



사 례 로 배 우 는

SIX SIGMA RECIPE

6 시 그 마 레 서 피



업로드 할 수 있는 파일사이즈의 용량 문제로,
본서의 **실습사례** 내용만 소개합니다.

저자소개

홍인기(洪仁基) 공학박사, unirone@unirone.co.kr

저자는 2000년대 초반부터 제조, 사무간접, 연구개발, 공공서비스 등 다양한 분야에서 Six Sigma 관련 컨설팅 및 인재양성 활동을 수행하였다. OpenTide와 생산성본부(KPC) 등을 거치는 동안 대기업에 이어 중소기업에서의 품질 및 생산성혁신 방안을 연구하였으며, 고려대학교(산업공학)와 건국대학교(경영공학)에서 박사과정을 수료하였다.

현재는 유니론컨설팅 대표컨설턴트 및 한국생산성본부 전임교수로 활동중이며, 기존의 경영혁신 기법들을 보다 쉽게 산업현장에 보급할 수 있는 방안들을 고민하고 있다.

사례로 배우는 Six Sigma Recipe

초판 인쇄 2015년 5월 20일

초판 발행 2015년 5월 28일

지은이 홍인기

펴낸이 최국주

펴낸곳 동명사

출판등록 1950년 11월 1일(제1-76호)

주소(우 413-756) 경기도 파주시 회동길 50(문발동)

전화 031-955-7200(대표)~2, 7203(편집부), 7204(물류)

팩스 031-955-7205

전자우편 webmaster@dmsbook.com

홈페이지 www.dmsbook.com

ISBN 978-89-411-

값 18,000원



이 책의 내용 일부 또는 전부를 재사용하려면 저작권자와 도서출판 동명사의 동의가 반드시 필요합니다.
잘못 만들어진 책은 구입하신 서점에서 교환해 드립니다.

불법복사는 지적재산을 훔치는 범죄행위입니다.

저작권법 제97조의 5(권리의 침해죄)에 따라 위반자는 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처하거나 이를 병과할 수 있습니다.

1990년대 말 IMF 경제 위기를 겪으면서, 국내의 많은 기업들은 난국의 탈출방안으로서 해외의 선진 경영혁신기법들을 경쟁적으로 받아 들였다. TPS, BSC, BPR, TOC 등 세 글자로 된 혁신도구들 틈에서, Six Sigma도 그 즈음에 삼성과 LG 등 주로 대기업들을 중심으로 시작되었다. 이후 Six Sigma 문제 해결 절차가 기존의 혁신기법들보다 훨씬 세련된다는 점, 그리고 이에 더해 부수적으로 설명되는 다수의 성공사례들이 알려지면서 Six Sigma는 더욱 적극적으로 도입되기에 이르렀다. 대기업은 물론이고 중소/중견기업 및 공공부문에서도 광범위하게 추진된 Six Sigma는 이제 더는 새로운 경영혁신 기법이라 할 수 없을만큼 익숙한 도구가 되었다.

하지만, 20년 가까이 혁신의 대명사처럼 사용된 Six Sigma 방법론에 대해 전적으로 긍정적인 평가만을 내릴 수 있는가에 대해서는 많은 이들이 의문을 품고 있는 것이 사실이다. Six Sigma는 우리기업의 문화와 환경에는 맞지 않는 것은 아닌지, 또는 Six Sigma 방법론에 대해 뭔가 오해하고 있는 것은 아닌지에 대한 고민을 한번이라도 해본 분들을 위한 참고자료가 필요하다고 판단되었다. 본서는 Six Sigma의 모든 기법들을 백과사전처럼 나열하는 기존 소개책자와는 다르게, 전체적인 큰 틀을 이해하는데 필요한 기본절차와 핵심도구 위주로 Six Sigma를 설명함으로써, 자신의 조건에 맞게끔 수정/변형할 수 있도록 도와줄 수 있는 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 그리고 이를 위해 누구나 이해할 수 있는 “한식당”이라는 사례를 통해 Six Sigma 전개 방법을 설명하였다.

어디에 중점을 두는가에 따라 숲을 볼 것인지 아니면 나무를 볼 것인지가 정해질 것이다. 본서는 각 도구의 세부적인 설명보다는 Six Sigma 전개의 흐름 안에서 도구별 활용방안을 설명하였음을 밝혀둔다. 아무래도 공학도의 글이다 보니 단어나 문장이 투박하기만 하다. 하지만, 할 수 있는 한, 독자들이 쉽게 이해할 수 있도록 서술하려 노력했다. 불필요한 미사여구나 복잡한 수학기공식의 사용은 최대한 자제하고, 대신 Six Sigma 프로젝트 수행에 꼭 필요한 알맹이들을 위주로 구

성하였기에, 비 전공자라 할지라도 어렵지 않게 읽을 수 있으리라 예상한다.

같은 요리에 대해서도 사람마다 다른 Recipe를 가지고 있듯이, 본서에서 설명하고 있는 전개방법들에 대해 사람마다 의견이 다를 수 있다. Six Sigma를 연구하고 과제를 수행하는 이들은 저마다 자신의 Recipe를 가지고 있을 것이기에, 그중에서 어떤 것은 맞고 다른 것은 틀린다고 단정할 수는 없다. 각자의 환경과 입 맛에 맞게 자신만의 Recipe를 개발하고 이를 맛 본 이들을 감동시킬 수 있다면, 이는 훌륭한 요리법이자 방법론이라고 할 수 있을 것이다. 하지만, 본서에서 설명한 내용이 모든 이들을 만족시키기에는 여러모로 부족함이 많을 수밖에 없음을 잘 알기에, 오류나 미비한 부분을 추후 지속적으로 수정/보완해 나갈 예정이다.

끝으로, 본 도서가 출판되어 나올 수 있도록 도움을 주신 東明社 사장님 이하 관계자 여러분들께 감사드리며, 부족한 자식을 위해 기도해 주시는 부모님과 가족 모두에게도 고마움을 전합니다.

2015년 1월

저자 홍인기

머리말

003



Six Sigma란 무엇인가

- 1. Six Sigma 배경지식 009
 - 1) Six Sigma의 탄생 009
 - 2) Six Sigma 의미와 목적 010
 - 3) Six Sigma의 정의 011
 - 4) 추진 조직 012
 - 5) 도입 및 전개전략 012
- 2. Six Sigma 문제 해결 방법론 이해 014
 - 1) Define 단계 014
 - 2) Measure 단계 014
 - 3) Analyze 단계 015
 - 4) Improve 단계 016
 - 5) Control 단계 016



Define Recipe

- 1. “과제 선정 배경”을 손질하는 방법 019
 - 1) 파레토도 020
 - 2) 시계열도 022
- 2. “문제기술”을 손질하는 방법 024
- 3. “목표기술”을 손질하는 방법 026
- 4. “과제의 범위지정”을 손질하는 방법 026
- 5. “일정수립”을 손질하는 방법 028



6. “팀구성”을 손질하는 방법	029
1) Forming(탐색기)	030
2) Storming(갈등기)	030
3) Norming(형성기, 표준화)	030
4) Performing(실행기, 수행기)	031
Define Case Study	033



Measure Recipe

1. “계량형 지표 Y의 도출”을 손질하는 방법	039
2. “정규분포”를 손질하는 방법	042
1) 통계란?	043
2) 동전 던지기와 통계의 용어 이해	043
3) 이항분포에서 정규분포로 진화하기	046
4) 표준정규분포의 이해	048
5) 미니탭 활용	051
3. “측정 시스템 분석”을 손질하는 방법	053
4. “Y의 시그마수준계산”을 손질하는 방법	058
5. “Y의 목표수립”을 손질하는 방법	068
Measure Case Study	071



Analyze Recipe

1. “잠재인자 발굴 및 구조화”를 손질하는 방법	075
1) 잠재인자 발굴	075
2) 잠재인자 구조화 및 우선순위화	080
2. “그래프 분석”을 손질하는 방법	083
1) Scatter Plot(산점도)	083
2) Box Plot(상자그림)	085
3) Histogram	088

3. “통계적 데이터 분석”을 손질하는 방법	090
1) 가설검정이란?	091
2) 가설검정의 종류 및 선택	093
3) 미니탭을 통한 통계적 가설검정 활용	094
4. “정성적 분석”을 손질하는 방법	113
1) 신 QC 7가지 도구	113
2) 5Why 분석	119
5. “핵심 인자 개선방향 설정”을 손질하는 방법	121
Analyze Case Study	124



Improve Recipe

1. “창의적 개선대안 도출”을 손질하는 방법	129
1) Six Thinking Hats	130
2) SCAMPER	131
3) ECRS	133
4) TRIZ	134
2. “대안의 평가 및 선정”을 손질하는 방법	139
3. ANOVA 및 회귀분석의 이해”를 손질하는 방법	141
4. “실험계획법에 의한 최적화”를 손질하는 방법	148
5. “로지스틱회귀분석의 이해”를 손질하는 방법	168
6. “파일럿 테스트”를 손질하는 방법	173
Improve Case Study	176



Control Recipe

1. “실수방지”를 손질하는 방법	183
2. “관리계획서 작성”을 손질하는 방법	186
3. “관리도에 의한 모니터링”을 손질하는 방법	188
1) 계량형 관리도	191



2) 계수형 관리도	197
4. “CTQ 성과확인”을 손질하는 방법	202
5. “표준화/공유”를 손질하는 방법	203
Control Case Study	207



도구활용의 근거

1. 표준편차의 이해	212
2. 표본 표준편차의 자유도 $n-1$ 계산	213
3. 공정능력 파악을 위한 기타 지표들	214
4. 중심극한정리에 대한 이해	215
5. ANOVA표에 대한 이해	216
6. 최소제곱법(Method of Least Squares)	217
7. 결정계수 R^2 을 구하는 방법	219
8. 직교코딩에 대한 이해	219
9. 관리한계선 계산방식	221

부록

1. 에필로그 – Six Sigma 컨설팅에 대한 이해	225
2. 용어해설	229
3. 확률분포표	242

Define Case Study

지금까지 설명한 Define의 6가지 항목들에 대하여 구체적인 사례를 통해 이해하도록 한다. 어느 특정 분야에 대한 사례는 해당 영역에 종사하고 있는 분들은 이해하기 쉬우나, 그렇지 않은 경우는 사례 자체에 대한 이해도가 떨어질 수 있기에, 누구나 쉽게 이해할 수 있도록 가상으로 만든 어느 식당의 매출 개선 사례를 통해 Define~Control 까지 전 과정을 설명하도록 하겠다.

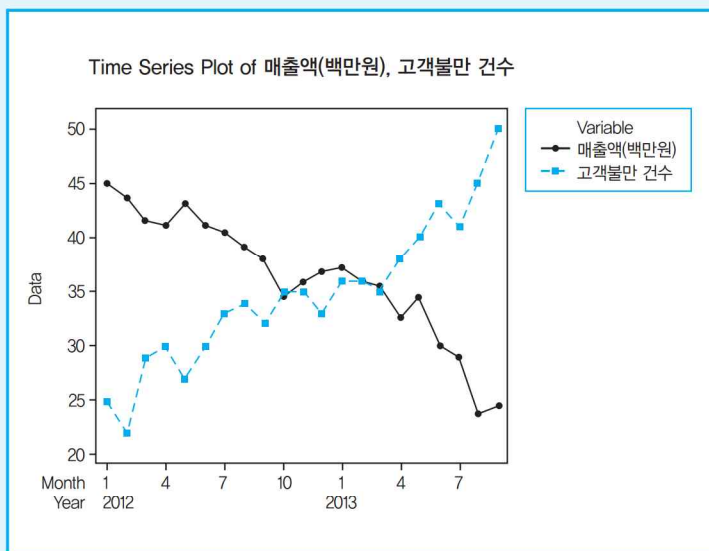
■ 과제 선정 배경

지난 몇 년간 한정식 음식점을 운영하던 A 씨는 최근의 매출현황을 보고 깜짝 놀랐다. 고객의 불만은 계속 증가하여 주변의 식당 중에서 가장 불만이 많은 식당이 되고 있으며, 이에 따라 식당의 고객 수와 매출액은 지속적으로 감소하고 있다. 더군다나 최근 몇 달 간의 매출 실적은 사업의 지속 가능성에 의구심이 들 정도로 최악의 상황으로 치닫고 있다. 특히, 매장을 운영하기 위한 최소매출 기준인 3천만 원/월 이하의 실적이 몇 달에 걸쳐서 연속으로 나타나고 있기에, 하루빨리 고객 불만을 줄이고 매출을 정상화 시킬 수 있는 방안을 마련하지 않으면 조만간 문을 닫을 수밖에 없을 것 같다.

위의 상황을 좀더 객관적으로 파악하기 위해 2012년 1월부터 2013년 9월까지의 매출과 고객 불만 건수에 대한 데이터를 수집하였다. 2012년 1월에는 월 매출 4천5백만 원 정도이며 고객 불만 건수는 25건 정도였다. 시간이 지남에 따라 고객 불만 건수가 증가하고 있으며, 매출액은 점차 줄어들고 있다. 2013년 9월 현시점에서 매출액은 2천4백5십만 원이며, 고객 불만 건수는 두 배 정도 증가한 50건으로 기록되었다.

연도	월	매출액(백만 원)	고객 불만 건수
2012	1월	45.0	25
2012	2월	43.5	22
2012	3월	41.5	29
2012	4월	41.0	30
2012	5월	43.0	27
2012	6월	41.0	30
2012	7월	40.3	33
2012	8월	39.1	34
2012	9월	38.0	32
2012	10월	34.5	35
2012	11월	35.8	35
2012	12월	36.8	33
2013	1월	37.1	36
2013	2월	35.9	36
2013	3월	35.5	35
2013	4월	32.6	38
2013	5월	34.5	40
2013	6월	29.9	43
2013	7월	29.0	41
2013	8월	23.7	45
2013	9월	24.5	50

이와 같은 현재의 상황을 표를 통해 설명할 수도 있으나, 더 바람직한 방법은 그래프를 통한 시각화이다. 이때 가장 좋은 그래프는 시계열도이므로, 미니탭을 이용하여 그래프를 그려보면 다음과 같다.



