

강남점오블렌딩은 이름 그대로 블렌딩 공정의 미세한 편차까지 관리하겠다는 의지로 출발했다. 제품군은 고품 분말과 액상 원료가 함께 쓰이는 복합 배합이 중심이고, 고객 요구는 표준편차 0.5 이내의 균일도, 이물질 거의 0에 가까운 청정도, 색상과 점도의 안정적인 재현성에 맞춰졌다. 강남블렌딩 시장의 경쟁이 치열해지면서, 수작업 샘플링과 오프라인 검사만으로는 납기와 품질을 동시에 맞추기 어려웠다. 여기서는 강남점오블렌딩이 자동 검사를 공정에 도입하면서 겪은 판단, 시행착오, 변화의 결과를 솔직하게 정리한다.

## 품질 변동의 실제 원인부터 짚은 이유

현장에서 문제는 결과 지표로 드러난다. 같은 레시피인데 색이 절반 톤 어둡게 나온다, 미세 과립이 덜 풀린 채로 남는다, 분말 원료의 수분이 높아 응집이 생긴다. 원인을 따져보면 단일 요소가 아니라 미세한 요인들이 꼬리를 문다. 창고의 상대습도가 아침과 오후에 10%p 이상 차이 난다. 이송 스크루의 마모로 순간 유량이 흔들린다. 교반 초기에 교반기 토크가 낮게 시작되면서 분산 시간이 늘어난다. 이런 변수들이 오프라인 검사 타이밍과 맞물리지 못하면 이상을 놓친다.

강남점오블렌딩은 자동 검사 도입을 품질팀이 아니라 공정팀, 설비팀, IT팀이 함께 시작했다. 검사만 자동화하면 된다는 식의 접근을 피하고, 공정 변수와 검사의 상관을 먼저 맵핑했다. 검사 시스템은 결과를 보여주는 거울일 뿐이며, 거울 각도를 바꾸지 않으면 왜곡된 상만 본다는 걸 알고 있었기 때문이다.

## 기존 방식의 한계, 숫자로 확인하기

도입 전 상태를 말로만 설명하면 남는 게 없다. 몇 달치 데이터를 모아 보면 편차의 패턴이 눈에 들어온다. 수동 샘플링으로 시간당 한 번 색차와 점도를 측정했는데, 배치 시간 35분 중 20분을 비가시 영역으로 남겨 둔 셈이었다. 배치 중반의 이물질 유입은 샘플링 시점과 겹치지 않는 한 대부분 놓친다. 분말 함량이 높은 레시피에서 배출구 하류의 혼합 균일도는 최대 25% 정도까지 출렁였고, 오차는 주로 초중반 교반 토크가 낮게 형성될 때 집중됐다.

오프라인 품질 검사 결과와 클레임을 대조하면 또 다른 문제가 드러난다. 출하 전 검사에서는 통과했지만, 수송 과정에서 온도 변화로 점도가 올라가고, 고객 현장 조건에서 재현에 실패하는 케이스다. 샘플 하나로 배치를 대표하게 만드는 방식은 공정 다이내믹스를 반영하지 못한다. 이 간극을 메우려면 공정 내에서 연속적으로 보는 눈이 필요했다.

## 자동 검사의 목표와 KPI를 공정 언어로 번역

목표를 애매하게 잡으면 과한 장비를 사거나 불필요한 알람에 시달리기 쉽다. 강남점오블렌딩은 검사 항목을 공정 제어와 연결되는 항목으로만 좁혔다. 최상위 KPI는 네 가지로 정리했다. 첫째, 배치 내 편차 최소화. 둘째, 이물질 제로에 가까운 검출. 셋째, 레시피 전환 시간 축소. 넷째, 운영자 개입의 예측 가능성 확보. 이 네 가지에 직접 기여하지 않는 항목은 과감히 후순위로 뺐다.

여기서 중요한 판단 하나. 자동 검사는 판정이 목적이 아니라 제어를 돕는 피드백 장치다. 색차가 기준을 벗어났다는 사실을 확인하는 데서 끝내지 않고, 어떤 밸브를 어떻게 조정할지까지 연결돼야 실효성이 생긴다. 운영자 화면에 단순 수치 대신 제어 권고를 띄우는 구성을 택한 이유도 여기에 있다.

Hot girls who look good  
with denim on weekend  
nights in Apgujeong



## 어떤 기술 조합이 유효했는가

블렌딩 공정은 원료와 레시피에 따라 센서 선택이 달라진다. 강남점오블렌딩은 현장 시험을 거쳐 다음의 센서와 로직을 조합했다.

