

농산물산지유통센터 표준설계도

김병삼 | 한국식품연구원 책임연구원, bskim@kfri.re.kr

윤두현 | 한국식품연구원 연구원, yoon@skku.edu

농산물산지유통센터는 농산물을 농식품으로 인식을 전환하고 식품 공장에 준하는 위생개념을 도입하여 농산물 유통의 핵심적인 역할을 하는 시설이다.

서론

농산물산지유통센터(APC, Agricultural Products Processing Center)는 청과물종합처리장, 농산물포장센터 등으로 출발하여 2000년대에 들어 그 규모가 확대되고 상품화 의지와 브랜드에 대한 이미지들이 확대되면서 예냉시설, 큐어링시설, 비파괴선별기, 신선편의농산물 가공시설 등 상품화가 가능한 설비와 기술이 접목되어 가고 있다. 2004년도부터 FTA(Free Trade Agreement)사업을 바탕으로 거점 과실 APC가 추진되고 있어 단위시설당 사업비 투자비가 50억~200억원을 초과하여 규모화, 대형화된 시설이 건립되기 시작하면서 농산물 유통의 핵심으로 주도적 위치를 차지하고 있다.

APC의 농산물 처리·가공·유통시설은 단순히 농산물을 처리하는 시설이 아닌 식품을 처리 가공하는 시설로 인식되어야 하며 식품 공장에 준하는 위생개념을 가지고 접근할 필요가 있다. 식품안전에 대한 접근은 Food-chain approach가 국제적인 대세로 원료 단계부터 위생관리가 되지 않고는 최종 제품의 안전을 근본적으로 확보하기는 불가능하다. 식품안전사고, 소비자의 안전에 대한 의식 향상 등으로 식품 처리, 가공 공정에 대한 HACCP(Hazard Analysis of

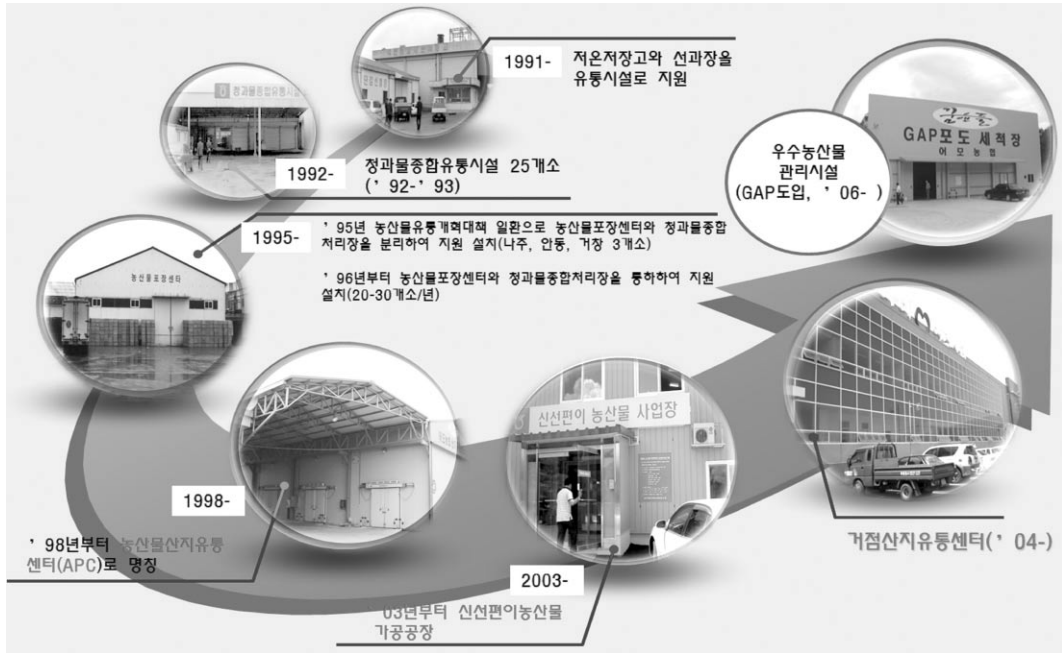
Critical Control Point), GMP (Good Manufacturing Practices) 등이 도입되면서 농장에서 식탁까지(Farm to table)의 위생관리 체계 확보에 대한 대책이 수립되고 있다. 농산물의 경우 2004년도부터 생산·수확 후 관리단계 즉 GAP(Good Agricultural Practices)가 시범사업으로 도입되면서 생산에 있어서 생산이력 제도(Traceability)와 위생시설의 개념이 APC에 도입되기 시작하였다. 2006년도부터는 농산물우수관리제도가 정책적으로 도입되었으며 생산지침에 의해 생산된 농산물의 수확 후 처리를 담당하는 농산물우수관리시설에 대한 기준이 작성되었다. 따라서 APC 등 농산물 처리, 유통시설에 대한 시설 인증이 들어가면서 이러한 인증 시설에서 처리한 농산물에 한해 GAP 인증 마크를 최종적으로 부여하여 생산농가와 소비자의 신뢰를 높였다(그림 1 참조).