시계열도의 검은색 실선은 월별 매출실적이 지속적으로 감소하고 있음을 보여주며, 반비례하여 빨간색 점선은 고객의 불만 건수가 계속하여 증가 추세에 있다는 것을 나타낸다. 이와 같은 데이터 추이를 통해서, 고객의 불만 건수를 줄이고 매출을 향상시킬 수 있는 프로젝트를 통해 현재의 위기 상황을 탈피해야 한다는 것을 알 수 있다.

■ 문제기술

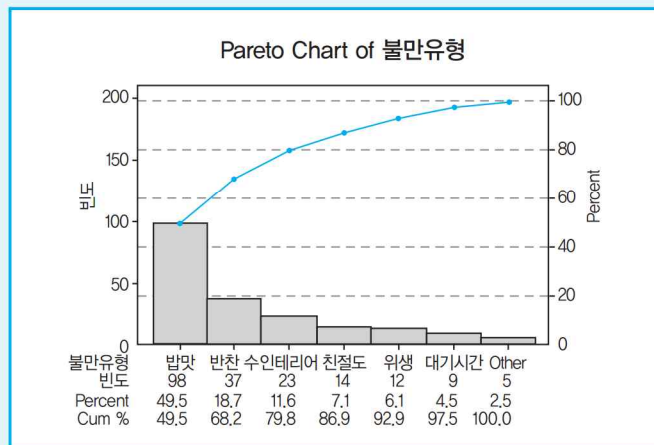
현 상황의 문제를 우리의 시각에서만 관망하게 되면, 중요한 사항들을 빠뜨릴 수 있기에, 고객의 입장에서 우리의 무엇이 문제이고 잘못된 것들인지를 찾아보도록 해야 한다. 우리 매장의 고객들을 대상으로 일정 기간 동안 심도 있는 인터뷰를 진행하여, 다음과 같은 불만사항들이 있음을 알아내었다.

- 다른 한식당에 비해 반찬 수가 부족하다.
- 밥의 맛이 떨어진다.
- 전반적으로 위생상태가 불량하다.
- 종업원들이 불친절하다.
- 매장의 인테리어가 촌스럽다.
- 주문한 음식이 나올 때까지의 대기시간이 너무 길다.
- 가끔씩 주문한 음식이 아닌 다른 음식이 나올 때가 있다.

이상의 고객 불만에 대한 데이터를 수집하여, 아래의 왼쪽과 같이 불만 유형별 빈도에 대한 표로 정리하였다.

고객의 불만 유형과 빈도가 깔끔하게 표로 정리되어 있기는 하나, 데이터에 대한 이해도를 높여주는 더 좋은 시각화 방법을 고민해 볼 필요가 있다. 이때 사용할 수 있는 그래프는 파레토도가 있으므로, 미니맵을 이용하여 이를 나타내 보면 다음과 같다.

불만유형	빈도
반찬 수	37
밥맛	98
위생	12
친절도	14
인테리어	23
대기시간	9
주문오류	5



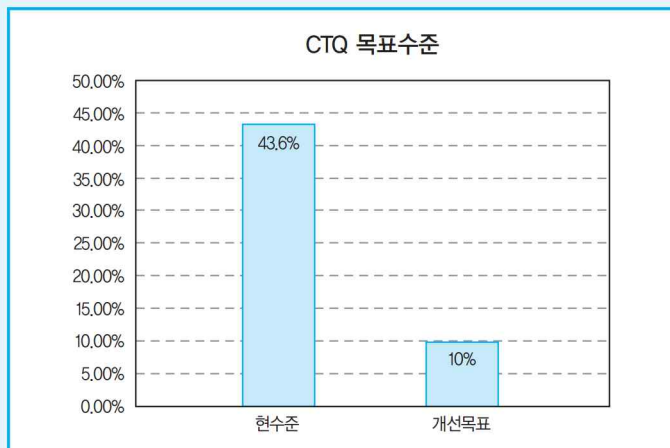
파레토도의 Cum % 부분에는 해당 불량유형까지의 누적비율이 나타나는데, 일반적으로 상위 80%까지를 핵심 불량유형으로 정의할 수 있다. 위의 그래프에서는 상위 80%에 해당하는 불만 유형으로 밥맛, 반찬 수 그리고 인테리어 정도를 들 수 있는데, 이 중에서도 밥맛 자체에 대한 불만이 거의 50%에 근접하고 있음을 알 수 있다. 제조공정의 혁신을 위해 모든 문제를 동시다발적으로 해결하는 것도 문제 해결의 가능한 방법일 수는 있으나, 시간과 비용이라는 제약 조건하에서는 선택과 집중을 통해 중요문제 순으로 해결해 나가는 것이 좀더 효율적인 방법이 될 것이다. 파레토도는 어떤 문제에 집중해야 하는 것인지를 쉽게 파악하는데 도움을 줄 수 있는 도구이며, 일반적으로 과제 도출 및 문제기술과 같은 초기보고서 작성 시 많이 사용된다.

■ 목표기술

고객의 소리로부터 청취된 다양한 문제들로부터 가장 중요한 문제는 ‘밥의 맛’이 없다는 것임을 확실하게 알 수 있었다. 따라서 밥의 맛을 개선함으로써 고객의 불만 건수를 줄이며, 동시에 매출액을 견인할 수 있는 동력을 얻을 수 있을 것이다. 문제기술에 나와 있는 문제 중에서 가장 중요한 문제를 CTQ(Critical To Quality)로 정하게 되는데, 이 사례에서는 밥맛을 CTQ로 선정하였다. CTQ의 현 수준을 알아보기 위해, 한 달 동안 매장을 방문한 고객들을 임의로 선정하여 밥맛의 만족도에 대한 데이터를 수집하였다.

보통까지의 응답을 불량으로 간주한다면, 전체 500명의 고객 중에서 43.6%의 고객이 밥맛에 불만을 표하고 있는 상태이다. CTQ인 밥맛의 현 수준은 불량률 43.6%로 하고, 개선 목표는 불량률 10% 이하의 수준이 되게끔 하는 것으로 정하였다. 이를 막대그래프로 표현하면 다음과 같이 된다.

평가	빈도(명)	양/불
매우불만	1	불량
불만	67	불량
보통	150	불량
만족	207	양
매우만족	75	양



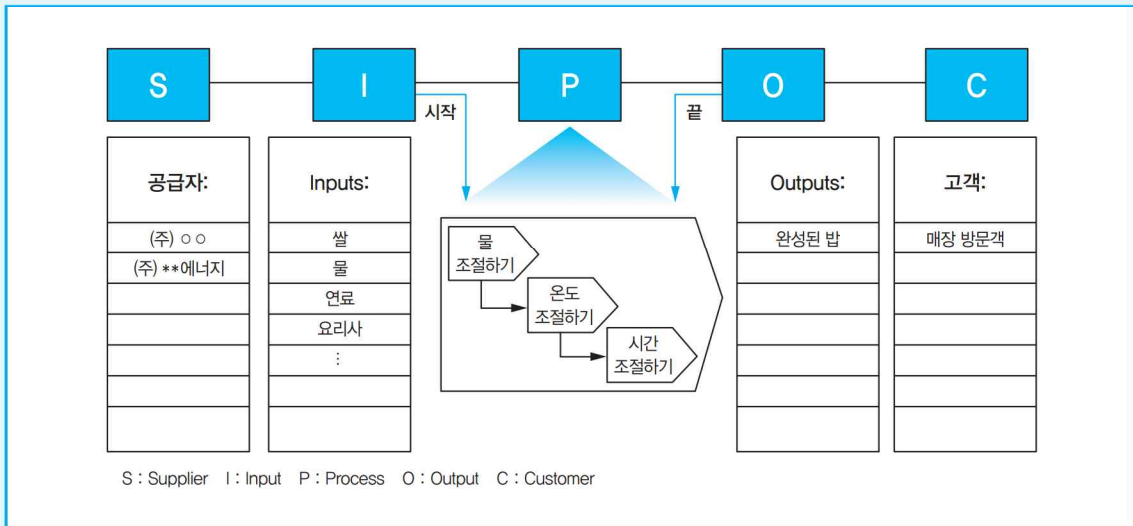
목표기술에는 단순히 CTQ에 대한 목표만을 기술하는 것이 아니라, 목표달성 시 기대되는 효과를 미리 산정하는 것을 반드시 포함하고 있어야 한다. 모든 Six Sigma 과제는 결과적으로 회사에 어떤 기여를 하기 위해 하는 활동이며, 이를 명확하게 파악함으로써 개선팀의 활동이 조직에 유형/무형으로 어떤 기여를 하는지 확인해야 한다. 유형의 효과로 알려져 있는 재무효과를 파악하기 위해서는 효과 산출의 근거를 확실하게 밝혀서 추후 발생할 수 있는 잡음을 사전에 통제해야 한다. 한편,

재무적인 효과 외에도 돈으로 환산하기는 어려우나 향후 매출 향상에 기여할 수도 있는 비재무적인 무형의 효과도 찾아서 기술 함으로써, 우리 과제가 어느 방향으로 전개되고 어떤 효과를 기대하고 있는지를 챔피언과 팀원들 모두 공유하고 있을 필요가 있다. 식당매출 개선 과제의 경우 가상의 사례이므로 정확한 효과산정표가 없기에, 대략적으로 월 매출 500만 원 정도의 향상을 기대할 수 있다고 가정하겠다. 일반적으로 Six Sigma의 효과산정은 1년을 단위로 하므로, 본 과제를 통해 연 6천만 원 정도의 매출 개선을 기대할 수 있는 것으로 본다.

■ **과제의 범위지정**

밥을 짓는 프로세스를 살펴보니, 쌀 씻기 → 돌 제거(조리질) → 물 조절하기 → 온도 조절하기 → 시간 조절하기 → 뜸들이는 순으로 진행되고 있었다.

이 중에서 밥의 맛에 가장 영향을 주는 프로세스는 물 조절하기에서 시간 조절하기까지라고 한다면, 이 부분에 한정하여 과제를 진행하게 된다. 과제의 범위지정에 가장 많이 사용하고 있는 SIPOC 차트를 이용하여 표현하면 다음과 같다.



과제의 범위에서 지정한 곳 이외의 프로세스에 대해서는 본 과제의 개선팀은 책임을 지지 않음을 과제 수행 초기에 챔피언과 협의하는 것이며, 업무의 영역을 확실하게 구분함으로써 개선활동의 몰입도 및 업무 집중도를 높이고자 하는 것이다.

■ **일정수립**

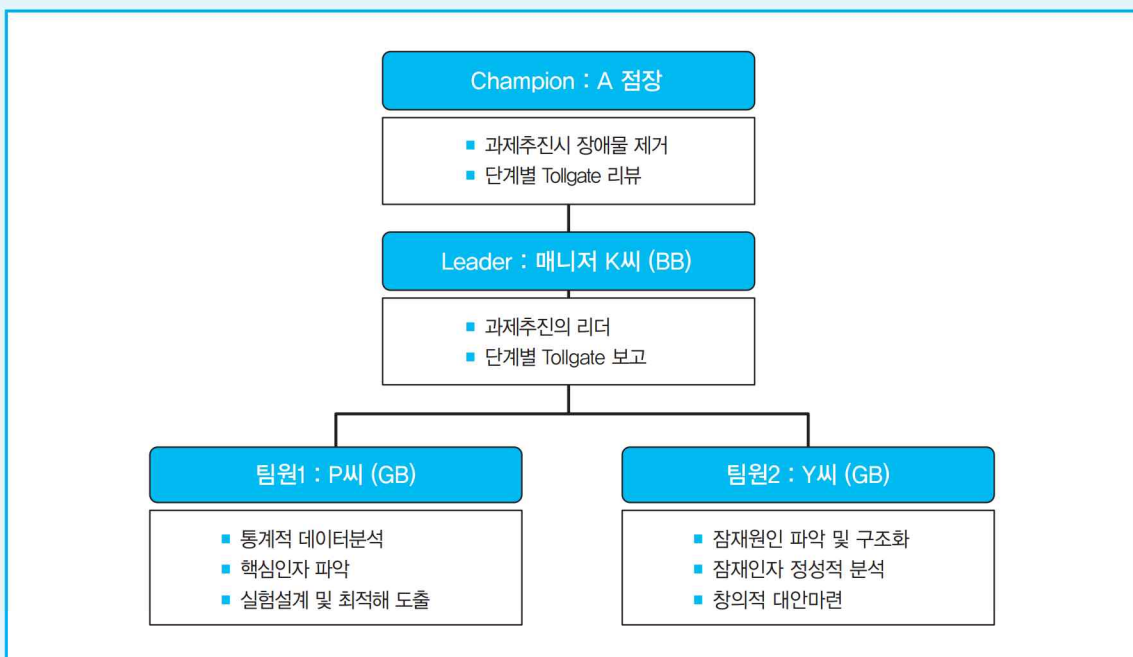
과제의 중요도 및 시급함에 따라 일정은 변경될 수 있는 것이긴 하나, 일반적으로 Six Sigma 과제는 4~6개월의 기간 동안 수행하게 된다. 본 과제는 4개월 동안 진행하도록 하였으며, 중간발표와 최종발표가 계획되어 있는 시점을 고려하여 Analyze 및 Control의 마무리 시점을 정하였다. 각 단계별 세부활동 사항들을 반영하여 다음의 간트차트에 구체적인 추진일정 계획을 표시하였다.

ID	세부추진항목	기간													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Define	과제도출	■													
	과제정의		■	■											
	과제승인			■											
Measure	Y의 발굴				■										
	Gage R&R				■	■									
	시그마수준					■									
Analyze	잠재인자발굴					■									
	인자분석					■	■	■							
	핵심인자선정						■								
Improve	개선방향성								■						
	핵심인자개선								■	■	■	■			
	Pilot Test											■			
Control	관리계획수립												■		
	개선안관리												■	■	
	정리 및 공유														■

모든 일이 그렇듯, Six Sigma 과제도 일정에 따라 정확하게 진행하기는 어렵다. 예상치 못한 사건 · 사고들이 불시에 발생할 수 있고 이에 대한 수습시간을 가져야 하기에, 일정 계획은 예정되어 있는 시점보다 1~2주가량 앞당겨서 작성되어 있어야 한다.