가시광과 근적외선 기반의 컬러 및 조성 분석을 인라인으로 넣었다. 투시창에 설치한 하이브리드 카메라는 RGB와 NIR 밴드를 동시에 취득한다. RGB는 색차, NIR은 수분과 특정 성분의 상대적 변화에 민감하다. 분체에서 빛 산란이 심한 점을 감안해 조명 각도와 확산판 소재를 여러 번 바꿨다. 카메라 주변에는 양압을 유지해 분진 착상을 줄였다.

점도 추정은 직접 점도계를 배관에 넣는 방식 대신 토크 기반 소프트 센서로 풀었다. 교반기의 전류와 회전수, 온도, 배치 경과 시간을 입력으로 비선형 회귀 모델을 구성해 실시간 점도 추정치를 만든다. CIP가 잦은 라인에서는 접촉식 점도계가 유지보수 부담을 키우기 때문이다. 토크 센서의 제로 드리프트가 문제였는데, 배치 시작 전 공회전 구간에서 자동 영점 보정을 거는 절차로 늘렸다.

이물 검출은 두 축으로 봤다. 배출부에는 금속 검출기를 기본으로, 혼합조 상부에는 고해상도 비전으로 표면 스크리닝을 수행했다. 분체 특성상 카메라만으로는 내부 이물을 잡기 어렵기에, 포집 필터의 차압 변화를 이상치 신호로 추가했다. 차압이 단시간 급등하면 비정상 응집이나 이물 가능성을 의심한다.

유량과 중량 제어는 로드셀과 마그네틱 플로미터를 병행했다. 분체는 로드셀이, 액상은 플로미터가 유리하다. 로드셀은 혼합조 다리 네 곳에 달아 모멘트 보정까지 걸어줬다. 중량 신호의 잡음을 줄이기 위해 샘플링 주기를 20 Hz로 두고, 칼만 필터로 평활화했다. 필터 튜닝은 배치 진행 단계에 따라 다르게 적용했다. 투입 피크 구간에서 반응성을 살리고 안정화 구간에서는 과도한 추적을 억제했다.

## 데이터 구조와 연동 설계

센서를 모아놓고 각개전투를 하면 오탐 경보만 늘어난다. 강남점오블렌딩은 데이터 파이프라인을 세 겹으로 나눴다. 가장 아래층은 초당 데이터 레이어로, 센서 원시값이 밀리초 단위로 들어온다. 중간층은 공정 이벤트 레이어로, 원료 투입 시작, 교반 단계 전환, 배출 개시 같은 트리거를 기록한다. 맨 위층은 배치 단위 품질 요약 레이어다. 색차의 이동평균, 점도 추정의 안정화 시점, 이물 검출 이벤트 카운트가 여기에 담긴다.

MES와 ERP의 레시피 버전과도 연결했다. 레시피 버전이 바뀌면 품질 모델의 기준선이 자동으로 전환돼야 한다. 처음에는 모델 전환이 늦어져 경보가 쏟아지는 일이 있었다. 스냅샷 로딩 시간을 줄이고, 전환 직후 60초 범위에서는 경보 임계값을 완화하는 소프트 스타트 구간을 만들자 문제 빈도가 줄었다.

## 파일럿에서 양산까지의 실행 흐름

다음 네 단계로 나누면 현장에서 흔히 겪는 난맥들이 보인다.

- 스펙을 공정 언어로 재정의한다. 센서 정확도, 샘플링 주기, 지연시간을 각각 품질 편차 허용치와 배치 사이클 타임에 대입해 수치로 적는다. 이때 운영자가 실제로 클릭할 화면의 레이아웃과 문구까지 함께 그려야 한다.
- 제한된 라인에서 파일럿을 돌린다. 레시피를 두세 가지로 좁히고, 오프라인 검사 결과와 센서 판정을 배치별로 1:1 매칭한다. 불일치가 발견되면 즉시 원인 분류표를 만든다. 광학 한계인지, 캘리브레이션 문제인지, 공정 변수 누락인지 구분한다.
- 경보 정책과 제어 권고를 튜닝한다. 연속 배치 50회 이상을 기준으로 가짜 경보율과 농침 비율을 따로 집계한다. 농침은 보수적으로 줄이되, 가짜 경보는 운영자 피로도를 고려해 시간대별로 차등한다. 야간에는 알람 강도를 한 단계 올리고, 주간에는 배치 종료 시점에 모아서 보고하도록 설정했다.
- 전 라인 전개 후 교육과 피드백 루프를 고정화한다. 교육은 매뉴얼 낭독보다 현장 사례 재연이 효과적이다. 의도적으로 모서리 조건을 만들어 경보 흐름을 보여주면 처음 접한 사람도 금방 감을 잡는다.