농산물산지유통센터 포장실, 선별·선과장 및 저온저장고는 크게 건축(골조 및 벽체)설비부분, 냉동기계설비부분, 신선편이 가공 설비부분 등으로 구분할 수 있다. 각 설비내용은 저장품목, 저장방법, 경제성, 선호도 등에 따라 다양하게 나타날 수 있다.

APC 설계 기본 개념

기본개념

- 안전한 농식품 공급에 대한 소비자 요구
- 지속가능한 농업을 추구하는 환경 친화적 요구



[그림 1] 농산물 산지유통센터 변천과정

- 국제 무역 관계 등을 고려한 요구
- GAP, GMP, HACCP 등 위생관리 기준에 적합한 시설
- 관련 법규나 규정에 상응하는 시설
- 물류 효율화, 작업 효율화에 대응
- 에너지 효율성
- 처리, 가공에 적합한 시설
- 유연성 있는 시설
- 교차오염 방지
- 청결한 작업공간 확보
- 위해요소의 최소화를 위한 시설

설계 고려사항

세척농산물과 같은 전처리시설이나 신선편이농산물의 경우 HACCP을 도입하는 것이 최상의 위생관리이나 현실적으로 신선편이농산물을 제외하면 현재로서는 도입하는데 제약 요인이 많기 때문에 이전 단계로서 GMP(Good Manufacturing Practice)의 기본 시설 개념을 가지고 접

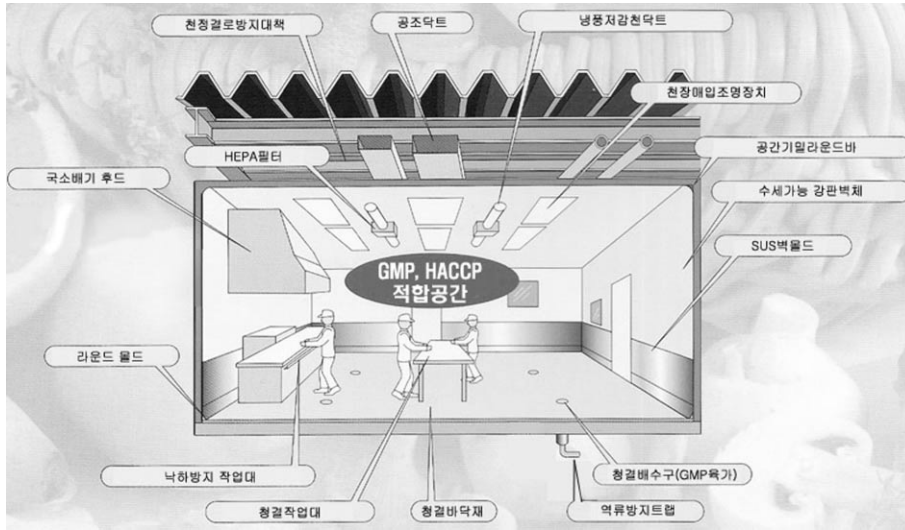
근하는 것이 적절하다. APC는 건물 및 설비 관리, 기계 및 기구 관리, 작업자의 위생관리, 쥐 및 해충 관리, 가공 용수 관리, 배수 및 폐기물 관리, 생산 및 공정 관리, 제품 및 시험 검사 기계·기구 관리, 창고 관리, APC 주변 환경 관리 등과 같은 기본적인 사항을 고려하여 서로 연계 되도록 설계한다(그림 2 참조).

