

Technical Note 26TN-K-0004

컬럼 규격 변경을 통한 잔류농약 GC-MS/MS 분석시간 단축의 이론적 검토

식품공전 7.1.2.2 「다성분 시험법-제2법」의 Fast-GC Method Translation 전략

Jaeyeong Choi, Ph.D.^{1,2}, Heonjoo Ham^{1,2}¹Sungmoon Systech Corp., Seoul, Republic of Korea²Korea Institute of Analytical Science and Technology (KIAST), Seoul, Republic of Korea(주)성문시스텍
SUNGMOON SYSTECH CORP

서울시 성동구 성수일로 99 (서울숲AK밸리 지식산업센터), 1405 ~ 1411호 02-2201-5881 https://smst.co.kr sales@phenomenex.co.kr

■ 서론

배경 및 접근 전략

식품공전 7.1.2.2 「다성분 시험법-제2법」에서 다루는 272종 잔류농약의 GC-MS/MS 동시분석은 다수의 MRM transition과 넓은 휘발성 범위를 동시에 다루므로, 검사기관의 일상적인 시료 처리량 측면에서 분석시간 단축의 필요성이 크다 [1]. 앞선 기술노트(26TN-K-0003)에서는 Zebron™ ZB-5MS plus 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm 컬럼 (P/N 7HG-G030-11)과 Zebron PLUS Single Taper Z-Liner™ (4 mm ID, P/N AG2-0A13-01)를 이용하여 해당 다성분 시험법에 대한 적용 가능성을 검토하였으며, Agilent 8890 GC 플랫폼에서 약 25분의 총 분석시간(온보 프로그램 24.33분)과 3.155-21.924 min의 용출 구간을 확인하였다 [2,3].

본 기술노트에서는 정지상 화학과 상비(phase ratio)를 유지하면서 컬럼 규격을 20 m × 0.18 mm × 0.18 μm (P/N 7FD-G030-08)로 변경하여, 약 15분 수준의 fast-GC 조건으로 전환하는 이론적 근거를 검토한다. ZB-5MS plus는 5% phenyl-arylene 선택성과 USP G27 분류를 갖는 저블리드 GC-MS용 정지상이며, 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm와 20 m × 0.18 mm × 0.18 μm 규격이 모두 상용화되어 있다 [2,4].

다만 GC 방법의 축소는 단순히 컬럼 길이만 줄이는 과정이 아니다. 컬럼 길이(L), 내경(d_c), 필름두께(d_f), 입구압력, 평균 선속도 및 온도 프로그램이 함께 변하며, 운반기체의 압축성과 GC-MS의 진공 출구 조건도 고려해야 한다 [5-8]. 따라서 본 TN에서는 상비, Golay 이론, Purnell 방정식, 컬럼 기하학 및 method translation 원리를 이용하여 컬럼 규격 변경에 따른 크로마토그래피 특성의 변화를 정량적으로 추정하였다. 이후 Agilent 및 Shimadzu GC-MS/MS 시스템에서 확보한 실험 결과를 바탕으로 이론적 예측의 타당성을 검토하고, 장비 플랫폼에 따른 운반기체 압력 조건, 체류시간, 피크 분리 양상 및 분석시간을 비교함으로써 272종 잔류농약 다성분 분석에 대한 적용성을 평가하였다.

■ 컬럼 규격 변경의 이론적 분석

상비(β)의 보존과 체류 특성

얇은 액상 필름을 갖는 개방형 모세관 컬럼에서 상비 β는 다음과 같이 근사된다 [6,9].

$$\beta \approx d_c / (4d_f)$$

30 m 컬럼과 20 m 컬럼의 상비는 각각 다음과 같다.

$$\beta_{30} = 250 \mu\text{m} / (4 \times 0.25 \mu\text{m}) = 250$$

$$\beta_{20} = 180 \mu\text{m} / (4 \times 0.18 \mu\text{m}) = 250$$

두 컬럼은 내경과 필름두께가 모두 0.72배로 축소되어 상비가 동일하다.

동일한 정지상과 온도에서 분석물질의 분배계수를 K라 하면 체류계수는 $k = K/\beta$ 로 표현되므로, 상비 보존은 분석물질의 기본적인 체류 특성을 유사하게 유지하는 데 유리하다 [6,9].

