인 환경에서 사용되지만, 더욱 정교한 기기를 사용하는 R&D 환경에서 표준화된 분석법을 수행할 때 기기 전문가인 과학자와 문제를 논의하면 분석법 개발 기간을 크게 단축할 수 있습니다. 새로운 응용을 확인하고 적극적으로 분석법을 개발해주는 공급업체가 있다는 것은 매우 가치 있는 일입니다.

마지막으로, 서비스 엔지니어는 고객에게 회사의 대표자로 비춰지기 때문에 매우 중요합니다. 일반적으로, 고객은 사전에 엔지니어와 문제를 논의하며, 많은 고객은 엔지니어가 솔루션을 손에 들고 현장에 도착할 것으로 기대합니다. 엔지니어는 고객의 기대에 따라 기기를 이해하고 문제를 해결해야 합니다.

결론

여기서 논의한 모든 내용들은 서로 연관되어 있습니다. 기기 설계는 신뢰성, 유지보수 및 서비스에 영향을 미칩니다. 신뢰성은 기기 정지를 최소화하는 등 생산성과 성능에 영향을 미칩니다. 고객 지원은 고객 경험, 기기의 사용성 및 신뢰성에 대한 인식, 그리고 기기와 실험실의 생산성에 영향을 미칩니다. 이러한 요소들은 기기의 운영 우수성과 만족한 고객의 충성도로 이어집니다.

참고 자료

1. Chasse, J. HPLC Market Predicted to Reach $8.22 Billion by 2033. *Chromatography Online* 2024.
2. Stevenson, R. L. HPLC 2022: Instrument Advances and Fresh Applications at 50th International Symposium. 2024.
3. Zion Market Research. LC-MS Market Size, Share, Trends, Opportunities, Scope & Forecast 2030. 2024.



진보를 이끄는 견인력:

분석용 LC 기기에서 혁신과 성능의 역할

1960년대 후반에 HPLC가 도입된 이래로 컬럼 기술, 하드웨어, 소프트웨어의 혁신, 특히 UHPLC와 LC-MS의 발전으로 분석 화학의 수준이 크게 도약했습니다.

소개

초의 고성능 액체 크로마토그래피(HPLC) 기기는 1960년대 후반에 도입되었으며, 이를 계기로 분석 화학과 분리 과학에서 중요한 진전이 이루었습니다. 그 이후로 많은 개발을 통해 이 기술이 더욱 발전했습니다. *Chemical and Engineering News*에 게재된 한 기사에서 저자는 동료 평가 저널에 발표된 학문적 성과에 중점을 두고 HPLC의 초기 개발 과정을 추적했습니다.[1] 하지만 학계는 제품을 생산하지 않으며, 시장에 제품을 공급하려면 통찰력 있는 기업이 필요합니다.

vladim_ka - stock.adobe.com

기술은 두 가지 방향으로 전개되었는데, 바로 계측 장비의 개발과 더 나은 효율적 컬럼의 개발이었습니다.[2-4] 많은 회사가 이러한 발전에 참여했으며, 이 기술의 도입 이후 변화와 통합이 이루어지면서 이러한 참고문헌에 언급된 많은 회사가 인수되어 현재는 3대 분석용 액체 크로마토그래피(LC) 공급업체, 즉 Agilent, Thermo Fisher Scientific 및 Waters 중 하나에 속하게 되었습니다.[2]

최초의 HPLC 기기가 출시된 이래로 시장은 컬럼, 하드웨어 및 소프트웨어 측면에서 큰 변화를 겪었습니다.

하드웨어 분야에서 이루어진 중요한 발전 사항을 **표 1**에 나타내었습니다. 이러한 발전 과정은 날짜별로 쉽게 분류하여 나열할 수 있습니다. 하지만 분리 성능에 발전을 가져온 실질적인 변화는 점진적이며 컬럼 기술과 관련이 있습니다.[1]

최초의 HPLC 기기가 출시된 이래로 시장은 컬럼, 하드웨어 및 소프트웨어 측면에서 큰 변화를 겪었습니다. 이러한 변화 중 일부는 전자 장치 및 컴퓨터 기술과 같은 분야의 전반적인 기술 발전이 이끌었지만, 대부분의 혁신은 더 낮은 검출 한계, 더 나은 화합물 분리, 향상된 화합물 식별을 추구하는 업계 자체에 의해 주도되었습니다.

분석용 LC 분야에 혁명을 일으킨 두 가지 기술적 발전은 초고성능 액체 크로마토그래피(UHPLC)의 도입, 그리고 초고속 MS와 다양한 형태의 탠덤 LC-MS를 포함해 LC와 질량 분석법(MS)의 결합 기술에서 이루어진 큰 발전입니다.[5] 이러한 발전 덕분에 과거에는 거의 접근이 불가능했던 분야의 연구가 가능해졌습니다.