APC 세부 설계 계획

건축물

농산물의 수확 후 관리시설과 원료 및 완제품의 보관시설 등이 설비된 건축물의 위치는 축산폐수·화학물질 기타 오염물질의 발생시설로부터 농산물에 나쁜 영향을 주지 않도록 격리되어 있어야 한다.

- 건물의 위치는 축산폐수 화학물질 기타 오염물질의 발생시설로부터 농식품에 나쁜 영향을 주지 아니하는 거리에 두어야 한다.



[그림 2] GMP, HACCP을 적용한 작업 공간 구조 모델

- 위치의 선정은 농식품처리유통시설을 신축하는데 위생적 관점에서 고려해야 할 대단히 중요한 문제이다. 예를 들어 인접한 화학공장의 강력하거나 지독한 냄새가 바람에 실려오는 방향에 부지가 위치하면, 이러한 냄새가 공장 내부나 제품에 스며들지 않도록 하기 위해 특별한 시설과 투자를 해야 한다. 하수나 쓰레기 처리장의 주변에 공장을 짓는다면 병원성 미생물이 바람을 타고 건물과 제품을 오염시킬 수 있으므로 흡기구에 특수 필터를 달아 여과된 공기만 시설 내에 들어가도록 한다.
 - 시설물 부지의 과거용도도 고려해야 할 사항중의 하나이다. 혹시 폐기물이 매립되어 있지 않은지를 알아보아야 하는데 독성폐기물의 경우 제품을 오염시킬 가능성이 있고 일반 폐기물의 경우 메탄가스 발생으로 제품에 냄새가 흡수되거나 건물 내에 메탄가스 축적에 의한 화재, 폭발 혹은 질식 등의 위험이 있을 수 있다.
- 건축물은 콘크리트 구조나 철강 구조 두 형태가 대표적이는데 APC의 경우 H빔을 사용한 철골구조에 난연 3급이상의 우레탄평판넬을 부착한 형태가 보편적으로 적용되고 있다. 이 경우 위생적인 시설을 고려할 때 H-빔을 외부로 설치하고 우레

- 탄평판넬을 내부로 부착해야 한다(반대로 설치할 경우 내/외부에 다시 판넬을 부착하여 마감처리함으로써 비용의 증가를 가져온다).
- 우레탄판넬의 경우 외부 철판의 두께는 0.5 mm 이상이 되어야 강도를 유지한다.
 - 건물의 면적은 외벽 판넬 중간선을 기준으로 한다.
 - 작업장별 건축물에 적용되는 우레탄평판넬의 두께(밀도 35 ~ 45 kg/m³, 열전도율 0.023 W/m 이하, 압축강도 15 N/cm² 이상)는 선과장(15 ~ 20℃ 기준)은 50 ~ 75 mm, 저온저장고(0℃ 기준)의 외벽 100 mm, 천정 150 mm, 간벽 75 mm 이상이며, 전처리 작업장(5 ~ 15℃ 기준)은 75 mm 이상으로 해야 한다.
 - 990 m² 이상의 건물에는 시공 후 방화처리를 해야 한다.
 - 글라스울이나 석면제품은 판넬이 손상되어 소재가 인체에 침투시 해(발암 등)를 미치므로 APC에는 사용을 금지한다.
 - 보통 건축용으로 많이 사용되는 장판넬을 시공할 경우는 판넬 접합 시 접합면에 우레탄을 발포한 다음 이웃 판넬을 연결해야 단열



이 잘 유지된다.