그러나 상비가 같다는 사실만으로 절대 체류시간, 피크 간격 또는 MRM segment를 그대로 승계할 수 있는 것은 아니다. 온도 프로그램 GC에서는 분석 중 K와 k가 지속적으로 변하고, 실제 체류시간은 평균 선속도, 입·출구 압력, 온도 프로그램, 연결부의 extra-column volume 및 개별 컬럼 편차에도 영향을 받는다 [5,7,10]. 따라서 기존 RT와 segment 정보는 초기 설계에 활용할 수 있지만, 20 m 조건의 실측 RT를 기준으로 retention-time window와 scheduled MRM 구간을 재설정해야 한다.

Golay 방정식과 이론단수의 변화

충전제가 없는 개방형 모세관 컬럼에서는 Eddy diffusion 항이 존재하지 않으므로, 단높이 H는 Golay 형태로 다음과 같이 나타낼 수 있다 [6,9,11].

$$H = B/u + (C_m + C_s)u$$

여기서 u는 평균 선속도, B/u는 종방향 확산 항, C_m u와 C_s u는 각각 이동상 및 정지상에서의 물질전달 저항 항이다. 단순화된 기하학적 관계에서 이동상 물질전달 항은 주로 d_c²/D_m, 정지상 물질전달 항은 d_f²/D_s에 의존한다 [6,9,11]. 따라서 d_c와 d_f를 각각 0.72배로 줄이면 해당 기하학적 기여는 약 0.72² = 0.518배로 감소하여 고속 운전 시 물질전달 저항을 줄이는 방향으로 작용한다.

다만 이 결과만으로 전체 H가 정확히 0.518배가 된다고 해석해서는 안 된다. 전체 H에는 종방향 확산 항과 압축성 보정, 온도 의존적 확산 계수 및 실제 선속도의 영향이 함께 포함되기 때문이다. 비교 가능한 최적 또는 등가 평균 선속도에서 단높이(H)가 컬럼 내경(d_c)에 대체로 비례한다고 가정하면, 이론단수는 $N = L/H$ 의 관계에 따라 근사적으로 L/d_c에 비례한다. 따라서 20 m × 0.18 mm 컬럼과 30 m × 0.25 mm 컬럼의 이론단수 비는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$N_{20}/N_{30} \approx (L_{20}/L_{30}) \times (d_{c,30}/d_{c,20}) = (20/30) \times (0.25/0.18) = 0.667 \times 1.389 = 0.926$$

즉, 컬럼 길이를 30 m에서 20 m로 단축하는 효과만 고려하면 총 이론단수는 기존의 약 66.7% 수준으로 감소한다. 반면 내경을 0.25 mm에서 0.18 mm로 축소하면 단위 길이당 효율은 약 1.39배 증가하는 것으로 근사할 수 있다.



두 효과를 동시에 반영하면 20 m 컬럼의 총 이론단수는 기존 30 m 컬럼의 약 92.6%, 즉 약 93% 수준으로 예측된다. 이는 컬럼 길이 단축에 의해 발생할 수 있는 약 33%의 이론단수 감소분 중 상당 부분이 좁은 내경에 따른 단위 길이당 효율 증가로 보완되고, 최종적인 총 이론단수 감소는 약 7% 수준으로 제한됨을 의미한다. 이 계산은 method translation의 설계 타당성을 설명하는 근사이며, 실제 N은 개별 성분의 피크 폭과 체류시간으로 확인해야 한다.

Purnell 방정식에 따른 분리능 예측

두 인접 피크의 분리능 R_s 는 Purnell 방정식에 따라 효율, 선택성 및 체류 항으로 구분할 수 있다 [9,13].

$$R_s = (\sqrt{N/4}) \times ((\alpha - 1)/\alpha) \times (k_2/(1 + k_2))$$

동일한 5% phenyl-arylene 정지상과 동일 상비를 사용하므로 선택성 α 와 체류계수 k 는 1차적으로 유사하게 유지될 것으로 기대할 수 있다. 그러나 실제 α 와 k 가 완전히 동일하다고 보장할 수는 없으므로, 이를 근사 가정으로 명시해야 한다. α 와 k 가 실질적으로 유지되고 extra-column broadening이 유사하다고 가정하면 분리능 변화는 주로 N의 제공근에 의해 결정된다.

$$R_{s,20}/R_{s,30} \approx \sqrt{(N_{20}/N_{30})} = \sqrt{0.926} = 0.962$$

따라서 이론적 분리능 감소는 약 3.8%로 예측된다. 예를 들어 원본 조건에서 $R_s = 1.50$ 인 임계 피크쌍은 약 $R_s = 1.44$ 로 감소할 수 있다. $R_s \approx 1.5$ 는 대칭 피크에 대한 전형적인 baseline separation 기준이므로, $R_s = 1.44$ 를 baseline 분리의 유지로 단정해서는 안 된다. 반면 원본에서 충분한 분리 여유를 가진 피크쌍은 20 m 조건에서도 실용적인 분리를 유지할 가능성이 높다.