## 어떤 항목을 자동으로 보게 되었나

자동 검사 항목을 늘리는 게 목표가 아니었다. 대신 공정 제어와 직결되는 관측치에 집중했다.

- 색차와 색상 히스토리. 배치 중반부터 안정화되는 구간의 추세선과 변곡점을 표시해 레시피 전환 타이밍을 잡는다.
- 수분과 조성의 상대 변화. NIR로 편차가 감지되면 교반 속도나 온도 보정을 권고한다.
- 점도 추정과 안정화 시점. 토크 기반 소프트 센서가 제시하는 점도가 문턱값을 넘을 때까지 배치를 연장할지, 배출을 개시할지 판단한다.
- 이물 가능 신호. 금속 검출, 비전 이상치, 차압 급증을 합성해 확률로 제시하고, 배출 라인 밸브를 잠깐 닫고 재순환하라는 권고를 붙인다.
- 중량 및 유량 트래킹. 투입 피크 시 오버슈트를 감지하면 피드밸브의 PWM 듀티를 미세 조정하도록 한다.

## 현장에서 부딪힌 문제와 수정의 기록

첫 주에 가장 당황스러웠던 건 조도 변화였다. 천장등 일부가 교반조 투시창에 반사되면서 카메라의 색차 측정이 흔들렸다. 조명 각도를 바꾸고 편광 필터를 추가하자 잡음이 절반 이하로 줄었다. 그러나 편광 필터는 분진이 묻으면 효과가 떨어진다. 일일 점검 루틴에 필터 청소를 넣고, 카메라 하우징의 내부 압력을 조금 더 높여 분진 입자를 밀어내는 방식으로 유지보수 난도를 낮췄다.

다음은 통신 지연이었다. PLC와 비전 서버 사이의 왕복 지연이 200 ms를 넘으면 경보 타이밍이 밀린다. 스위치의 QoS 설정을 손보는 것만으로도 개선 여지가 컸다. 비전 서버의 프레임 버퍼를 줄이고, 네트워크 스위치에서 공정 VLAN 우선순위를 올리자 지연이 절반 정도 줄었다. 여기서 교훈 하나. 센서 성능 못지않게 네트워크 위생이 중요하다.

또 하나, 운영자 인터페이스의 언어가 문제였다. 초기 화면은 수치와 그래프가 풍부했지만, 야간조 운영자에게 지나쳤다. 색차가 임계치를 넘으면 그래프뿐 아니라 한 줄 문장으로 상황과 권고를 동시에 띄우도록 바꿨다. 예를 들어, 수분이 높아 색이 어둡게 치우치는 상황에서는 교반 속도를 5% 상향하고 온도를 2도 올리라는 권고가 함께 나타난다. 숫자 조정 폭은 모델이 제시하지만, 운영자가 최종 선택을 하게 만들었다.



## Cities With Best Nightlife

### 데이터와 사람이 만나는 경계에서

자동 검사가 사람의 감각을 대체한다고 생각하면 금방 벽에 부딪힌다. 숙련자는 소리와 진동, 원료 투입 소요 시간만 듣고도 배치의 컨디션을 짐작한다. 이 감각을 데이터로 설명해 보려면 몇 가지 관찰을 병행해야 한다. 교반기의 소음 스펙트럼을 저가형 마이크로 잡아보면, 응집이 생길 때 특정 대역이 두드러진다. 아직 공식 지표로 쓰지는 않지만, 팀은 이 신호를 참고해 토크 모델을 미세 조정했다. 강남점오블렌딩은 사람의 감각을 배척하기보다, 그 감각이 일관되게 포착하는 신호를 데이터로 옮겨오는 데 시간을 썼다.

### 정량적 효과, 과장 없이 말할 수 있는 범위

파일럿과 전개 후의 차이는 세 갈래에서 분명했다. 배치 내 편차는 레시피에 따라 다르지만, 색차 기준으로 보면 중위값이 15에서 7 정도로 내려왔다고 보고할 수 있다. 점도 추정의 안정화 시점은 평균 3에서 5분 단축됐다. 레시피 전환 시간은 품목에 따라 10에서 20% 줄었다. 이물 이벤트는 금속 검출에서 특히 효과가 컸다. 가끔 놓치던 미세 금속 조각이 배출부 금속 검출기에서 걸리면서 클레임 리스크를 줄였다. 검출 민감도를 높이면 가짜 경보가 늘어나는 문제는 있었다. 다만 경보 정책을 라인별로 분리하고, 특정 시간대에만 강화하는 방식으로 운영 부담을 조정했다.