■ 팀구성

본과제는 매니저 K 씨가 리더로서 과제를 이끌고, 홀 서비스 P 씨와 주방 직원 Y 씨의 3인이 진행하기로 하였다. 홀서비스를 맡고 있는 P 씨는 미니탭을 이용한 데이터수집 및 분석을 수행할 능력



을 갖추고 있으며, 주방의 Y 씨는 고객의 소리를 듣고 문제의 원인들을 분석하는 등의 업무를 하기로 하였다. 이를 반영하여 앞 페이지의 그림과 같이 프로젝트 팀을 구성을 하였다.

팀 조직도에는 되도록이면 팀원별 역할이 무엇인지 명확하게 밝혀 둘 필요가 있다. 역할 분담이 명확하지 않을 경우 서로 미룰 수 있기에, 자신의 업무가 무엇이고 어떤 일들을 해야 할지에 대한 가이드라인을 제시하는 것이 바로 리더의 역할이라 할 수 있다.

‘지금까지 작성한 모든 내용을 아래와 같은 한장의 보고서(프로젝트 추진계획서)로 작성하여 챔피언 언과 MBB에게 보고하였다.’

과제추진배경 (Business Case)

Time Series Plot of 매출액(백만원), 고객불만 건수

- 지난 21개월 간 월별 매출현황은 지속적으로 하락하고 있으며, 고객불만은 증가하고 있다.
- 최근 3개월 연속 최저 매출 기준에도 못 미치는 실적을 보이고 있으며, 이 상황이 지속되면 폐업이 우려된다.

문제기술 (Problem Statement)

Pareto Chart of 불만유형

불만유형	빈도	Percent	Cum %
밥맛	96	49.5	49.5
반찬	37	18.7	68.2
수인테리어	23	11.6	79.8
찬철도	14	7.1	86.9
위생	12	6.1	92.9
대기시간	9	4.5	97.5
Other	5	2.5	100.0

- 매장방문 고객을 대상으로 본 매장의 문제점에 대한 VOC를 청취하였다.
- 다양한 고객의 불만을 청취한 결과 밥이 맛 없다는 것이 가장 큰 문제임을 파악하였다.

목표기술 (Goal Statement)

CTQ 목표수준

- 본 과제의 CTQ는 밥의 맛으로 선정하였다.
- CTQ에 대한 현수준 파악을 통해 불만고객의 비율은 43.6%임을 확인하였다.
- CTQ의 목표는 불량률 10% 이하이며, 목표달성 시 연간 6천만원 정도의 매출증가가 기대된다.

프로젝트 범위 (Project Scope)

S : Supplier I : Input P : Process O : Output C : Customer

- 밥을 짓는 전체 공정 중에서 밥 맛에 직접적인 영향을 주는 프로세스인 물 조절하기 ~ 시간조절하기까지를 과제의 범위로 설정하였다.

과제추진일정 (Project Plan)

ID	세부추진일정	기간
Define	과제추진 목적	
	과제추진 일정	
	과제추진 인력	
Measure	VMI 발굴	
	Gap 파악	
	시도/실패/성공	
Analyze	장점/단점/요인	
	인자분석	
	핵심인자분석	
Improve	개선안/실행성	
	핵심인자분석	
	시행/검정	
Control	관리체계수립	
	개선안/일정	

- Kick Off, 중간발표 및 최종발표 일정을 기준으로, Define ~ Control까지의 모든 진행 단계 및 하부상세 일정에 대한 추진계획을 수립하였다.

팀 구성 (Team Selection)

- Champion, 리더 및 팀원들을 지정하고, 과제추진 담당자별 역할을 명확화 하였다.

■ 계량형 지표 Y의 도출

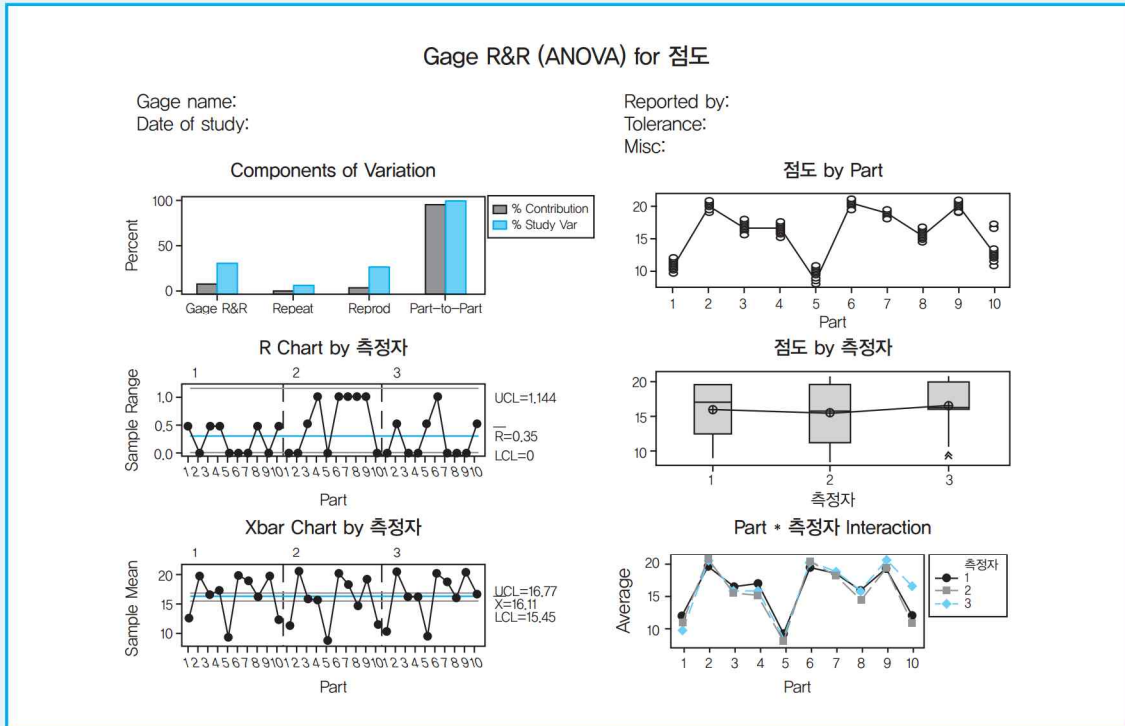
식당 사례의 CTQ는 밥맛에 대한 불량률(218명/500명)인 계수형 지표였다. 이를 계량형 지표로 전환한 값을 Y라고 하는데, 대부분의 경우 계량형 지표인 Y를 직접 찾는 과정은 쉽지 않기에, 팀 활동을 통해 밥맛에 대한 측정값을 어떤 것으로 할 것인가에 대해 심도 있는 논의가 필요하다. 식미(食味)는 소비자가 밥을 먹으면서 느끼는 여러 가지 감각을 종합적으로 표현한 용어이다. 밥의 “맛이 좋다” 또는 “맛이 나쁘다”의 표현은 소비자 각각의 기호에 따라서 다를 수 있기 때문에 시대, 지역, 전통 및 사회적인 여건이 다르면 맛에 대한 기호가 달라지지만, 예로부터 우리나라를 비롯한 일본, 대만 등에서는 아밀로스함량이 낮아서 밥을 지으면 찰기가 있는 쌀을 좋아하였다. 반면, 인도나 동남아시아의 여러 나라에서는 아밀로스함량이 높아서 찰기가 없는 쌀을 좋아한다. 물론, 동일한 함량의 아밀로스를 가지고 있는 쌀이라 할지라도, 어떻게 밥을 짓는가에 따라서 찰짐의 정도는 매우 달라진다. 본 과제에서는 식미에 대한 다양한 측정지표 중에서 위에서 언급한 찰짐을 점도계로 측정하기로 하였다. 밥의 점도는 측정의 용이성과 CTQ와의 관련성 측면에서 좋은 지표라는 것에 대해 팀원 간의 의견수렴이 이루어 졌다. 즉, 밥이 얼마나 찰진가 하는 것이 밥맛을 좌우하므로, 밥을 짓고나서 밥알의 찰기를 점도계로 측정하여 고객만족도와 밥의 품질을 계량화하기로 한 것이다.

■ 측정 시스템 분석

Y를 선정 한 후에는 데이터를 제공하는 측정 시스템의 신뢰도를 확인해 보아야 한다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 Gage R&R(crossed)를 이용하여 측정자와 측정기기의 변동이 측정값에 얼마나 영향을 주고 있는지 확인하기로 하였다. 이를 위해 3명의 작업자와 10개의 표준시료, 그리고 2회씩 반복 측정을 한 데이터를 다음과 같이 정리하였다.

Part	측정자	점도	Part	측정자	점도	Part	측정자	점도
1	1	12.5	1	2	11	1	3	10
1	1	12	1	2	11	1	3	10
2	1	20	2	2	21	2	3	21
2	1	20	2	2	21	2	3	20.5
3	1	17	3	2	16	3	3	16
3	1	16.5	3	2	15.5	3	3	16
4	1	17	4	2	16	4	3	16
4	1	17.5	4	2	15	4	3	16
5	1	9	5	2	8	5	3	9
5	1	9	5	2	8	5	3	9.5
6	1	20	6	2	20	6	3	20
6	1	20	6	2	21	6	3	21
7	1	19	7	2	19	7	3	19
7	1	19	7	2	18	7	3	19
8	1	16.5	8	2	15	8	3	16
8	1	16	8	2	14	8	3	16
9	1	20	9	2	20	9	3	21
9	1	20	9	2	19	9	3	21
10	1	12	10	2	11	10	3	17
10	1	12.5	10	2	11	10	3	16.5

미니탭의 Gage R&R(Crossed) 메뉴를 이용하면, 세션 창에 분석에 대한 결과가 출력되며 동시에 Gage R&R 지표 관련 그래프 창이 나타난다.



Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	1.4542	8.26
Repeatability	0.1375	0.78
Reproducibility	1.3167	7.47
측정자	0.1470	0.83
측정자*Part	1.1697	6.64
Part-To-Part	16.1613	91.74
Total Variation	17.6155	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	1.20589	7.2353	28.73
Repeatability	0.37081	2.2249	8.83
Reproducibility	1.14746	6.8848	27.34
측정자	0.38339	2.3004	9.13
측정자*Part	1.08152	6.4891	25.77
Part-To-Part	4.02012	24.1207	95.78
Total Variation	4.19708	25.1825	100.00

Number of Distinct Categories = 4

6개의 그래프 중에서 왼쪽 상단의 첫 번째 그래프는 전체 변동 중에서 Gage R&R에 의한 변동이 얼마나 되는지를 막대그래프로 보여준다. 우수한 측정 시스템일수록 Gage R&R에 대한 막대그래프가 바닥에 붙어서 나타난다. 위의 그래프는 측정 시스템이 그다지 좋지 않음을 보여준다. 왼쪽의 두 번째와 세 번째에는 관리도가 나타나는데, R 관리도에는 측정의 반복성을 보여준다. 만약 반복

성이 우수하다면 모든 점이 관리선 안에서 매우 작은값으로 나타나게 된다. 본 사례에서는 작업자 2와 3의 반복성이 작업자 1에 비해 상대적으로 좋지 않음을 보여준다. 일반적으로 반복성의 문제는 기계적 문제로만 치부하는데, 이는 잘못된 것이다. 작업자의 숙련도가 부족해서 발생하는 반복성 문제인지, 아니면 기계의 검교정에 문제가 있는 것인지를 파악해 보아야 한다.

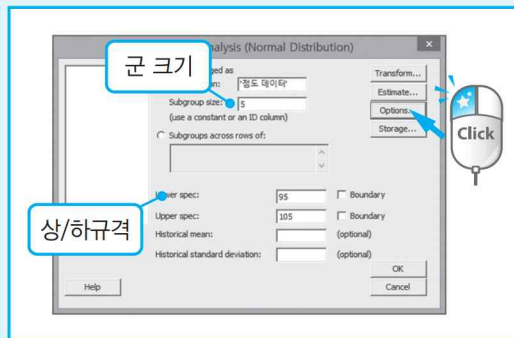
세션 창에 표시되는 값들 중에서 Gage R&R의 %Contribution값은 1% 미만, %Study Var값은 10% 미만, 그리고 Number of Distinct Categories는 10 이상일 때 좋은 측정 시스템이라 한다. 본 예제의 경우는 모두 만족스럽지 못한 결과를 보여주고 있으며, 재현성(Reproducibility)의 %Contribution이 7.47%로 반복성(Repeatability)의 0.78%보다 매우 크므로 재현성에 의한 문제가 더 큰 것으로 진단하였다. 본 프로젝트 팀에서는 측정기기의 정밀도는 충분하며 작업자들의 측정방법이 상이한 것이 문제라고 판단하였기에, 표준측정방법을 고안하고 이를 모든 측정자들에게 교육하였다.

■ Y의 시그마수준 계산

현재의 공정능력을 파악하기 위해서 일정 기간 동안 만들어진 밥의 점도를 다음과 같이 군 구별하지 않고 수집하였다. 고객이 가장 맛있다고 여기는 밥의 점도는 100이며 규격은 95~105 정도로 파악되었다.