GC-MS/MS의 MRM 선택성은 서로 다른 precursor/product transition을 갖는 동시용출 성분의 간섭을 완화할 수 있지만, 동일하거나 유사한 transition을 공유하는 구조 이성질체 및 입체 이성질체의 크로마토그래피 분리를 대체하지 못한다 [14,15]. 따라서 이성질체, 동일 transition 공유 성분 및 원본 조건에서 R_s 가 낮았던 critical pair는 실측 분리능, ion ratio 및 정량 편향을 별도로 검증해야 한다.

컬럼 기하학과 분석시간 단축

컬럼의 기하학적 내부 체적은 다음과 같이 표현된다.

$$V_{col} = \pi(d_c/2)^2 L$$

두 컬럼의 체적비는 다음과 같다.

$$V_{20}/V_{30} = (20/30) \times (0.18/0.25)^2 = 0.346$$

20 m 컬럼의 기하학적 내부 체적은 30 m 컬럼의 약 35%이다. 그러나 GC 운반기체는 압축성 유체이며, 특히 GC-MS에서는 컬럼 출구가 진공에 연결되므로 정체시간과 체류시간이 컬럼 체적에 단순 비례한다고 볼 수 없다. 온도 프로그램 분석에서는 시간에 따라 k 가 변하므로 등온 관계식 $t_R = t_{M(1+k)}$ 를 전체 분석시간의 직접 계산식으로 사용하는 것도 적절하지 않다 [5-8].

실제 분석시간 단축은 동일 상비를 유지한 상태에서 컬럼 규격, 운반기체의 inlet pressure, outlet pressure, 평균 선속도, 초기 및 최종 유지시간과 승온속도를 함께 변환함으로써 달성된다.

이때 30 m × 0.25 mm 컬럼과 20 m × 0.18 mm 컬럼의 운반기체 조건을 단순히 mL/min 단위의 유량만으로 비교하는 것은 적절하지 않

다. GC의 체적 유량은 압력과 온도에 따라 변하고, GC-MS에서는 컬럼 출구가 진공이므로 동일한 표시 유량이 동일한 평균 선속도 또는 동일한 체류조건을 의미하지 않기 때문이다 [5-8,16,17].

좁은 내경은 유동 저항을 크게 증가시킨다. 등온·충류 조건의 모세관 유동을 단순화하면 컬럼의 유동 저항은 대략 L/d_c^4 에 비례하므로, 20 m × 0.18 mm 컬럼의 기하학적 저항지수는 30 m × 0.25 mm 컬럼보다 약 $(20/30) \times (0.25/0.18)^4 = 2.48$ 배 크다. 다만 실제 GC에서는 기체의 압축성 때문에 유량과 압력의 관계가 단순 선형이 아니며, inlet absolute pressure와 outlet absolute pressure의 제곱 차이를 포함하는 압축성 유동식으로 계산해야 한다. 따라서 컬럼 길이가 짧아졌다는 이유만으로 inlet pressure가 낮아진다고 판단해서는 안 되며, 내경 감소에 따른 저항 증가를 반영하여 pressure-flow calculator 또는 GC Method Translator로 재산출해야 한다 [7,8,16,17].

운반기체 압력·선속도 조건과 시료 부하

컬럼의 실제 시료 부하 용량은 정지상 종류, 온도, 분석물질의 분배특성, 피크 폭 및 허용 가능한 비선형성에 따라 달라지므로 하나의 기하학식으로 정확히 산출하기 어렵다. 다만 얇은 필름 근사에서 컬럼 내 정지상 체적은 $V_s \propto L \cdot d_c \cdot d_f$ 로 볼 수 있으며, 두 규격의 총 정지상량 비는 다음과 같다 [6,9].

$$V_{s,20}/V_{s,30} \approx (20/30) \times (0.18/0.25) \times (0.18/0.25) = 0.346$$

따라서 총 정지상량은 원본의 약 35% 수준으로 감소하는 것으로 근사할 수 있다. 이는 곧 모든 성분의 실제 최대 주입량이 정확히 35%가 된다는 의미는 아니지만, 동일 주입량과 동일 시료 농도를 적용할 경우 고농도 성분 또는 매트릭스 성분에 의한 과부하 위험이 증가할 수 있음을 시사한다. 검량선 상단 농도, matrix-matched standard 및 실제 시료에서 peak fronting, tailing, 응답 비선형성과 정량 편향을 확인하고, 필요하면 주입량·희석배수 조건을 조정해야 한다 [17].