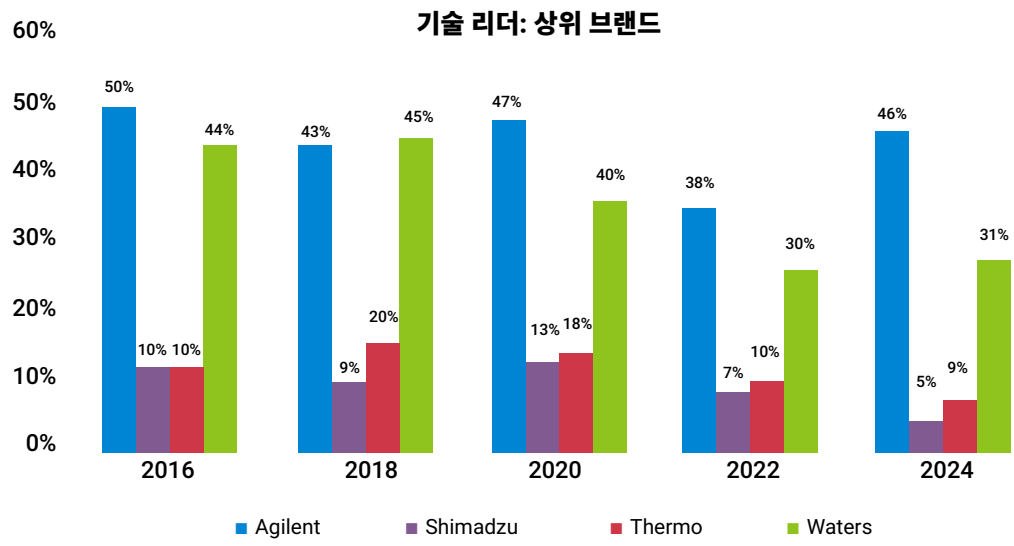
최근 분석용 LC 사용자를 대상으로 실시한 설문조사에서 응답자의 66%가 기술을 선도하는 공급업체를 높이 평가한다고 답했습니다(**그림 1**). 애질런트와 Waters는 계측기 분야에서 많은 중요한 발전을 이끌어왔기 때문에 기술 리더로 가장 자주 언급되었습니다(**표 1**).

최근 몇 년 동안 이루어진 가장 중요한 혁신은 역학, 약리학, 독성학, 질병 생물학 등의 분야에 영향을 미친 기술인 LC-MS 대사체학의 발전에서 비롯된 것입니다.[6]

표 1: 분석용 LC 및 LC-MS 분야에서 이루어진 하드웨어의 주요 발전 사항. 이는 모든 내용을 담고 있지 않으며 주요 공급업체가 업계의 발전에 어떤 역할을 했는지 보여주기 위한 것입니다.

연도	기술	회사
1967	최초의 상용 통합 HPLC 기기	Picker Nuclear (현재 애질런트)
1968	6포트 주입 밸브	Valco
1968	최초의 모듈식 LC 검출기	Milton Roy
1972	HPLC를 위해 특별히 설계된 최초의 모듈식 펌프	Waters
1974	최초의 마이크로프로세서 제어 적분기	HP(현재 애질런트)
1974	최초의 모듈식 자동 시료 주입기	Micromeritics(현재 Malvern Panalytical)
1976	자동 시료 주입, 흐름 제어, UV 검출기 기록 및 보고를 위한 디지털 프로세서 제어 기능을 갖춘 최초의 통합 HPLC	HP(현재 애질런트)
1976	방사형 압축 컬럼의 도입	Waters
1977	최초의 HPLC용 다이오드 어레이 검출기(DAD)	HP(현재 애질런트)
1977	이동 벨트 LC-MS 인터페이스	Finnegan(현재 Thermo)
1978	최초의 HPLC용 굴절률 검출기	Waters
1981	최초의 HPLC-MS 기기	PerkinElmer
1987	열분무 HPLC/MS 인터페이스	Vestec
1989	전기분무 HPLC/MS 인터페이스	Sciex
1989	ChemStation 소프트웨어 도입	HP(현재 애질런트)
1990	최초의 모듈식 HPLC 시스템	HP(현재 애질런트)
1996	최초의 Empower 소프트웨어	Waters
2004	최초의 ACQUITY UPLC 시스템	Waters
2005	최초의 HPLC-Chip/MS 시스템	애질런트
2005	최초의 하전 에어로졸 검출기(CAD)	ESA Biosciences (현재 Thermo)
2007	RFID 기술을 적용한 최초의 HPLC 시스템	애질런트
2010	H-Class UPLC 시스템 도입	Waters
2012	최초의 지능형 시스템 에뮬레이션 기술(ISET)	애질런트
2014	Agilent 1290 Infinity II 시리즈(UHPLC)	애질런트
2014	Vanquish UHPLC	Thermo
2016	Infinity II 증기화 광산란 검출기	애질런트
2016	MS용 ZipChip 인터페이스	908 Devices
2020	SureSelect XT HS2 RNA 시스템	애질런트

그림 1: LCGC가 실시한 2024년 설문조사에 따르면 응답자들은 기술을 선도하는 공급업체를 높이 평가했습니다.