작업장(가공실)

작업장은 농산물의 수확 후 관리를 위한 작업장을 말하며, 선별 선과시설, 저장시설 등은 분리되거나 구획해야 한다.

- 기본적인 추진 계획은 APC에서 생산되는 농식(상)품의 생산계획을 바탕으로 생산계획을 수립한다. 여기에는 ①농식(상)품의 종류, ②생산량, ③생산공정, ④작업구획화(zoning) 및 동선 계획이 포함된다.
- 구획화는 오염을 방지하고 위생적으로 안전한 식품을 생산하는 기본 요건으로 건물 설계에 있어서 중요한 사항이다. 즉, 오염구역, 준청결구역, 청결구역을 명확히 하여 구역별로 오염정도에 따라 구획화(zoning)가 필요하다. 사람이나 물품에 의한 교차 오염을 방지한다.
- 아울러 작업 공정에 따른 기계설비의 배치와 사람의 이동을 고려한 작업 동선이 구획화와 연결되어야 위생적인 시설의 설계가 이루어진다. 제조 공정의 작업 동선은 전진 이동형(Forward-only movement) 이어야 하며 원료와 제품이 교차(Crossing-over)하여서는 안 된다. 즉 가공 중 원료와 가공중의 제품이 서로 접촉되어서는 안 된다.
- 사람과 물건의 동선은 교차오염이 발생하지 않도록 계획한다.

- 일반적인 과실 선과장이나 과채류 유통센터의 경우에는 선과장과 저온저장고(예냉실, 예조실, 예건실, 큐어링실 등 전처리실 포함), 일반 창고, 사무실 등으로 구획화되어 있다.
- 선과장의 경우 작업공정 단위별로 구획화는 현실적으로 어렵기 때문에 기계설비의 배치를 교차오염 등이 발생하지 않도록 적절히 배치하고, 작업 흐름도에 따라 환기시설의 설치, 공조시설에 의한 압력차 이용 등에 의해 오염을 최소화할 수 있도록 한다(표 1 참조).
- 가공라인은 1)조제실(trimming room), 2)세정(washing), 살균(disinfection), 헹굼(rinsing) 3)소포장실 4)배송, 보관실로 나뉘며 이 때 2)의 세정, 살균, 헹굼 작업실은 조제실 및 소포장실과 적어도 하나의 벽으로 분리되어야 한다. 그리고 온도 관리를 위하여 작업은 10℃ 이하에서 행하고(적어도 12℃를 초과해서는 안 됨) 소포장 전에 0 ~ 2℃로 냉장하고, 저장중 이 온도를 유지해야 한다(적어도 4℃ 이하).

내부 구조

바닥

바닥은 충격에 잘 견디는 견고한 재질이어야 하며, 콘크리트의 경우 적정 합성수지(에폭시, 우레탄, 하드너, MMA수지)로 도장해 주어야 한다. 파여 있거나 갈라진 틈 또는 구멍이 없어야 하며 평활하거나 약간 기울어져 물이 고이지 않아야

<표 1> 청정도 구분에 따른 구획화 계획

청정도 구분		대 상	용도 예
지 역	작업 구역		
비오염 지역	고도청결구역 (1A)	특히 청결을 요구하는 구역	무균실, 멸균제품 등의 방냉, 조리, 충전, 포장, 클린룸, 클린부스
	청결작업구역 (1B)	청결 작업실	중간제품의 냉각, 분류, 포장
	준청결구역 (2)	청결 작업 구역에 준한 구역	세척, 가공, 건조, 탈수 처리실
오염 지역	일반작업구역 (3)	오염을 관리해야 하는 구역	원료반입, 전처리, 원료창고, 최종제품보관, 자재보관, 외포장

한다(세척). 바닥에 분진 및 이물질이 쌓이지 않도록 항상 청결하게 관리되어야 한다.