Single Taper Z-Liner는 시료 기화, 인렛 discrimination 및 활성점에 의한 흡착을 줄이는 데 도움을 줄 수 있지만, 컬럼 자체의 감소된 부하 용량을 보상하는 장치는 아니다 [3,18]. 또한 0.18 mm 컬럼으로 전환할 때 원본의 He 1.5 mL/min 또는 pulsed splitless 40 psi를 그대로 복사해서는 안 된다. method translation의 우선 목표는 동일한 체적 유량 자체가 아니라, 비교 가능한 평균 선속도와 상대적 체류 거동을 확보하는 것이다. 이를 위해 실제 컬럼 길이와 내경, 운반기체 종류, 초기 오븐 온도, GC-MS 진공 출구압력 및 목표 분석속도를 입력하여 translated inlet pressure와 column flow를 함께 산출해야 한다 [16,17].

압력 비교의 실무적 기준은 다음과 같다. 첫째, 원본과 변환 조건의 outlet pressure를 동일한 기준으로 설정해야 하며, GC-MS에서는 일반적으로 vacuum outlet을 사용한다. 둘째, 원본 컬럼에서 비보유성 물질로 측정된 hold-up time 또는 평균 선속도를 기준값으로 삼고, 변환 컬럼의 inlet pressure를 조정하여 이에 대응하는 선속도를 확보한다. 셋째, 계산된 column flow가 MS 진공계와 펌프가 허용하는 범위에 있는지 확인한다. 넷째, pulsed splitless의 pulse pressure는 컬럼 운전압력과 동일한 개념이 아니므로, backflash 방지와 초기 시료 전달을 위한 별도 인렛 조건으로 다시 최적화해야 한다 [16,17].



■ 실험적 적용성 검증 항목

이론적 method translation은 초기 조건 설정을 효율화하지만, 272종 다성분 시험법의 적용성을 입증하려면 다음 항목을 실험적으로 확인해야 한다. 본 항목은 계산 결과를 실제 분석 성능과 연결하기 위한 최소 검증 범위이다.

이를 검증하기 위하여 Agilent와 Shimadzu 사의 GC-MS/MS 시스템으로 확인한 결과를 추가자료로 첨부하였다.

검증 항목	권장 평가 내용
체류시간 및 용출 순서	272종의 RT, 상대적 용출 순서, scheduled MRM window 재설정 및 후반 성분의 완전 용출 확인
Critical pair 및 이성질체	동일·유사 transition 공유 성분, 원본에서 낮은 Rs를 보인 피크쌍, 이성질체의 실측 Rs와 정량 간섭 확인
MS/MS 데이터 품질	피크당 데이터 포인트 수, cycle time, dwell time, 정량/정성이온 ion ratio 및 S/N 확인
정량 성능	검량선 범위, 직선성 또는 적합한 회귀모델, 반복성, 정확도/회수율, LOQ 및 매트릭스 효과 확인
시료 부하 및 주입 적합성	검량선 상단과 고매트릭스 시료의 peak shape, 응답 포화, backflash 및 inlet discrimination 확인
시스템 견고성	컬럼 head pressure, 누설, RT 안정성, liner/column 오염에 따른 drift 및 연속 주입 안정성 확인

■ 결론

20 m × 0.18 mm × 0.18 μm ZB-5MS plus 컬럼은 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm 컬럼과 동일한 상비($\beta = 250$)를 유지하므로, 동일한 정지상 화학과 적절히 변환된 운반기체 및 온도 프로그램 조건에서 상대적 체류 특성과 용출 순서를 유사하게 유지하는 데 유리하다. 최적 또는 등가 평균 선속도에서 $H_{min} \propto d_c$ 의 관계를 적용한 1차 근사에서는 20 m 컬럼의 총 이론단수가 기존 30 m 컬럼의 약 93%, 분리능이 약 96% 수준으로 예측된다. 이는 컬럼 길이 단축에 따른 효율 감소를 내경 축소에 따른 단위 길이당 효율 증가가 상당 부분 보완하는 구조로서, 식품공전 다성분 시험법에서 다루는 272종 잔류농약에 대한 fast-GC 적용 가능성을 뒷받침하는 이론적 근거가 된다.