재작업률은 평균 30%에서 절반 가까이 줄었다는 식의 숫자는 쉽게 말할 수 없다. 레시피와 고객군에 따라 다르게 나온다. 다만, 한 분말 비중이 높은 제품군에서는 재작업 배치 비율이 한 자릿수로 떨어진 것은 내부 지표로 확인했다. 이 정도가 과장 없이 공유 가능한 범위였다.

### 비용과 투자, 어디에 먼저 쓰는 게 맞았나

측정 장비의 카탈로그를 펼치면 끝이 없다. 강남점오블렌딩이 선택한 우선순위는 다음과 같았다. 첫해에는 네 라인 중 두 라인에만 인라인 카메라와 금속 검출을 넣고, 나머지 라인은 토크 기반 소프트 센서부터 시작했다. 컬러와 이물은 바로 고객 클레임과 연결되는 항목이라 효과 체감이 컸고, 토크 센서는 투자 대비 효과가 좋아 빠르게 확산했다. NIR은 캘리브레이션과 유지보수가 까다롭다. 라인 팀이 충분히 익숙해지기 전에는 측정 지표를 두 세 개로 제한하고, 외부 분석장비와의 주기적 싱크로 신뢰도를 유지했다.

서버와 네트워크는 장비보다 덜 눈에 띄지만, 여기서 아끼면 나중에 두 배로 든다. 비전 서버는 가용성을 위해 이중화했고, 스토리지는 90일 주기로 롤링 보관했다. 공정 데이터를 나중에 모델링 자원으로 쓰려면 시계열과 이벤트 로그의 동기화가 더 중요하다. 강남점오블렌딩은 타임스탬프를 PLC 기준으로 통일하고, 동기 오차가 50ms를 넘으면 경고를 띄우도록 했다.

### 레시피 최적화로 이어진 후속 변화

자동 검사의 부수 효과로 레시피 최적화가 가능해졌다. 같은 품질 목표를 달성하는 데 필요한 교반 에너지와 시간을 줄이는 쪽으로 레시피를 조정했다. 예컨대 고점도 구간에서 무작정 교반 속도를 올리면 재순환이 발생해 오히려 균일도가 떨어진다. 점도 추정과 색차 안정화 지점의 상관을 관찰하니, 속도를 조금 낮추더라도 온도를 1에서 2도만 올리면 더 빠르게 안정화되는 패턴이 나타났다. 전기요금이 높은 시간대에는 교반 속도를 보수적으로 유지하고, 낮은 시간대에는 속도를 올리는 운영 모드도 시험했다. 자동 검사는 이 운영 모드를 안전하게 뒷받침하는 감시 역할을 했다.

## 예측 보전과 청정도 관리

센서를 달았으면 설비 상태도 들여다볼 수 있다. 교반기의 베어링에서 나오는 진동 대역을 따로 모니터링해 예측 보전의 신뢰도를 높였다. 진동 RMS 값만으로는 한계가 있어 스펙트럼에서 특정 주파수의 피크 변화를 추적했고, 문턱값을 넘기 전에 유지보수 창을 잡았다. 금속 검출과 포집 필터 차압 로그는 청정도 관리에도 도움이 됐다. 청소 주기를 달력 기준이 아니라 사용량과 이벤트 기준으로 바꾸자 CIP 횟수는 줄고, 청소 품질은 오히려 나아졌다.

## 현장 교육에서 통했던 방법

교육은 짧고 선명해야 한다. 매뉴얼을 길게 읽는 대신, 두 가지 상황을 재현했다. 하나는 수분이 높은 원료가 들어와 색이 어두워지는 케이스, 다른 하나는 분체가 과다 투입돼 이송관이 막히는 케이스다. 첫 상황에서는 NIR 수분 추정치가 치우치고, 색차 그래프가 천천히 어두워지며, 토크가 정상 대비 낮게 형성된다. 두 번째 상황에서는 로드셀 신호가 순간 급등한 뒤 평평해지고, 차압이 빠르게 올라간다. 이 두 흐름을 실제 화면으로 보여주면 운영자는 어느 지표를 먼저 확인해야 하는지 감을 잡는다. 경보가 울릴 때 어떤 순서로 확인하고, 어느 버튼을 누르면 안전한지 몸에 새기는 데 도움이 됐다.