배수로

배수로는 퇴적물이 쌓이지 않도록 적절한 모양과 폭으로 구배를 갖춘 구조로 설비되어야 한다. 곤충이나 설치류 등의 유입을 방지할 수 있는 방충망 등의 설비와 세척시 악취 및 폐수 역류를 방지할 수 있는 트랩 등의 설비를 갖추고 있어야 하며 배수 및 청소가 용이해야 하고, 세정, 소독이 가능한 설비이어야 한다. 트렌치 설치시 물이 원활히 흐르고 퇴적물이 쌓이지 않으며 청소가 용이하게 가급적 U-형으로 구배를 두어 역류가 되지 않도록 시공하고, 단위 작업장 단위로 설치한다. 기계를 설치할 때는 트렌치 위에 시공되지 않도록 하고 옥외 폐수 집수정에 연결시에는 역류가 되지 않도록 특히 구배에 주의한다(표 2 참조).

내벽(벽체)

기존 APC 건물의 상당수가 H-beam이 내부에 시공되어 있어 단열성능의 저하와 내부 청소의 어려움, 먼지의 퇴적 등의 문제가 있다. 따라서 내벽은 돌출부위(H빔, 배관 등)가 보이지 않도록 판넬 등으로 시공하여야 하고, 타일, 콘크리트 및 판넬 등과 같이 견고하고 평활해야 한다.

내벽이 판넬일 경우 갈라진 틈이나 구멍이 없어야 하며 항균성실리콘으로 코킹처리를 하고 곰팡이 등 미생물이 번식하지 않도록 청결하게 관리되어야 한다.

판넬 부자재는 알루미늄 재질을 주로 사용하고 세척작업장의 경우 바닥과 접합부위는 스테인리스 재질을 사용할 수 있다. 코너 부위의 마감 처리는 R-mould나 J-mould를 사용하여 먼지가 쌓이지 않고 청소가 용이하게 한다(그림 3 참조).

세척실 콘크리트 등의 경우 내벽은 바닥으로부터 1.5 m까지 밝은 색의 내수성·내산성·내열성 등의 자재로 설비하거나 세균방지용 페인트로 도색하여야 한다.

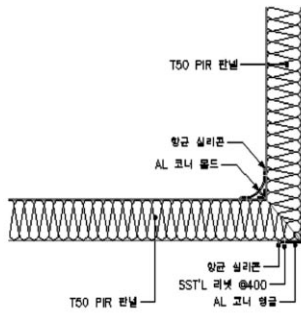
천장

천장은 농산물에 나쁜 영향을 주지 않는 우레탄 평판넬, 콘크리트, 석고보도판, 스텐레스 등 적절한 자재를 사용해야 한다(글라스울 판넬, 석면 재질은 사용불가). 파여 있거나 갈라진 틈, 구멍이 없어야 하며, 빗물이 누수 또는 누습되지 않아야 하고 이물, 먼지, 곰팡이 등으로부터 오염되지 않도록 관리하여야 한다(표 3 참조).

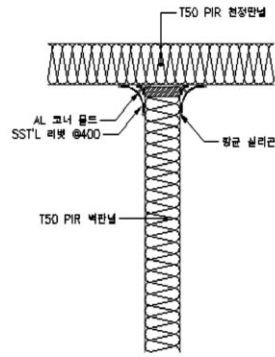
선과장 등 작업장의 경우 중천장을 설치(빔을 외부로 설치할 경우 천장 설치가 용이함)하는 것이 공간 사용에 효율적이다. 천장을 별개의 층처