다만 컬럼 내부 체적과 총 정지상량은 기존 컬럼 대비 각각 약 35% 수준으로 감소하므로, 시료 부하 용량과 과부하 가능성을 함께 고려해야 한다. 또한 GC 운반기체는 압축성 유체이므로 체류시간을 컬럼 체적비 또는 단순 유량비로 직접 환산하는 것은 적절하지 않다. 특히 0.18 mm 내경 컬럼은 유동 저항이 증가하므로, 30 m와 20 m 조건의 비교 및 변환은 동일한 mL/min 유량을 유지하는 방식이 아니라 목표 평균 선속도와 hold-up time을 확보하기 위한 inlet pressure, outlet pressure, 온도 프로그램 및 carrier-gas control 조건을 기준으로 수행해야 한다. 아울러 짧아진 분석시간에 맞추어 MRM cycle time과 dwell time을 조정하고, 동일하거나 유사한 transition을 공유하는 이성질체 및 critical pair의 실제 분리 상태를 확인할 필요가 있다.

실제 Agilent 및 Shimadzu GC-MS/MS 시스템에 20 m × 0.18 mm × 0.18 μm 컬럼을 적용한 결과, 식품공전 다성분 시험법의 대상 농약을 15분 이내에 분석할 수 있음을 확인하였다. 각 장비에서 사용한 GC 조건, 성분별 MS/MS transition 및 크로마토그램은 별첨 자료에 제시하였다. 이러한 결과는 본 컬럼 규격을 이용한 분석시간 단축이 특정 장비 플랫폼에만 한정되지 않으며, 장비별 압력 제어 방식과 MS/MS acquisition 조건을 적절히 설정할 경우 서로 다른 GC-MS/MS 시스템에서도 적용 가능함을 보여준다.

기존 30 m 컬럼 조건에서 약 25분이 소요되던 분석시간은 20 m 컬럼 적용을 통해 약 15분으로 단축되었으며, 이는 1회 분석시간을 약 40% 절감한 결과이다. 순수 분석시간만을 기준으로 하면 동일한 장비 가동시간 동안 수행 가능한 이론적 분석 횟수는 기존 대비 약 1.67배, 즉 최대 약 67% 증가할 수 있다. 예를 들어 10시간 연속 운전을 가정할 경우 이론적인 분석 가능 횟수는 약 24회에서 40회로 증가한다.

실제 검사실의 전체 처리량은 표준용액, 공시험용액, 품질관리 시료의 주입, 시료 간 세척, 장비 안정화, 유지보수 및 데이터 검토시간에 따라 달라질 수 있다. 그럼에도 분석시간의 40% 단축은 장비 점유시간 감소, 일일 검사 수행 횟수 증가, 다수 시료의 결과 보고시간 단축 및 검사기관의 운영 효율 향상에 실질적으로 기여할 수 있다. 따라서 20 m × 0.18 mm × 0.18 μm ZB-5MS plus 컬럼은 272종 잔류농약의 분리 및 검출 성능을 실용적인 수준으로 유지하면서 분석 처리량을 향상시키기 위한 fast-GC method translation 대안으로 활용될 수 있다.