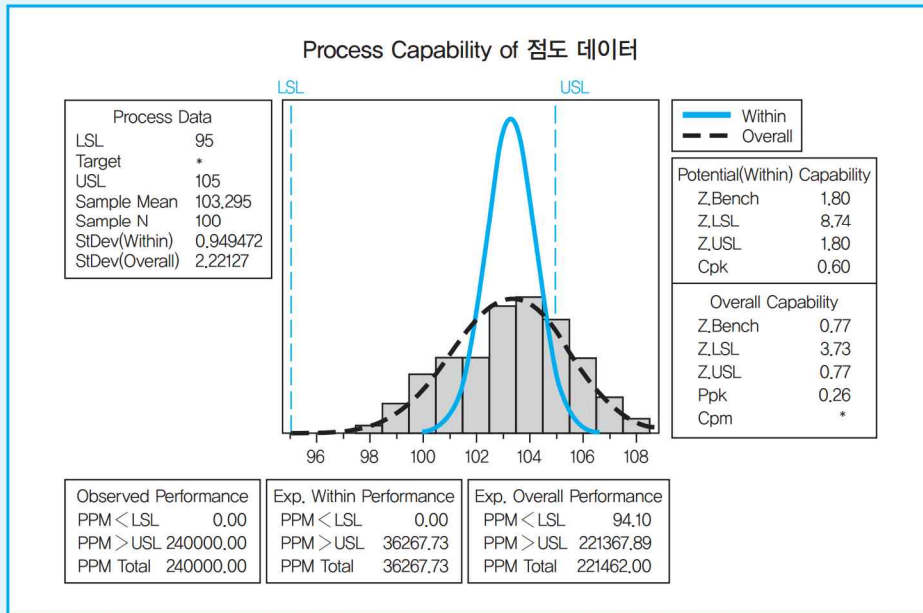
미니탭에 다음과 같이 데이터와 군의 크기(임의로 5를 지정함) 및 상/하한 규격을 입력하고, 옵션에서 Benchmark Z's를 선택하면 장/단기데이터에 대한 히스토그램과 장/단기시그마수준을 구할 수 있다.

104.2	105.8	99.5	100.7	102.7	106.0	101.4	100.8	104.7	106.5
104.4	107.1	101.1	99.7	104.2	106.2	101.8	104.2	103.9	107.0
105.6	107.6	99.6	97.9	102.7	105.7	102.2	105.3	105.2	106.8
105.5	105.2	101.2	98.7	105.6	104.5	102.3	104.0	104.6	107.5
104.3	106.7	102.0	98.5	105.4	103.8	103.3	102.7	104.0	106.9
100.9	102.6	105.7	105.2	100.7	102.1	103.5	104.5	103.2	103.0
100.2	102.7	105.7	104.4	102.6	103.2	105.7	104.7	101.0	101.8
100.1	100.2	104.9	104.3	100.4	103.1	104.6	104.0	102.1	101.7
99.7	103.0	104.4	103.7	102.9	102.9	105.0	104.0	101.0	100.3
99.3	101.6	104.2	104.6	102.5	102.8	103.8	104.4	100.7	102.6

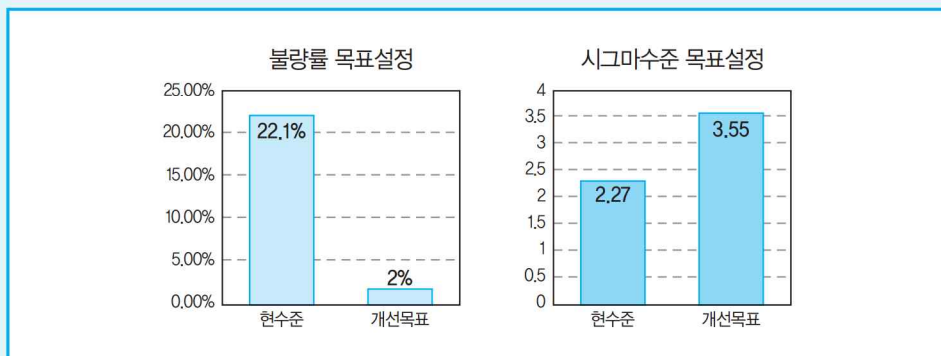


군 구별이 되어 있지 않으므로, 단기시그마수준(Z_{ST})은 직접 산출할 수 없으며 장기시그마수준(Z_{LT})에 1.5를 더하여 추론하여야 한다. Z_{LT} 값은 0.77이므로, Z_{ST} 는 1.5를 더하여 2.27로 계산된다. 또한 실제로 공정에서 발생하는 예상 결함률은 Exp. Overall Performance에 221462ppm로 나타나 있는데, 이는 100만 개 중에서 22만 개 정도의 결함을 보일 것으로 예상된다.

현재 공정의 실제 모습을 예상하여 보여주고 있는 Exp. Overall Performance를 기준으로 할 때, 불량률은 약 22.1% 정도로 예상되므로 10배 이상을 개선하여 불량률 2% 미만, 즉 $Z_{ST}=3.55$ 시그마수준을 목표로 정하였다. $Z_{ST}=3.55$ 시그마수준은 불량률 2%에 대한 장기시그마수준인 $Z_{LT}(2.05)$ 에 1.5를 더하여 계산한 것이다. 현 수준 및 목표 수준을 표현할 때는 막대그래프가 많



이 사용되는데, 미니탭이나 엑셀 또는 파워포인트 등 익숙한 것이라면 어떤 것을 이용해도 무방하다. 아래 그림은 엑셀을 이용하여 표현한 것인데, 불량률과 시그마수준에 대한 현 수준 및 목표 수준을 보여준다.

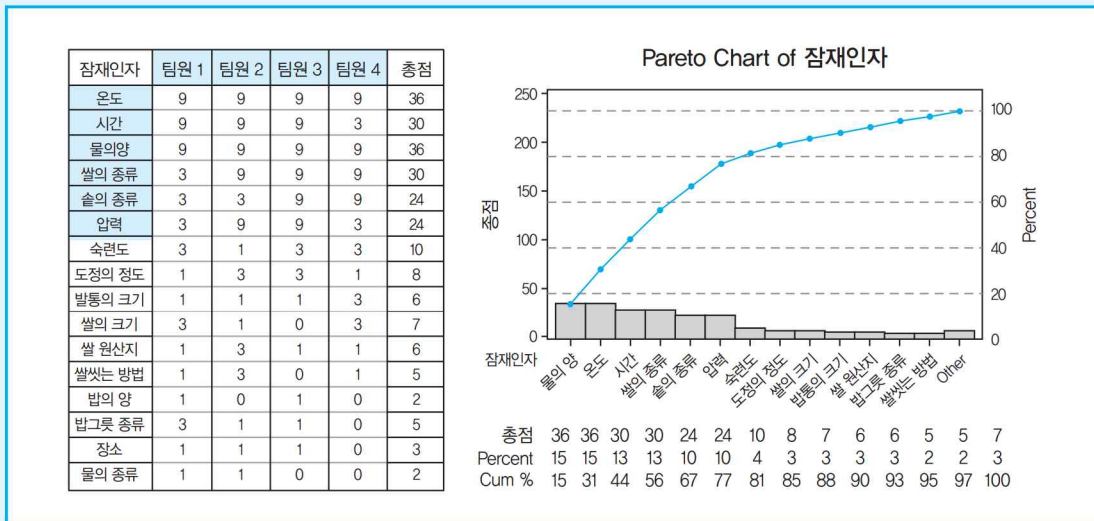
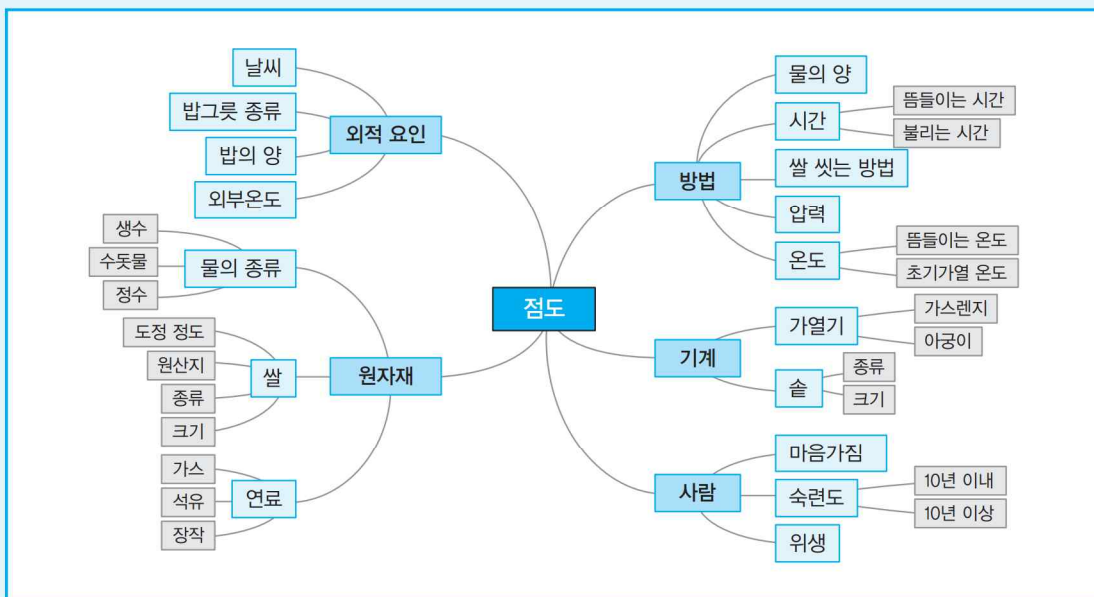


마지막으로 한가지 주의할 점은, CTQ 목표를 달성하기에 충분한 수준으로 Y의 목표를 설정하였는가를 확인해야 한다는 것이다. Six Sigma 과제는 실제로는 Y에 대한 개선활동을 진행하는 것이며, Improve 단계 후 Pilot Test를 통해 Y 목표가 달성되었는가를 확인하게 된다. 하지만, 개선의 진정한 목적은 Y의 목표달성이 아니라, Y를 통해서 CTQ의 목표를 달성하는 것이라는 점을 항상 염두에 두어야 한다. Y만 성과목표를 달성하고 CTQ의 개선효과는 미미한 수준이라면, 이는 전투에서는 이겼으나 전쟁에서는 진 것과 다를 바 없는 것이다. 본 예제에서는 점도에 대한 시그마수준 3.55를 달성하게 될 경우, 자연스럽게 CTQ 목표인 밥맛의 불량률 10% 미만도 가능할 수 있을 것으로 판단하였다.

Analyze Case Study

■ 잠재인자 발굴 및 구조화

밥맛을 계량화할 수 있는 구체적인 측정지표인 점도를 Y로 선정하고, 이에 영향을 줄 수 있는 모든 가능한 원인들을 찾기 위한 팀토의(브레인스토밍, 브레인라이팅 등)를 진행하였다. 팀플레이를 통하여 도출한 잠재인자들을 분류해 보니 시간, 온도, 물의 양과 같은 작업방법, 쌀의 종류나 물의 종류와 같은 원자재, 숙련도나 마음가짐과 같은 사람관련 항목, 밥솥의 종류와 같은 기계 등으로 구분됐다. 잠재인자들을 특징에 따라 구분하지 않고 그대로 나열해 놓으면 어떤 내용들로 구성되어 있는지를 파악하는데 어려움이 있을 수 있기에, 특성 요인도(또는 마인드 맵)를 이용하여 정리하도록 하였다.



팀원들의 경험과 지식에 근거하여 Y와 잠재인자 간의 관련 정도에 대한 점수를 부여함으로써 우

선적으로 중요한 잠재인자를 선별하는 X-Y Matrix를 작성하였다. 또한 파레토도를 통해 X-Y Matrix의 결과물을 시각화 함으로써 좀더 보기 쉽도록 하였다. X-Y Matrix 및 파레토 분석을 통해 온도, 시간, 물의 양, 쌀의 종류, 솥의 종류, 압력 등 6개 인자가 중요한 잠재 원인 변수들임을 확인하였다.

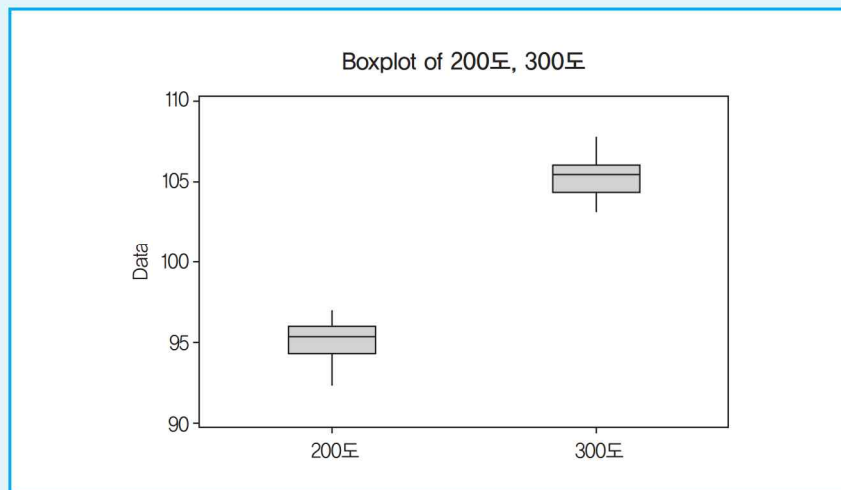
본 프로젝트 팀은 모든 잠재인자를 분석하는 대신, 중요한 잠재인자들에 대한 분석을 통해서 핵심 인자를 찾기로 하였다. 잠재인자의 인자선별을 위한 분석 방법으로는 그래프 분석, 통계적 데이터 분석, 그리고 정성적 분석 등이 가능한데, 본 사례에서는 모든 잠재인자들에 대한 데이터수집이 가능하므로 정성적 분석보다는 좀더 객관적인 분석인 그래프 및 통계적 데이터 분석방법을 사용하기로 하였다.