<표 2> 배수로 종류 및 특성

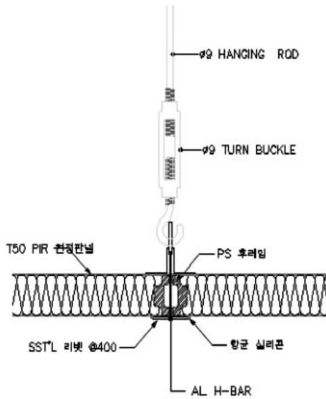
종 류	장 점	단 점
사각형	<ul style="list-style-type: none"> • 물을 많이 사용하는 작업장에 적합 • 배수가 원활함 	<ul style="list-style-type: none"> • 청소성이 용이하지 못함 • 미생물 번식 가능성 높음 • 열수축성에 의한 균열발생 가능
U자형	<ul style="list-style-type: none"> • 물을 많이 사용하는 작업장에 적합 • 청소성 및 위생성 우수함 • 물 사용량이 적은 지역 적합 	<ul style="list-style-type: none"> • 고가이며, 누수 시 이물질 발생 우려
오메가형	<ul style="list-style-type: none"> • 청결하며, 청소가 용이함 • 커버가 없어 미생물 번식 및 해충번식지 제거 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 고가이며, 누수 시 이물질 제거 어려움 • 전용 청소기구에 의해 청소됨 • 보이지 않는 부분의 미생물 발생 우려 있음
슬릿형	<ul style="list-style-type: none"> • 두께가 필요 없는 스텐레스제 • 청소성, 물리적 충격성 우수 • 슬릿부분을 통해 배수관 내를 직접 육안확인 가능 • 탈착식 트랩으로 세정이 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> • 절곡성형으로 설치 시 고비용 소요



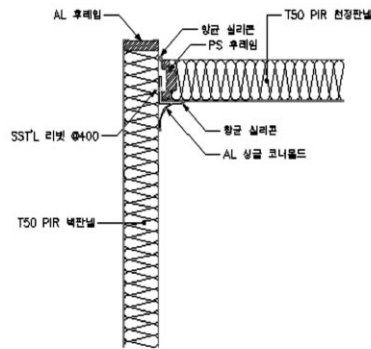
코너부위 평면상세도



천정 & 내벽 요인트 상세도-1



천정 HANGING 상세도



천정 & 내벽 요인트 상세도-2

[그림 3] 패널 조립 상세도

<표 3> 천장 재질 종류 및 특성

종 류	장 점	단 점
우레탄 평판넬	<ul style="list-style-type: none"> • 압축 평판 타입으로 제작되어 깨끗함 • 밀도가 높아 견고함, 인테리어 용이함 • 일반적으로 식품 및 농산물 공장에 많이 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 주문 제작으로 시공일이 길다 • 방화구조에 부적합 함
아이소넬 판넬	<ul style="list-style-type: none"> • 가볍고 시공이 편리함 • 저비용, 자재수급이 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> • 충격과 화재에 약함 • 밀도가 낮아 변형의 소지 있음 • 방서문제, 식품공장에 부적합
그라스울 판넬	<ul style="list-style-type: none"> • 일체식으로 경량화되어 시공 용이 • 방음 및 단열성 우수 • 불연성 우수 	<ul style="list-style-type: none"> • 파손 시 유리섬유가 날리므로 공장에 부적합 • 방화구조를 요구하는 곳 이외에는 사용불가
콘크리트 천장	<ul style="list-style-type: none"> • 내구성, 내화성 뛰어남 • 마감처리 선택에 따른 다양한 시공 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 하자보수 시 어려움 • 중량이 커서 균열이 발생할 수 있음

럼 튼튼하게 만들고 천장 아래의 제조라인 쪽으로는 완전히 밀폐시키고 천장 안에 설비배관과 공조 덕트와 fan 등을 설치한다(그림 4 참조).