■ 참고자료

- [1] 식품의약품안전처. 식품의 기준 및 규격(식품공전), 7.1.2.2 다성분 시험법-제2법(GC-MS/MS).
- [2] Phenomenex Inc. Zebron ZB-5MSplus GC Columns: Product Information and Brochure. 5% phenyl-arylene selectivity; USP G27.
- [3] Phenomenex Inc. Zebron PLUS Liner for Agilent, 4 mm ID Single Taper Z-Liner, P/N AG2-0A13-01. Product technical documentation.
- [4] Phenomenex Inc. Zebron ZB-5MSplus, 20 m × 0.18 mm × 0.18 μm, P/N 7FD-G030-08; and 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm product specifications.
- [5] Blumberg, L. M. Temperature-Programmed Gas Chromatography; Wiley-VCH: Weinheim, 2010.
- [6] Grob, R. L.; Barry, E. F., Eds. Modern Practice of Gas Chromatography, 4th ed.; Wiley-Interscience: Hoboken, NJ, 2004.
- [7] Blumberg, L. M.; Klee, M. S. Method Translation and Retention Time Locking in Partition GC. *Analytical Chemistry* 1998, 70(18), 3828-3839. <https://doi.org/10.1021/ac971141v>.
- [8] Klee, M. S.; Blumberg, L. M. Theoretical and Practical Aspects of Fast Gas Chromatography and Method Translation. *Journal of Chromatographic Science* 2002, 40(5), 234-247. <https://doi.org/10.1093/chromsci/40.5.234>.
- [9] Harris, D. C.; Lucy, C. A. Quantitative Chemical Analysis, 10th ed.; W. H. Freeman/Macmillan Learning: New York, 2020.
- [10] Blumberg, L. M.; Klee, M. S. Optimal Heating Rate in Gas Chromatography. *Journal of Microcolumn Separations* 2000, 12(9), 508-514. [https://doi.org/10.1002/1520-667X\(2000\)12:9<508::AID-MCS4>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/1520-667X(2000)12:9<508::AID-MCS4>3.0.CO;2-X).
- [11] Golay, M. J. E. Theory of Chromatography in Open and Coated Tubular Columns with Round and Rectangular Cross-Sections. In *Gas Chromatography* 1958; Desty, D. H., Ed.; Butterworths: London, 1958; pp 36-55.
- [12] Cramers, C. A.; Janssen, H.-G. High-Speed Gas Chromatography: An Overview of Various Concepts. *Journal of Chromatography A* 1999, 856(1-2), 315-329. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(99\)00227-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(99)00227-7).
- [13] Purnell, J. H. The Correlation of Separating Power and Efficiency of Gas-Chromatographic Columns. *Journal of the Chemical Society* 1960, 1268-1274. <https://doi.org/10.1039/JR9600001268>.
- [14] Mastovska, K.; Lehotay, S. J. Practical Approaches to Fast Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Chromatography A* 2003, 1000(1-2), 153-180. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00448-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00448-5).
- [15] Matisová, E.; Dömötörová, M. Fast Gas Chromatography and Its Use in Trace Analysis. *Journal of Chromatography A* 2003, 1000(1-2), 199-221. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00310-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00310-8).
- [16] Agilent Technologies. Smaller Is Better - How to Use Small ID GC Columns. Agilent Community technical article, accessed July 2026.
- [17] Agilent Technologies. Using and Translating Methods with the GC Method Translator. Agilent GC Portal technical articles, accessed July 2026.
- [18] Phenomenex Inc. Zebron PLUS GC Inlet Liners Brochure and product guidance.
- [19] European Commission Directorate-General for Health and Food Safety. Guidance Document on Analytical Quality Control and Method Validation Procedures for Pesticide Residues Analysis in Food and Feed, SANTE/11312/2021 v2026, 25 November 2025.

본 기술자료는 (주)성문시스텍에서 Phenomenex 제품으로 한국분석과학연구소(KIAST)에서 수행한 결과입니다.

정확하고 신뢰할 수 있는 분석 데이터를 제공하기 위해 전문성 및 최적화된 분석 환경에서 수행되었습니다.

KIAST 한국분석과학연구소
Korea Institute of Analytical Science and Technology

*KIAST는 (주)성문시스텍의 파트너 연구기관입니다.

㈜성문시스텍은 Phenomenex의 대한민국 공식 대리점으로서 다양한 분석 및 분리 솔루션을 제공하고 있습니다. 본 자료에 포함된 제품명, 상표, 로고 및 서비스명은 해당 소유권자의 등록상표 또는 상표입니다. 모든 기술 자료, 응용 데이터 및 성능 비교 결과는 특정 분석 조건에서 얻어진 참고용 정보이며, 실제 결과는 사용 환경, 장비 구성, 시료 특성 및 분석 조건에 따라 달라질 수 있습니다. 비교 데이터는 모든 응용 분야를 대표하지 않을 수 있습니다. Phenomenex®, Kinetex®, Luna®, Biozen®, Strata®, SecurityGuard™ 및 기타 관련 제품명은 Phenomenex, Inc.의 상표 또는 등록상표입니다. 본 자료의 내용은 제품 정보 제공을 목적으로 작성되었으며 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다. 본 자료의 전부 또는 일부를 ㈜성문시스텍의 사전 서면 승인 없이 복제, 배포, 수정 또는 상업적으로 활용하는 것을 금합니다. 제품의 사용 적합성은 사용자가 최종적으로 검토 및 판단하여야 합니다. FOR RESEARCH USE ONLY. Not for use in clinical diagnostic procedures. © 2026 Sungmoon Systech Co., Ltd. All rights reserved.



이 방법 구현에 대해 궁금한 점이 있거나 자세한 정보를 원하시면 언제든지 문의해 주세요!
cjt@phenomenex.co.kr 로 메일주시면 저희 기술 전문가와 상담하실 수 있습니다.