■ 그래프 분석

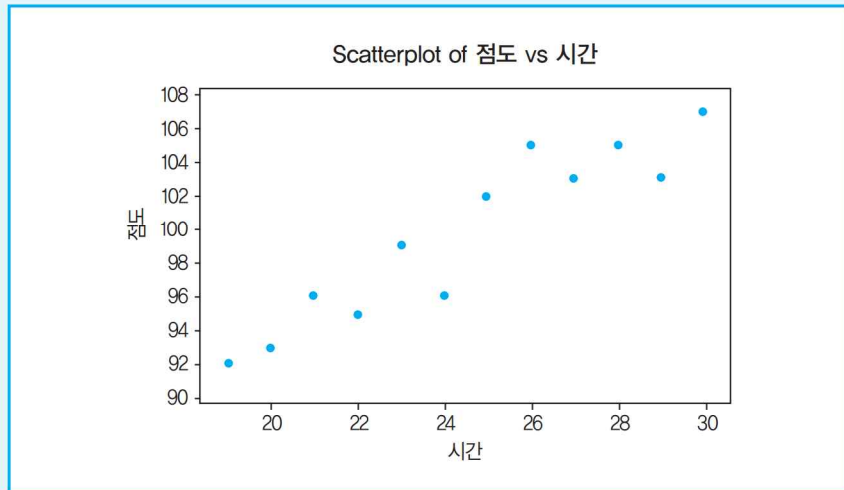
중요 잠재인자들을 분석하여 핵심 인자를 파악하기 위해서, 그래프를 그릴 수 있는 인자는 어떤 것들이 있는지 찾아본 결과, 온도와 시간은 점도와의 관계를 그래프화하여 보여주는 것만으로도 인자의 유의성을 파악할 수 있는 인자라는데 의견을 같이 하였다.

① 온도에 대한 Box Plot

밥을 지을 때의 온도별로 점도의 차이가 발생하는지에 대한 데이터를 확보하고, Box Plot을 통해 비교하기로 하였다.



200도와 300도에서 지은 밥에 대한 Box Plot은 서로 겹치지 않고 완전히 빗나가는 모습을 확인할 수 있다. 이와 같이 서로 겹치는 부분이 없는 경우는 두 집단의 결과물은 매우 다른 상태를 말하는 것이다. Box Plot을 통해 200도와 300도에서 지은 밥의 점도 차가 명확하게 나타남을 알 수 있기에 온도는 점도에 영향을 주는 핵심 인자로 결론지었다.



② 시간에 대한 Scatter Plot

시간과 점도는 모두 계량형 데이터이며, 두 변수 간의 상관관계가 있는지를 Scatter Plot을 통해 분석하기로 하였다.

시간의 변화에 따라 점도의 변화가 직선적인 상관성을 띄는 것이 명확하므로, 시간 역시 핵심 인자로 결정되었다. 즉, 시간을 증가시키면 이에 비례하여 점도 역시 증가하는 추세가 확실하게 있다는 것이므로, 시간은 점도에 영향을 주는 인자라고 결론지을 수 있는 것이다.

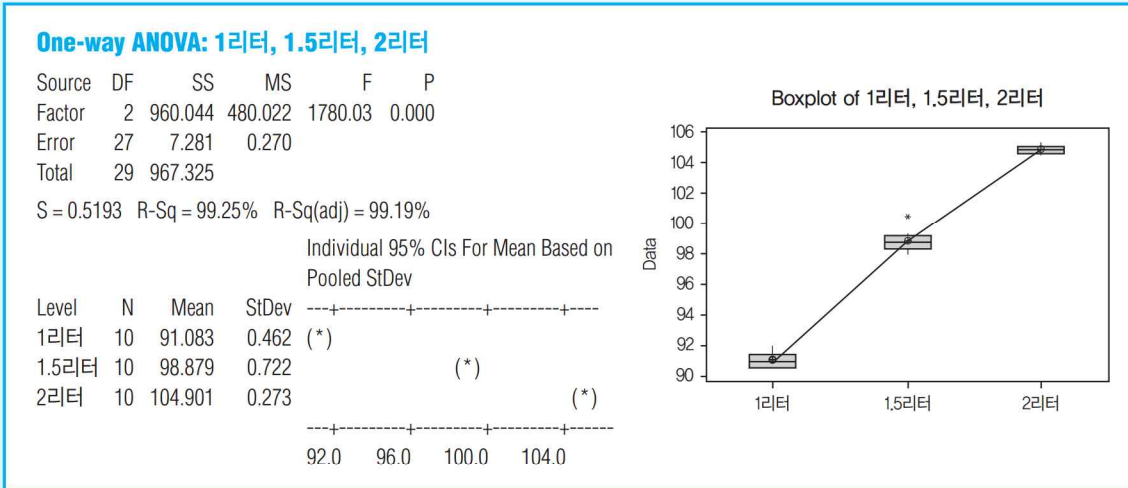
■ 통계적 데이터 분석

물의 양, 솔의 종류, 쌀의 종류, 그리고 압력은 단순히 그래프로 분석하기보다는 좀더 정밀한 통계적 분석을 수행하기로 하였다. 물의 양은 다른 인자들과 상호작용(Inter-action)이 그다지 크지 않고 단독으로 실험하는 것이 간편하다고 판단되었기에 One Way ANOVA 방법을 이용하기로 하였다. 솔의 종류와 쌀의 종류는 둘 간의 상호작용도 중요하며 같이 실험할 수 있는 인자이므로 Two Way ANOVA를 이용하기로 하였으며, 압력은 두 개의 조건에서 차이를 좀더 정밀하게 분석하는 기법인 Paired t 검정을 통해 유의성검정을 하는 것으로 의견을 모았다.

① 물의 양과 점도에 대한 One Way ANOVA

물의 양에 의한 점도의 변화는 좀더 자세하게 통계적으로 분석하는 것이 좋다는 의견에 따라 One Way ANOVA 분석을 수행토록 하였다. 물의 양을 1리터, 1.5리터, 2리터로 변화시켜 가면서 점도의 변화가 발생하는지를 통계적 분석 방법과 그래프 분석 방법을 병행하여 확인하였다.

세션 창의 결과로 나타나는 ANOVA표를 보면, P-Value가 0.000이므로 귀무가설을 기각하여야 함을 알 수 있다. 즉, 물의 양을 변화시키면 최소한 하나 이상의 군에서는 다른 군과 평균 점도가 다른 군이 존재한다는 것이다. 이를 시각적으로 확인하기 위해 그린 Box Plot 상에서도 물의 양에 따른 점도의 변화량은 확연한 차이를 보이므로, 물의 양도 점도에 영향을 주는 핵심 인자로 선정하였다.



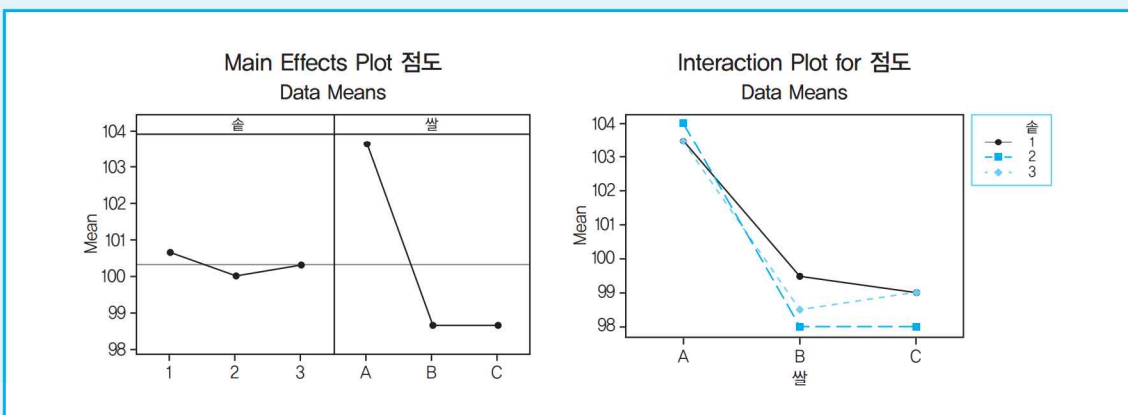
② 술과 쌀의 종류에 대한 Two Way ANOVA

술과 쌀은 동시에 실험이 가능한 인자이므로 이들은 각각 3수준에 대하여 같이 실험하였다. 점도 (y)에 영향을 주는 두 개의 인자에 대한 분석이므로, Two Way ANOVA를 사용하기로 하였다. 세션 창의 결과를 살펴보면, 술과 쌀의 주효과 중에서 쌀의 P-Value는 0.000이므로 쌀의 주효과가 매우 유의하다. 술의 P-Value는 0.748로서 점도에 주는 영향은 미미한 수준인 것으로 보이며, 두 인자 간의 교호작용효과에 대한 P-Value 역시 0.871로 별다를 의미는 없다. 따라서 쌀은 핵심 인자이며, 술은 의미 없는 인자로 선별되었다.

Two-way ANOVA: 점도 versus 술, 쌀

Source	DF	SS	MS	F	P
술	2	1.333	0.6667	0.30	0.748
쌀	2	100.000	50.0000	22.50	0.000
Interaction	4	2.667	0.6667	0.30	0.871
Error	9	20.000	2.2222		
Total	17	124.000			

S = 1.491 R-Sq = 83.87% R-Sq(adj) = 69.53%



③ 압력에 대한 Paired t 검정

압력에 대한 실험은 같은 조건에서 압력만 100과 200으로 분기하여 쌍으로 데이터를 수집하였기에 Paired *t* test를 통해 분석하기로 하였다.

Paired t test and CI: 압력 100, 압력 200

Paired T for 압력 100 - 압력 200

	N	Mean	StDev	SE Mean
압력 100	7	101.57	6.45	2.44
압력 200	7	102.43	7.89	2.98
Difference	7	-0.857	2.545	0.962

95% CI for mean difference: (-3.211, 1.496)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.89 P-Value = 0.407

세션 창의 결과에서 보면, 압력을 100으로 하였을 때의 점도의 평균은 101.57이며, 압력이 200인 경우는 점도의 평균이 102.43이다. Paired *t* test는 단순히 이 둘 간의 평균 차이를 비교하는 것이 아니라, 각 쌍에서의 차이를 비교하는 것이다. P-Value는 0.407이므로 압력에 의한 점도의 차이는 유의하지 않은 것으로 판단한다.

■ 핵심 인자 개선방향 설정

잠재인자들에 대한 분석의 내용을 정리하면 다음과 같다.

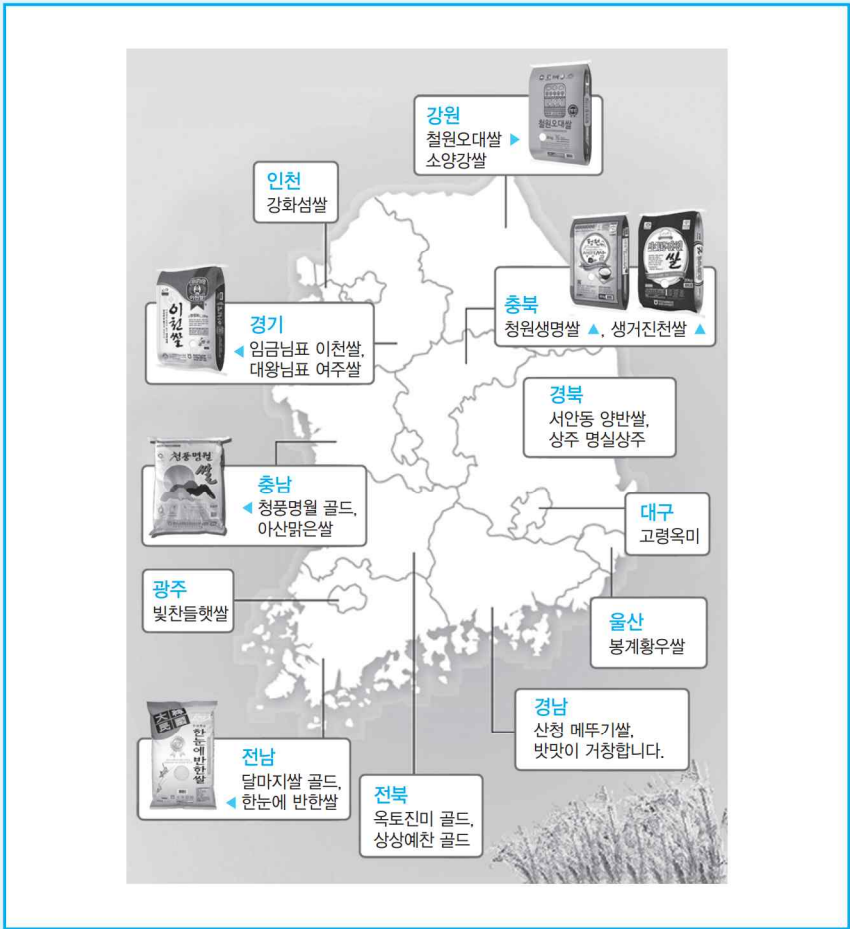
종류	잠재원인변수	분석 Tool	분석 결과	핵심원인 여부
1	① 온도	Box Plot	-	○ 온도가 높을수록 점도에 영향이 있음
2	② 시간	Scatter Plot	-	○ 시간이 증가할 수록 영향이 있음
3	③ 물의 양	1way ANOVA	P = 0.000	○ 물의 양이 증가할 수록 점도가 증가함을 확인
4	④ 쌀의 종류 및 ⑤ 솔의 종류	2way ANOVA	P = 0.000 (쌀)	○ 이천쌀은 상대적인 점도가 높음을 확인함
			P = 0.748 (솔)	× 솔의 종류는 점도에 주는 영향이 없음
5	⑥ 압력	Paired t test	P = 0.407	× 압력은 점도에 주는 영향이 없음

분석과정에서 솔의 종류와 압력은 별다른 영향이 없는 인자임이 밝혀졌기에 선별하여 버리고, 핵심 인자로 선정된 4가지 인자(온도, 시간, 물의 양, 쌀의 종류)에 대한 개선의 방향을 설정해야 한다. 온도, 시간, 그리고 물의 양은 동시에 실험이 가능하며 최적의 조건을 도출하는 것이 필요하기에 실험계획법(DOE : Design Of Experiment) 기법을 사용하기로 하였다. 일정한 점도의 수준에서 점도의 변화량이 가장 적은 쌀을 도출하는 것은, 실험을 통해서 얻을 수 있다기보다는 시장조사 및 팀토의 과정을 거치는 것이 좋다고 판단되었다. 따라서 쌀의 종류에 대한 개선은 실험이 아니라 창의적 대안을 마련하는 쪽으로 결론지었다.