천장은 내부에 작업로(catwalk)를 설치하여 장비나 배관, 전기 등의 시설보수를 담당하는 직원이 들어가 작업을 할 수 있게 하고 주기적으로 청소도 가능한 구조로 설계해야 하며, 천장에 철거한 단열처리 보완과 환기장치의 개선으로 응축수 형성을 막는 것이 중요하다.

문, 창문

작업장 문은 외부 또는 청정도가 낮은 구역으로부터의 오염을 차단하는 역할을 하므로 외부 오염을 차단하고 설치류 등 침입을 막을 수 있도록 견고하며 청소가 용이한 내수성 재질로 설치한다. 가장 위생적인 농식품처리작업장은 창문이 없도록 건축하는 것이 원칙이나 부득이 창문을 설치해야 하는 경우, 열 수 없는 고정 창이 차선택이 된다. 그 다음 대안은 열 수 있도록 만든 창으로 닫았을 때는 밀폐되어야 하며, 곤충들이 침입을 하지 못하도록 고정식 방충망을 설치해야 한다.

- 선과장의 경우 오버헤드도어(overhead door)나 행거도어(hanger door)를 주로 설치하고 저온저장고, 예냉실, 저온보관실 등은 방열문을 설치한다.
- 작업장의 벽체에 설치되어 있는 환기용 문들

은 방충망을 설치하여 해충들이 침입하지 않는 구조로 한다.

- 신선편이 또는 세척농산물 작업장의 경우 구획화되어 칸막이가 된 경우 작업과정을 서로 볼 수 있도록 투명 5 mm 정도의 유리와 고정바(Fix bar)를 이용한 창호를 설치한다.
- 창을 설치할 경우 단열도 잘 고려해야 하는데 내부의 온도와 습도가 높은 대부분의 식품공장은 겨울에 창에 결로가 형성되어 벽으로 흘러내려 창문턱과 벽에 곰팡이 발생 등의 원인이 될 수 있다.
- 창문이 공장설계에 포함되는 경우, 바람직한 창문의 배치는 내부 벽면과 창문 면을 동일하게 하여 턱을 없애 분진이나 먼지가 쌓이지 않도록 하는 것이다. 외부의 창문턱은 60도 경사를 이루어 새들이 등지를 뜰거나 낙엽, 먼지 등이 쌓이지 않도록 한다.

조명, 채광

작업장별 적정한 조도는 ① 선별 및 검사 구역(육안확인으로 선별작업이 이루어지는 경우에 한함)은 540럭스 이상, ② 일반 작업 구역은 220럭스 이상, ③ 부대시설(창고, 화장실, 탈의실 등) : 110럭스 이상으로 한다. 조명시설은 가능한 천장에 매립형으로 하는 것이 좋으나 그렇지 못한 경우는 천장에 밀착하게 시공하며 사람이나 기계 등이 닿은 부위에 있는 작업장 조명은 파손이나



[그림 4] 적합한 천장 구조(중천장이 있어 먼지착상이 어렵고 청소가 용이함)



a) 매입형광등 설치전경: 적합



b) 천장에 매달린 조명등: 부적합

[그림 5] APC 조명설치 예

이물 등이 낙하하지 않도록 커버 등의 보호 장치를 설치해야 한다. 세척작업장과 같이 습도가 높은 지역은 방수가 가능한 제품을 사용한다. 작업장 내에 많은 조명시설을 설치할 경우는 에너지 절약 등을 위해 조명 스위치를 2조로 나누어 설치한다(출입문 측)(그림 5참조).

환기, 공조 시설

환기시설에는 작업장 내에서 에틸렌가스, 이산화탄소 등 농산물로부터 발생하는 유해가스를 제거하는 환기시설과 작업자의 호흡작용에 의한 이산화탄소, 배기가스 등이 있다.