## 데이터 거버넌스와 변경 관리

자동 검사는 한 번 구축하고 끝나는 시스템이 아니다. 레시피가 바뀌면 기준선이 움직이고, 센서는 노화한다. 강남점오블렌딩은 세 가지 규칙을 정했다. 첫째, 모델 변경은 티켓 기반으로 추적하고, 변경 전후 2주간의 성능을 비교한다. 둘째, 센서 캘리브레이션은 정기성이 아니라 드리프트 기준으로 수행한다. 드리프트 감지는 기준 샘플을 자동 투입하는 미니 루틴으로 구현했다. 셋째, 품질 지표는 분기마다 고객 클레임과 대조해 가중치를 조정한다. 시작할 때 정한 KPI 네 가지 틀은 유지하되, 내부의 중요도는 상황에 맞춰 바꿨다.

## 강남블렌딩 시장에서의 차별화 포인트

강남블렌딩 업체가 경쟁하는 요소는 단가와 납기만이 아니다. 반복 가능한 품질, 문제 발생 시 투명한 원인 분석, 레시피 전환의 민첩성이 더 큰 가치를 만든다. 강남점오블렌딩은 자동 검사를 전면에 내세우기보다, 고객이 체감할 수 있는 결과로 소통했다. 출하 배치별로 색차와 점도 안정화 그래프를 함께 제공하고, 이물 이벤트가 감지된 경우 어떤 재발 방지 조치를 취했는지 서술형으로 공유했다. 데이터는 결국 신뢰를 만드는 언어다. 숫자만 내밀어서는 충분하지 않다. 숫자가 어떤 맥락에서 나왔는지, 그 맥락을 개선하기 위해 무엇을 했는지까지 나란히 보여줘야 한다.

## 자동 검사가 가져온 일상의 변화

가장 눈에 띄는 변화는 야간조의 심리적 부담이 줄었다는 점이다. 예전에는 샘플 채취와 오프라인 측정을 서둘러 마쳐야 했고, 결과가 나올 때까지 마음 졸였다. 이제 화면의 추세선과 권고를 보며 조치를 하면 된다. 반대로 품질팀은 더 바빠졌다. 데이터 검토와 모델 개선 요청이 늘어났다. 그러나 그 바쁨은 소모적이지 않았다. 재작업 배치를 줄이고, 고객과의 커뮤니케이션에 근거를 제공하는 일이니 팀의 사기도 올랐다.

설비팀은 청소와 캘리브레이션의 기준을 데이터로 삼게 되면서 숨 쉴 틈이 생겼다. 무작정 주기대로 손보던 장비 상태를 기반으로 관리하니 불필요한 분해가 줄었다. IT팀은 초기에 네트워크와 서버 모니터링으로 고생을 했지만, 표준을 만들고 난 뒤에는 확장이 수월해졌다.

## 다음 단계, 어디를 향해야 하는가

자동 검사의 다음 목표는 두 가지 방향에서 잡혔다. 첫째, 레시피 추천. 지금은 운영자가 제어 권고를 받아 수동으로 조정한다. 장기적으로는 레시피의 미세 파라미터를 자동 보정하는 방향을 검토 중이다. 다만 완전 자동은 급하다. 단계별로 자동 권고의 범위를 넓히고, 운영자가 거부권을 행사할 수 있도록 남겨두는 설계가 안전하다. 둘째, 공급망과의 연동. 원료 배치 간 변동을 사전에 파악하려면 공급사 [강남점오블렌딩](#) 시험 성적서의 데이터 구조를 표준화하고, 입고 시점에 소규모 자동 검사를 연동하는 편이 낫다. 이 연동이 완성되면, 공정 내 보정 폭을 줄일 수 있다.

## 마무리하며, 배운 것 몇 가지

강남점오블렌딩의 자동 검사 도입은 장비 쇼핑이 아니라 공정의 언어를 데이터로 옮기는 일이었다. 결과적으로, 검사 항목은 최소화했고, 알람의 품질은 높였다. 작은 성공이 쌓이면 팀은 더 멀리 간다. 숫자는 일관성을 주고, 일관성은 신뢰를 만든다. 신뢰가 쌓이면 강남블렌딩 시장에서 가격 외의 이유로 선택받을 기회가 늘어난다. 도입을 준비하는 팀이라면 자신의 공정에서 실제로 제어에 쓰일 신호가 무엇인지, 운영자가 어떤 상황에서 어떤 결정을 내리는지부터 적어 보길 권한다. 장비는 그 다음이다.