Improve Case Study

■ 창의적 개선대안 도출 및 평가

A 단계의 다양한 분석을 통해 핵심 인자로 선정된 인자들 중에서, 실험계획법을 이용하여 최적 조건을 계산하기보다는, 팀토의를 통하여 개선대안을 마련하는 것이 더 바람직하다고 판단되는 인자로는 쌀의 종류가 선정되었다. 쌀은 품종 및 생산되는 지역에 따라 점도(y)가 매우 다른데, 점도가 조금은 높은 편에 속하면서도 늘 일관성을 유지하는 쌀이 개선성과 측면에서 좋은 쌀이었는데 팀원 모두 의견을 같이 했다. 팀원들은 전문가 인터뷰 및 관련문헌 자료분석을 통해 어떤 지역의 쌀이 이에 합당하다고 볼 수 있는지를 찾아보기로 하였다.



프로젝트 팀이 조사한 자료에 따르면, 밥의 맛에 영향을 주는 쌀의 품종은 전국적으로 대략 100여 종이 넘었다. 가장 흔하게 볼 수 있는 ‘추정’을 비롯해 ‘고시히까리’, ‘운광’, ‘말그미’, ‘미품’, ‘새누리’, ‘히토메보레’ 등 쌀 품종은 수를 헤아릴 수 없을 정도로 많다. 게다가 이천쌀, 호남미, 충청미, 강원미, 영남미 등 지역별로도 다양하게 분류되고 있었다. A 단계의 Case Study에서도 언급했듯이 밥의 맛을 좌우하는 찰기는 아밀로스의 함량에 크게 의존하게 되는데, 국내의 쌀을 조사해 본 결과 이천쌀이 상대적으로 아밀로스의 함량이 낮으며, 그 변동의 폭도 그리 크지 않은 것으로 확인되었다.

이천쌀을 연구한 △△대학교의 보고서에 따르면, “이천쌀은 알칼리에서 잘 분해되어 소화흡수 및 취사시 뜸드는 정도가 양호하고 밥의 찰기를 떨어뜨리는 아밀로스 함량(17.2~19.7%)이 낮아 양 질미 허용범위 내의 이화학적 특성을 보여 밥맛이 좋다.”라고 한다. 또한 이천지역은 지리적으로도 가깝기 때문에 필요시 빠른시간 안에 공급받기 쉬우며, 쌀이 재배되고 있는 동안에도 지속적으로 관리감독하기도 수월 할 것으로 판단되었다. 이상의 자료들을 바탕으로 핵심 인자인 “쌀의 종류”에 대한 최적대안은 이천쌀로 확정하였다. 아래는 쌀의 품질과 관련된 사항을 고려하여 평가항목 및 가중치를 설정하고 각 대안(쌀)별 평가를 통해 임금님표 이천쌀이 선정된 과정을 보여준다.



평가항목 및 가중치	아밀로스 함유량	아밀로스 변동량	공급 편리성	가격	품질관리	
쌀의 종류	5	5	3	2	3	총점
임금님표 이천쌀	5	5	5	2	5	84
철원 오대쌀	4	3	2	3	2	53
전남 달마지쌀	3	3	2	4	3	47
산청 메뚜기쌀	3	3	1	3	3	42
아산 맑은쌀	2	2	3	5	3	44

■ 실험계획법에 의한 최적화

쌀의 종류를 제외한 핵심 인자로는 시간, 물의 양, 그리고 온도가 있는데, 이들은 모두 실험을 통해 최적 조건을 도출할 수 있는 인자로 생각되었다. 실험을 하기 위해서는 우선 인자들과 결괏값 간의 관계가 어떤 관계인지를 알아야 한다. 또한, 각 인자별 실험 수준을 얼마로 할 것인지에 대해서도 고민할 필요가 있다. 주방에서 20년 넘게 밥을 지어온 전문가의 의견을 들어보니, 시간, 물의 양, 그리고 온도는 모두 점도와 직선관계가 있는 것으로 보였다. 적어도 주방에서 밥을 짓는 조건의 범주 내에서는 선형관계라 해도 큰 문제는 없을 것으로 판단되었기에, 2ⁿ 완전요인배치법을 사용하기로 하였다. 이 경우는 인자의 수가 3개이므로, 총 실험 조합의 수는 8개가 되며 2번 반복실험을 하면 실제 실험의 횟수는 16회가 된다.

식당에서 사용하고 있는 솥의 크기에 기준하여, 각 인자에 대한 낮은수준 및 높은수준을 설정하기로 하였다. 전문가들의 열띤 토론을 통해서 시간은 최소 30분~최대 40분 정도의 범위 안에 최적의 시간이 있을 것으로 추정되었기에, 밥을 짓는 시간에 대한 수준은 30분과 40분으로 정하였다. 또한, 물의 양은 1L~1.5L로 온도는 100도~200도의 조건으로 실험하기로 하였다.

미니탭을 이용하여 2³ 완전요인배치표를 만들고, 각 실험의 조건에 따라 실험을 진행하여 얻어진 데이터를 입력한 결과는 다음과 같다. 실제의 경우는 다음과 같이 실험을 Random 순서로 진행하는 것이다. “Std Order”는 표준순서로서 직교배열에 근거한 실험의 순서를 의미하는데, 실험을 진행할 때 통제할 수 없는 외부잡음에 의한 영향을 최소화시켜주기 위한 목적으로 다음과 같이 무작위의 순서로 흔들어 놓는 것이다. “Run Order”는 단순히 실험의 순서로서 통계적 의미는 가지고

있지 않다. 두 번의 반복시행이 되어 있기에, “Std Order”의 1번과 9번은 같은 실험이다. 마찬가지로 2번과 10번은 같은 것이며, 8만큼의 차이가 나는 실험번호가 같은 실험의 반복된 실험을 말하는 것이다. 첫 번째로 수행해야 할 실험은 “Std Order” 12번이며, 실험의 조건은 시간 40분, 물의 양 1.5L, 그리고 온도 100도로 세팅하여 밥을 하는 것이다. 이때 결괏값인 점도가 96.2로 측정되어 이 값을 미니탭의 “점도”열에 입력한 것이다. 이와 똑 같은 실험이 “Std Order” 4번으로서 실험순서상 5번째에 배치되어 있다. 다음과 같이 여덟개의 처리조합에서 두 번씩 반복실험을 무작위로 하여 총 16회 실험하고, 측정된 점도 데이터를 입력하였다.

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	시간	물의 양	온도	점도
12	1	1	1	40	1.5	100	96.2
7	2	1	1	30	1.5	200	103.7
1	3	1	1	30	1.0	100	84.5
5	4	1	1	30	1.0	200	93.7
4	5	1	1	40	1.5	100	95.2
9	6	1	1	30	1.0	100	84.0
3	7	1	1	30	1.5	100	94.0
11	8	1	1	30	1.5	100	93.7
8	9	1	1	40	1.5	200	105.4
14	10	1	1	40	1.0	200	96.0
15	11	1	1	30	1.5	200	102.8
10	12	1	1	40	1.0	100	87.0
2	13	1	1	40	1.0	100	85.5
13	14	1	1	30	1.0	200	93.8
6	15	1	1	40	1.0	200	95.4
16	16	1	1	40	1.5	200	106.0

실험이 모두 끝났으므로, 이제는 분석을 할 차례이다. Analyze Factorial Design메뉴를 이용하여 분석하면 다음과 같은 결과를 세션 창에서 확인할 수 있다.(단, 세션 창의 결과 중 설명에 필요한 부분만 편집하였음.)

Factorial Fit: 점도 versus 시간, 물의 양, 온도

Estimated Effects and Coefficients for 점도 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		94.8063	0.1416	669.73	0.000
시간	2.0625	1.0313	0.1416	7.28	0.000
물의 양	9.6375	4.8187	0.1416	34.04	0.000
온도	9.5875	4.7937	0.1416	33.86	0.000
시간*물의 양	0.0875	0.0438	0.1416	0.31	0.765
시간*온도	0.1375	0.0688	0.1416	0.49	0.640
물의 양*온도	0.1125	0.0563	0.1416	0.40	0.701
시간*물의 양*온도	0.1625	0.0812	0.1416	0.57	0.582

S = 0.566238 PRESS = 10.26
 R-Sq = 99.66% R-Sq(pred) = 98.65% R-Sq(adj) = 99.37%

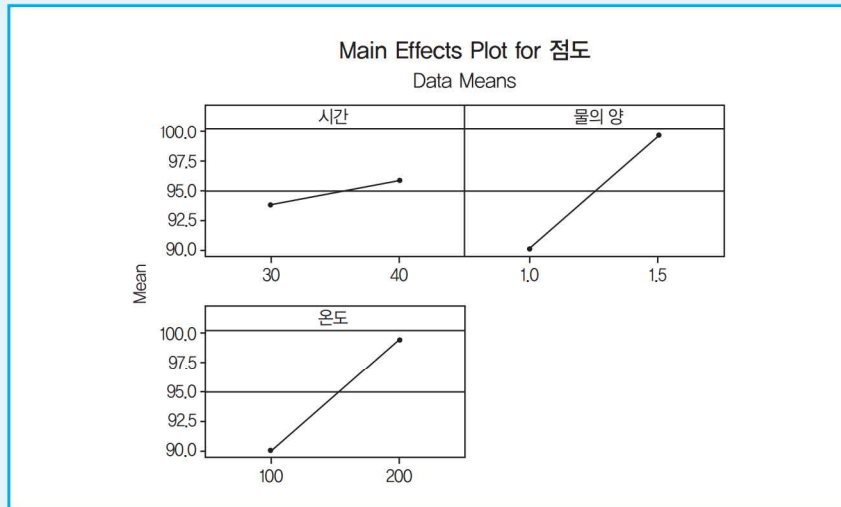
Estimated Coefficients for 점도 using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	44.4000
시간	0.365000

물의 양	24.2000
온도	0.137500
시간*물의 양	-0.160000
시간*온도	-0.00135000
물의 양*온도	-0.0410000
시간*물의 양*온도	0.00130000

시간, 물의 양, 그리고 온도의 주효과는 모두 P-Value값이 0.000으로 매우 작기 때문에 통계적으로 유의한 인자임을 확인할 수 있다. 하지만, 모든 교호작용의 효과들에 대한 P-Value가 5%보다 매우 크므로, 교호작용에 의한 효과는 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있다. 결과 창의 하단 부분에 나와 있는 “Estimated Coefficients for 점도 using data in uncoded units”는 각 인자의 수준을 -1과 +1로 직교코딩하지 않고 실제의 수준에서 구한 회귀방정식을 의미한다.

다음은 각 효과에 대한 크기를 그래프로 확인해 보기로 하였다.

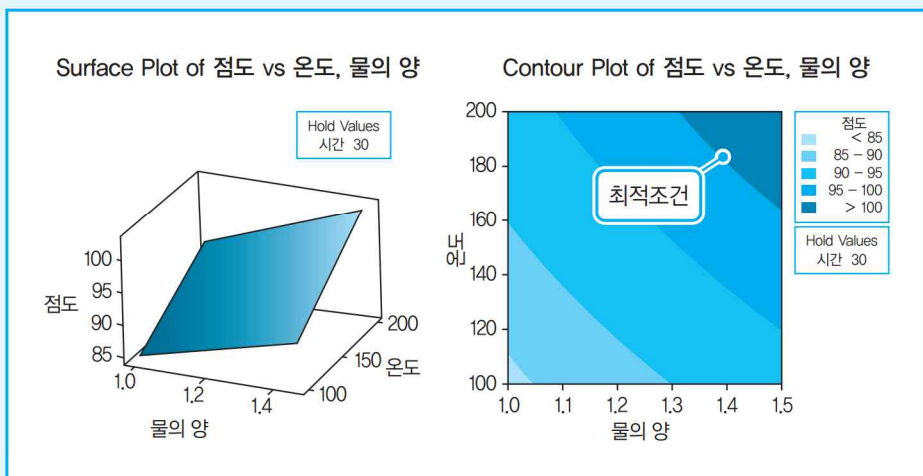
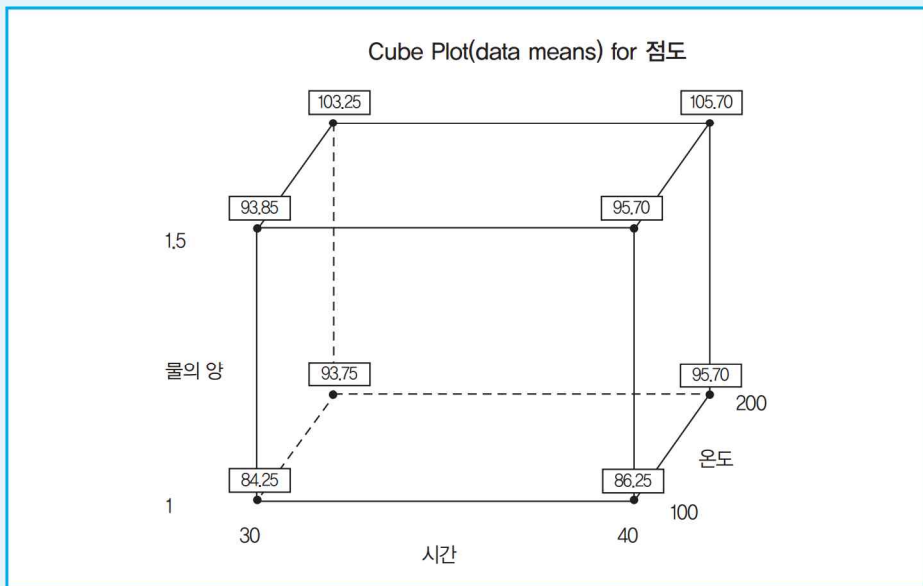
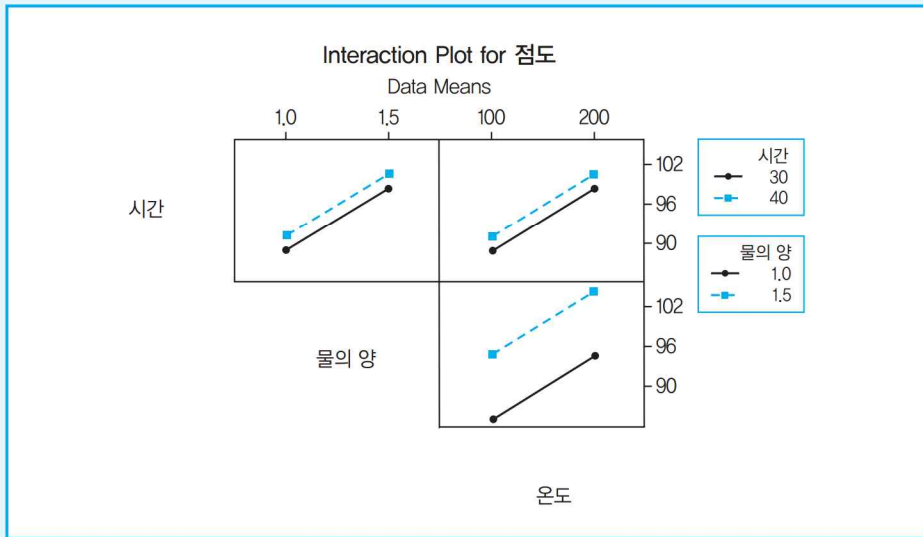


Main Effects Plot을 보면, 모든 인자의 기울기가 우-상 방향으로 나타나고 있다. 이는 인자의 수준을 높여주면 점도가 증가함을 의미한다. 또한, 3개의 인자 중에서 물의 양과 온도의 영향이 시간보다는 상대적으로 큼을 확인할 수 있다.