LC-MS가 이러한 연구 분야에 진입할 수 있었던 것은 분해능, 감도, 시료 처리량 측면에서 시스템의 성능이 향상된 덕분입니다. 이는 응답자들이 고성능 도구의 요건으로 언급한 주요 지표였으며, 응답자의 92%가 높은 성능에 우선 순위를 두었습니다.

*LCGC*가 기록한 패널 토론에서 언급된 흥미로운 발전 사항 중 하나는 누구나 기술을 올바르게 사용할 수 있도록 하는 사용하기 쉬운 계측기로의 전환입니다.[5] 이는 고성능의 요건에 더해 과학자들이 기기 유지보수에 귀중한 시간과 자원을 들이지 않고도 연구를 수행할 수 있어야 한다는 필요성에 따른 결과입니다.

지난 10년을 돌아볼 때 가장 중요한 발전은 UHPLC의 도입이었습니다. 압력이 높아지고 입자 크기가 작아지면 분해능이나 감도를 저하시키지 않고도 시료 처리량이 크게 증가했습니다. 실제로 이 접근 방식을 구현함으로써 분해능과 감도가 모두 향상되어 검출 한계가 낮아졌습니다.

표 2는 설문조사 응답을 기초로 분석용 LC 및 LC-MS에 나타난 가장 중요한 추세를 보여줍니다. 가장 많이 언급된 추세로는 새로운 분석법, 자동화의 확대, UHPLC로의 추가적인 전환이 꼽혔습니다. 물론, UHPLC로의 전환은 속도와 처리량의 증가와 관련이 있습니다. 데이터 측면에서는 소프트웨어 개선, 데이터 무결성 향상, 인공지능(AI)의 보다 효과적인 활용도 언급되었습니다. AI를 잘 활용하면 분석법 개발 시간이 단축되고, 유지보수 주기가 최적화되며, 데이터 실행에서 이상치를 자동으로 감지할 수 있는 잠재력이 있음에도 AI가 낮은 순위를 차지한 것은 흥미롭습니다.

표 2: 설문조사 응답자들이 향후 5년 동안 중요할 것으로 언급한 상위 5가지 트렌드.

향후 5년간 분석용 LC 및 LC-MS에 있을 가장 중요한 트렌드 (N=458)	
카테고리	**%**
분석법, 응용	14%
자동화	12%
UHPLC로의 전환	12%
속도, 처리량	10%
소프트웨어, 데이터 무결성, AI	8%

결론

최초의 HPLC 시스템이 도입된 이래로 혁신은 분석용 LC의 성장과 응용 분야 확대에 핵심적인 역할을 해왔습니다. 연구는 발전을 이끌고, 발전을 연구를 이끈다는 말이 잘 들어맞는 대목입니다. 핵심 고객의 의견에 귀를 기울이고, 새로운 연구 분야에 집중하며, 사내 전문가에게 분리 과학의 첨단을 탐구할 수 있는 역량을 부여함으로써 분석용 LC 및 LC-MS 분야의 기술 리더는 선도적 위치를 유지할 것입니다.

참고 자료

1. Arnaud, C. H. 50 years of HPLC. *Chem. Eng. News* 2016. DOI: 10.1021/cen-09424-cover1.
2. Majors, R.; Baltrus, J. The Top 10 Game Changers in HPLC History. *Analytical Scientist* 2020.
3. Henry, R. A. The Early Days of HPLC at DuPont. *Chromatography Online* 2020, *27*, 146-153–146-153.
4. Majors, R. Historical Developments in HPLC and UHPLC Column Technology: The Past 25 Years. *Chromatography Online* 2015, *33*, 818-840–818-840.
5. Botcherby, L.; Matheson, A. Trends and Developments in LC–MS. *Chromatography Online* 2022, *16*, 10-14–10-14.
6. Plumb, R. S.; Gethings, L. A.; Rainville, P. D.; Isaac, G.; Trengove, R.; King, A. M.; Wilson, I. D. Advances in high throughput LC/MS based metabolomics: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 2023, *160*, 116954. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.116954.

DE-003407
이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.
© Agilent Technologies, Inc. 2025
2025년 1월 31일, 한국에서 발행
5994-8394KO

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

후원사
Agilent

Agilent InfinityLab



미래를 위해 만들어진 HPLC를 **만나보세요**



새로운 Agilent Infinity III LC 시리즈

새로운 HPLC 세대가 출시되었습니다—일상 HPLC 일반성에 대한 더 많은 지원을 받고 결과에 대한 확신을 달성하세요. 현명한 투자를 하고, 연구실의 지속 가능성을 높여보세요.

미래를 위해 만들어진 HPLC
www.agilent.com/lc/made-for-tomorrow-kr

지원 | 신뢰 | 투자 | 지속 가능성

Agilent
Trusted Answers

DE-000820

© Agilent Technologies, Inc. 2024