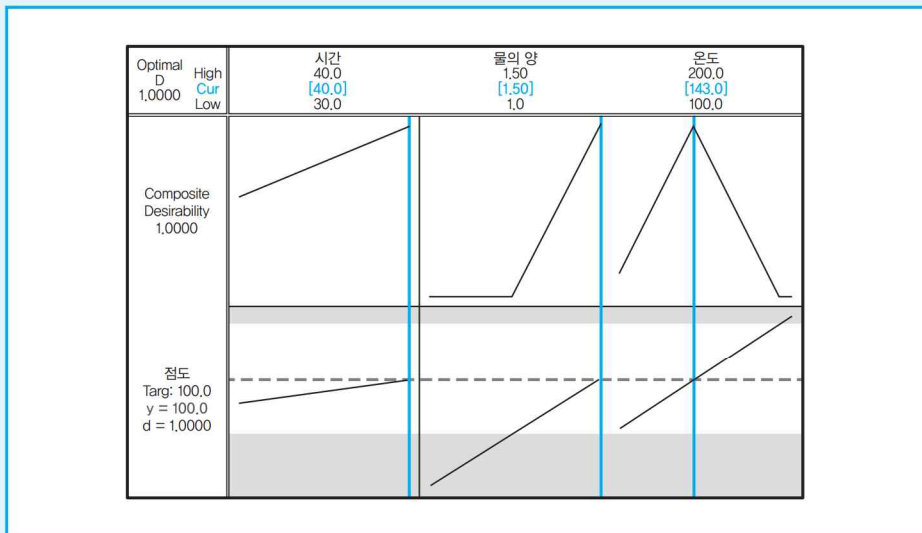
Interaction은 크지 않았기에 반드시 그려보아야 하는 것은 아니었으나, 확인 차원에서 그려본 결과 다음과 같이 나타났다. 모든 교호작용에 대한 그래프가 기울기에서 차이가 나타나지 않았다. 따라서 모든 교호작용의 효과는 무의미한 것으로 보인다.

Cube Plot는 3개 인자의 2수준 실험조건을 나타내고 있으며, 각 조건에서의 실험결과값의 평균이 얼마나 되는지도 보여준다.

Surface Plot과 Contour Plot을 통해 인자들과 결과값 사이의 반응에 대한 실제적인 모습을 확인하기로 하였다. 3차원 공간을 넘어서는 그래프를 그릴 수는 없기에, 인자 중에서 2개까지만 선택이 가능하다. 위의 인자 중에서는 효과가 좀더 큰 물의 양과 온도를 기준으로 다음과 같은 그래프를 그렸다.

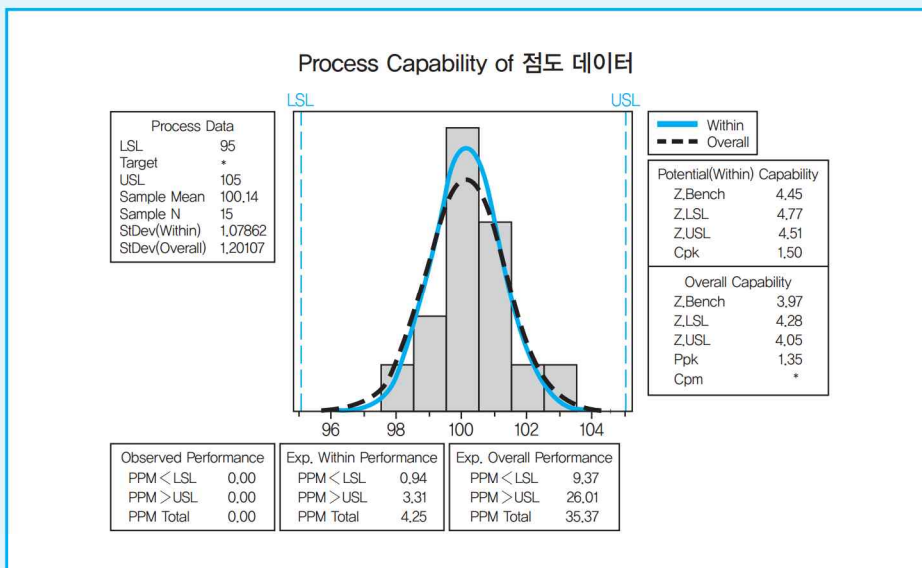


고객이 가장 원하는 점도인 100을 만들기 위해서는 시간 30분, 물의 양 1.4L, 그리고 온도는 대략 180보다 조금 높게 설정할 필요가 있음을 Contour Plot에서 찾을 수 있다. 하지만, 정확한 최적점을 도출하기 위해서 “Reponse Optimizer”기능을 이용하기로 하였다. 미니탭에서 최초로 제공하는 해는 소수점을 포함하고 있었기에 이를 실제 공정에 적용하기는 어려웠다. 따라서 공정에서 설정할 수 있는 다른 조건을 찾아 본 결과 다음과 같이 시간 40분, 물의 양 1.5L, 온도 143도에서 점도 100의 결과가 나올 것이라 예상되었다.



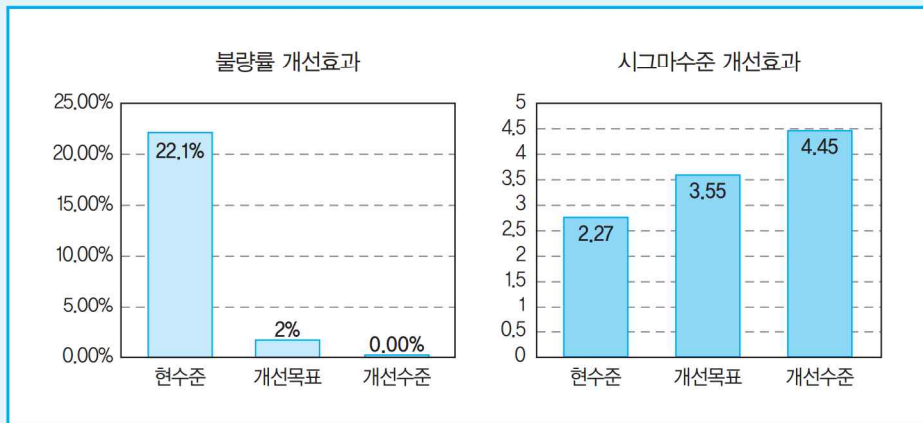
■ 파일럿 테스트

창의적 대안 마련 및 최적화 실험을 통해 도출된 최적해를 실제 적용하기에 앞서서, 개선성과를 확인하고 발생할 수 있는 여러 가지 변인들을 미리 파악해서 수정 보완하기 위해 소규모로 파일럿



실험을 시행해 보았다. 파일럿 테스트를 위해 군 구별하여 데이터를 뽑았으나, 군간의 차이는 그리 심하지 않았다. 미니탭에는 실제적인 군의 크기를 입력하고 시그마수준을 계산하였기에, 1.5 Sigma Shift를 반영하지 않고 단기시그마수준(Z_{ST})과 장기시그마수준(Z_{LT})을 구분하여 계산할 수 있었다.

파일럿 테스트를 통해 수행된 결과를 보면, 실제 불량률은 100만 개중에서 35.37개의 수준으로 줄어들 것으로 보이며, 시그마수준은 $Z_{ST}=4.45$ 수준으로 개선되어 모두 목표 수준을 초과 달성할 것으로 예상된다.



Y(점도)측면에서 개선의 효과가 충분할 것으로 기대되었고, 최적 조건을 실제 공정에 적용함에 있어서도 전혀 문제가 없는 것으로 판단되었기 때문에, 이 정도에서 개선활동을 정리하고 다음 단계로 넘어가기로 하였다.

■ 실수방지

물의 양(1.5L), 시간(40분), 온도(143도)와 같이 최적 조건이 도출된 경우는 반드시 설정된 조건을 지켜주어야 원하는 밥을 지을 수 있게 된다. 시간과 온도는 설비에 세팅하면 크게 변화되지 않는 인자이나, 물의 양은 작업자의 수작업에 전적으로 의존하고 있었다. 매니저 K 씨는 주방 직원들과의 회의시간에 위의 조건들을 꼭 지켜줄 것을 주문하였지만, 주문이 물리는 점심시간이나 피곤이 물러오는 저녁시간에는 주방 직원들의 업무 집중도가 저하될 것으로 예상되었다. 바쁘고 육체적으로 힘든 시간대에 물의 양을 일일이 측정하여 최적 조건을 맞추어 주는 것은 작업자나 관리감독자 모두에게 매우 번거로운 일이 될 것이 불 보듯 뻔했다. 힘들어도 정신을 집중해서 일하라고 하는 것은 한계가 있기에, 물의 양을 맞추어 주는 부분은 실수방지책을 사용하기로 하였다. 최적 조건을 항상 지켜주고 있는지를 체크하지 않아도 자연스럽게 지킬 수밖에 없는 방법은 무엇이 있을까를 고민하던 팀원들은 “표준 컵” 아이디어를 떠올렸다. 즉, 1.5L의 표준 컵에 한가득 물을 채우는 것만으로도 최적 조건을 지킬 수 있게 된다는 것이다.



왼쪽은 해당 주방에서 적용한 표준 컵을 보여주는데, 밥 짓는 솥 옆에 표준 컵을 비치하고, 물의 양은 무조건 표준 컵에 가득 채우는 것으로 정하였다. 컵에 물만 가득 채우면 되므로 측정하는 번거로움이 사라지고, 자동으로 전수 관리할 수 있게 되었다.

■ 관리계획서

나머지 인자들에 대해서도 실수방지책이 있는지 고민해 보았으나, 시간이나 온도는 공정관리를 하는 것 외에는 뾰족한 방법이 없었다. 두 인자에 대해서는 지속적인 관리를 해야 하는데 무턱대고 알아서 관리하라고 하면, 관리의 효율도 떨어질뿐만 아니라 일정시간이 지난 후에는 유아무야 될 것이라 예상되었다. 좀더 체계적인 관리를 위해 다음과 같이 관리 계획을 수립하였다.

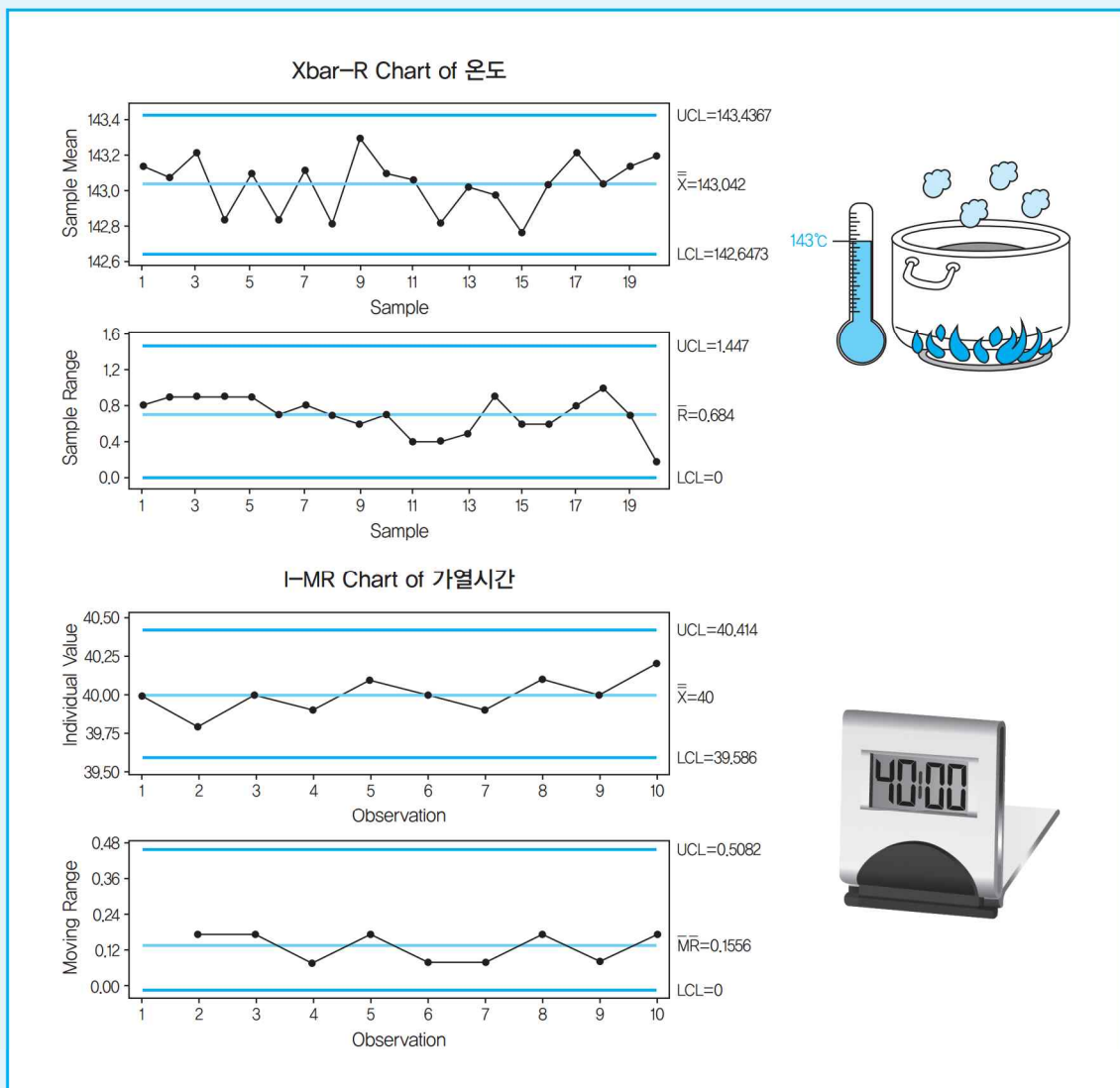
관리 지표	관리 한계	관리 담당자	관리 주기	관리 방법	이상 발생 시 조치사항
물의 양	1.48~1.52	홍길동	매월 마지막 토요일 퇴근 시 측정	표준 컵 사용여부 확인	표준 컵 사용에 대해 재교육하고, 관리담당자에게 공지
시간	39.4~40.5	홍길동	1회/일	I-MR 관리도 사용	이상상태 발생 시 즉시 원인파악하여 조치하고, 관리담당자에게 공지
온도	142~144	김유신	5회/일	Xbar-R 관리도 사용	이상상태 발생 시 즉시 원인파악하여 조치하고, 관리담당자에게 공지
쌀의 종류	이천쌀 사용여부	이순신	매일 오전에 확인	수입검사 시 쌀의 종류 육안검사	기타 쌀이 입고되면, 즉시 반송조치하고, 이천쌀 재고물량 이용

이 중에서 특히 시간과 온도는 관리도를 이용하기로 하였는데, 시간의 경우는 자주 측정하기가 좀

어렵다고 판단되어 하루에 한 번만 측정하는 X-MR(미니맵의 경우 I-MR) 관리도를 이용하고, 온도는 상대적으로 측정이 용이하고 결괏값에 영향이 크다고 판단되어 Xbar-R 관리도를 통해 관리하기로 하였다. 물의 양은 앞에서 설명한 것처럼 표준 컵을 이용하고, 쌀의 종류는 입고될 때마다 담당자가 육안검사를 실시하기로 하였다.

■ 관리도를 통한 모니터링

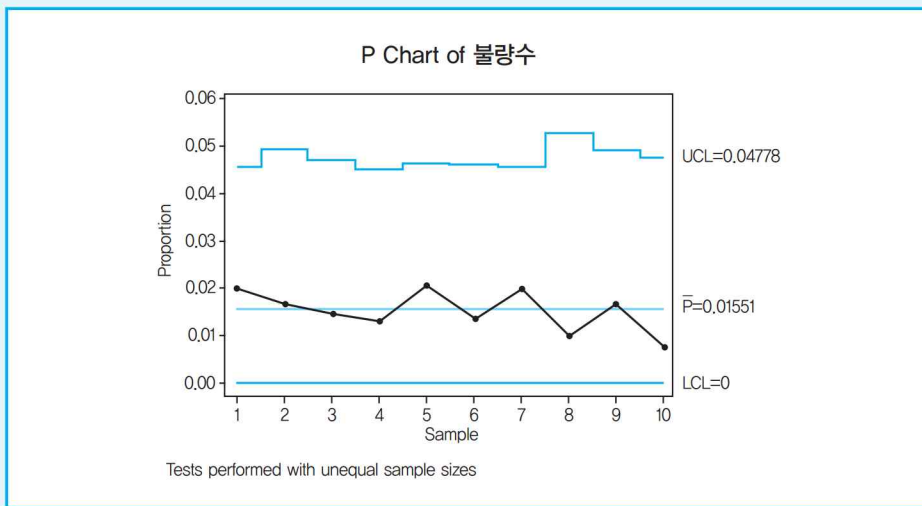
온도에 대한 Xbar-R 관리도와 시간에 대한 I-MR 관리도를 그려보니 다음과 같았다. 온도의 평균과 산포가 정의된 폭 내에서 큰 문제없이 유지되고 있었다. 온도에 대한 관리도의 다음에 그려진 시간에 대한 I-MR 관리도에서도 시간의 값과 이동범위가 큰 문제없이 관리되고 있는 모습이 관찰되었다. 따라서 새로운 개선안이 주방의 직원들에게 받아들여지고 큰 문제없이 적용되고 있음을 알 수 있다.



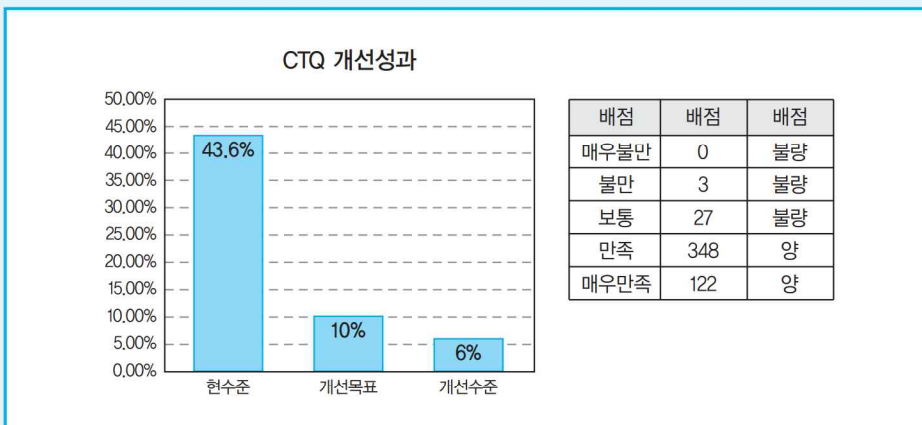
Y의 단기성과 목표가 달성되었으며, 핵심관리지표들에 대한 적용에도 전혀 문제가 없음이 확인되었기 때문에 여기까지의 내용을 토대로 과제를 마무리하기로 하였다.

■ CTQ 성과확인

과제를 종료하고 3개월에 걸쳐서 본과제의 CTQ였던 “밥맛”에 대한 평가를 다시 해 보기로 하였다. 우선 주방에서 만들어지는 밥의 점도(y)에 대한 관리 및 불량률의 추이를 파악하기 위해 관리도를 이용하기로 하였다. 매일 얻어지는 샘플의 수가 다르기에 P-관리도를 적용한 결과, 점도의 불량률은 큰 문제없이 목표한 수준인 2% 이하에서 잘 유지되고 있는 것으로 파악되었다.



아무리 점도(y)가 정해진 수준을 유지하고 있더라도, 고객이 맛없다고 하면 의미가 없는 것이기에 고객을 대상으로 CTQ에 대한 평가를 하였다. 6개월에 걸쳐서 본 식당을 방문한 고객 500명을 무작위로 선정하여 5점 척도로 평가토록 하였는데, 이 중에서 3점 이하의 불량으로 간주하였다. 총 500명의 고객 중에서 30명의 고객이 3점 이하의 불량에 표를 던졌다. 개선 전의 CTQ 불량률은 43.6%이었으며, 목표 수준은 10% 있기에 개선수준 6%는 목표를 달성한 것으로 봐도 될까?



이에 대하여 1-Proportion test를 수행하여, 다음과 같은 결과를 얻었다. P-Value는 0.001로 매우 작으며 95% 신뢰수준에서 현 공정의 CTQ는 8.05% 미만으로 유지될 것으로 판단된다. 따라서 목표했던 CTQ의 불량률 10%는 충분히 달성된 것으로 결론지었다.

Test of p = 0.1 vs p < 0.1

Test of p=0.1 vs p < 0.1

Sample	X	N	Sample p	95% Upper Bound	Exact P-Value
1	30	500	0.060000	0.080505	0.001

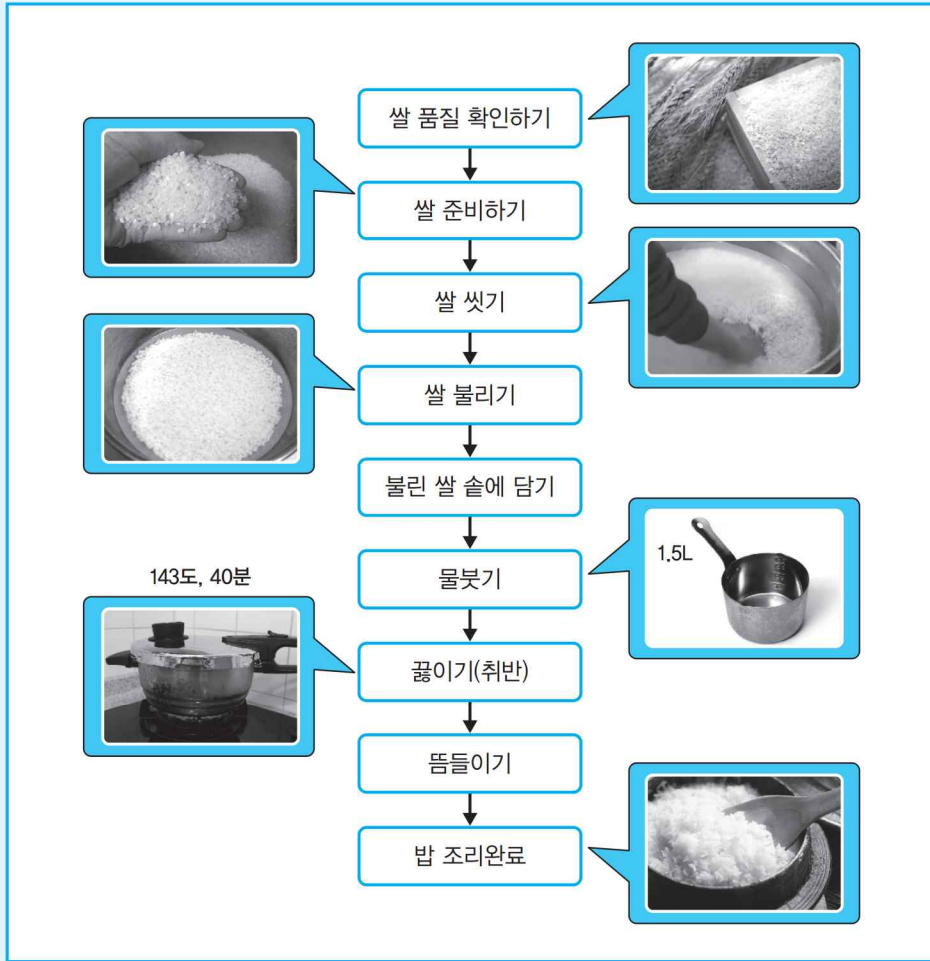
과제 종료에서 가장 중요한 것 중 하나는 과제 성과를 증명할 수 있는 각종 데이터를 확보하여 FEA와 함께 연간 예산 재무성과를 파악하는 것이다. 지금까지의 모든 활동에 대한 적절한 보상을 받는 것은 과제를 수행한 팀원들의 사기를 북돋을 뿐 아니라, 향후 Six Sigma 과제 진행 시 과제에 적극적으로 참여토록 하는 동기부여가 될 수 있다. 본 과제의 리더인 매니저 K 씨가 조사한 자료에 의하면 과제 종료 후 8월부터 매월 5백만 원씩의 매출 개선 성과가 있을 것으로 예상되었고, 실제 매월 4백만 원~600만 원씩 성과가 있었던 것으로 파악되었다. 이는 연 매출 6,000만 원 정도의 개선 효과와 함께 순이익 측면에서도 2,000만 원 정도가 증진될 것으로 예상되었다. 챔피언은 순이익의 일정비율을 팀원들에게 성과금액으로 분배하였다.

이상에서 설명한 바와 같이, Y에 대한 단기목표는 물론이고 CTQ에 대한 장기공정능력도 목표치를 달성했기에, 지금까지 진행된 모든 내용을 정리하고 문서화함으로써 과제를 종료하기로 하였다.

■ 표준화 및 공유

마지막으로 남은 활동은 과제 수행과정 및 프로세스 변화를 이해하는데 도움이 될 수 있는 모든 자료를 수집하여 정리하고 문서화하는 것이다. 앞으로 프로세스를 담당할 직원들에게 프로젝트에서 개선된 바와 그 이론적 근거를 문서화하여 제공함으로써, 같은 문제가 다시 재발되는 것을 방지하는 것이 필요하다는 것에 모든 팀원들이 공감하고 있었다. 문서화한다는 것은 과제를 통해 획득한 지식이 보관되고 공유됨으로써 그것으로부터 다른 사람들이 이익을 얻을 수 있도록 하기 위함이기 때문에 최대한 단순하게 만들어야 한다. 따라서, 어려운 표현이나 추상적인 내용은 쓰지 말고 가급적 숫자나 그림으로 설명하여, 활동 후 변경된 내용을 SOP(Standard Operating Procedure)의 형태로 표준화하기로 하였다. 작업표준은 보는 사람이 한 번에 이해할 수 있도록 하는 것이 매우 중요하기에 최대한 그림, 사진, 도표 등을 이용하여 작성하였다.

마지막으로 관련된 모든 과제 바인더, 문서, 프로세스 정보를 프로세스 오너(Process Owner)인 주방장에게 이관하였다. 프로세스 관리 계획서, 프로세스 모니터링 계획, 과제 보고서 등을 통해 프로세스 오너가 변화를 지속적으로 관리하게 함으로써 공정에 이상징후가 생기지 않도록 하고, 향후 개선에 대한 계획도 세울 수 있게 되었다. 챔피언, MBB, 프로세스 오너 및 관련 전문가들이 참



여한 과제 완료 발표회 등을 통해 공개적으로 과제 개선성과에 대해 검증받고, 개선의 결과를 공유함으로써 본 과제는 성공적으로 종결되었다.