- 농산물로부터 발생하는 유해가스는 천장 또는 벽체를 관통하는 덕트를 이용하여 외부 배출시스템을 적용하는 AHU 설비를 설치한다.
- 작업자 등으로부터 발생하는 유해가스는 방충망이 있는 창문의 개폐 등에 의한 환기방법과 급·배기 팬의 설치에 의한 방법을 적용한다.
- 기본적으로 실내로 공급되어지는 공기는 필터링(filtering) 된 공기가 공급되도록 한다. 공조 설비의 설계는 다음 사항을 고려하여 설계 시공해야 한다(표 4 참조).
- 작업장의 구분 및 구획은 청정도, 온습도, 기압 등을 고려하여 작업장을 구분, 구획(일반구역, 준청결구역, 청결구역, 위생관리구역,

기타 구역)한다.

- 공기흐름은 청정도가 낮은 지역의 공기가 청정도가 높은 지역으로 유입되지 않도록 독립성을 부여해줄 필요가 있다. 일반구역, 준청결구역, 청결구역 순으로 압력을 높여 보다 청정도가 높은 지역으로의 공기의 유입을 방지한다. 공기흐름은 청결구역 → 준청결구역 → 일반작업구역 → 제조지역 이외로 흐르도록 한다.
- 여러 가지 복잡한 조건에 의해 형성되는 결로를 방지하기 위한 습도 제어시스템을 구축하는 것이 중요하다. 일반적으로 결로의 원인이 되는 과잉습도를 제거하기 위한 국소 배기 시

<표 4> 공조시설설계 예

설비명	공조 구역	청정도 구분	온습도	설치위치
유닛쿨러	예냉실, 원료 및 완제품 보관 창고	일반구역	0±5℃	예냉실, 보관 창고 내부 벽 또는 천장
공기조화기(AHU)	전처리실, 주처리실, Box포장실	준청결구역	10±5℃	공조실
공기조화기(AHU)	위생실, 내포장실, 내포장 창고	청정구역 Class 100,000	10±5℃	공조실
급배기	탈의실, 세척실, 출고장	일반구역, 오염구역	상온(외기온도와 동일)	직접 급배기

스팀 및 작업실 간 온도차이(단열재 증강등)를 관리하는 방법 등을 사용한다.

- 기계적 공조시 필터 선정 포인트로 ① 청결구역에는 고성능 필터 사용을 권장한다. 그러나 프리필터도 사용할 수 있다. 필터는 청소 관리가 용이한 위치에 설치한다. ② HEFA 필터를 사용할 경우 덕트내 미생물을 제거하기 위해 가능한 급기구에 설치하는 것이 바람직하다. 프리필터는 외기 분진 제거용으로 미디엄 필터는 HEFA 필터의 수명 연장용으로서 공조시스템에 활용된다. ③ HACCP이 적용될 수 있는 신선편이농산물 가공공장의 경우는 HEFA 필터를 사용하나 단순 세척 작업장의 경우는 미디엄 필터를 사용한다.

배 관

작업장 내 전기, 온수, 상수, 스팀, 공기, 냉매 배관의 설치에 대한 기준으로 배관 또는 배관 보온 덮개에 먼지가 착상하거나 배관이 부식되지 않도록 관리해야 한다.

- 작업장 내 배관 등은 먼지가 쌓여 있지 않아야 한다.
- 작업장 내 배관은 녹이 발생하거나 부식되어 있지 않아야 한다.
- 작업장 내에는 수직 배관을 원칙으로 한다.
- 횡배관은 천장내에 매립되도록 한다.
- 배관은 용도별로 보온재의 색을 다르게 하여 구분한다.
- 배관 보온재 외부에 스테인리스 커버를 장착함으로써 청결유지와 내구성에 도움이 된다.
- 바닥에서 30 cm 이내의 수평배관은 설치하지 않는다.
- 식품제조 가공에 사용되는 용수는 수돗물이나 먹는 물 수질기준에 적합한 지하수이어야 한다.(지하수의 경우 수살균장치 설치)

저온저장시설

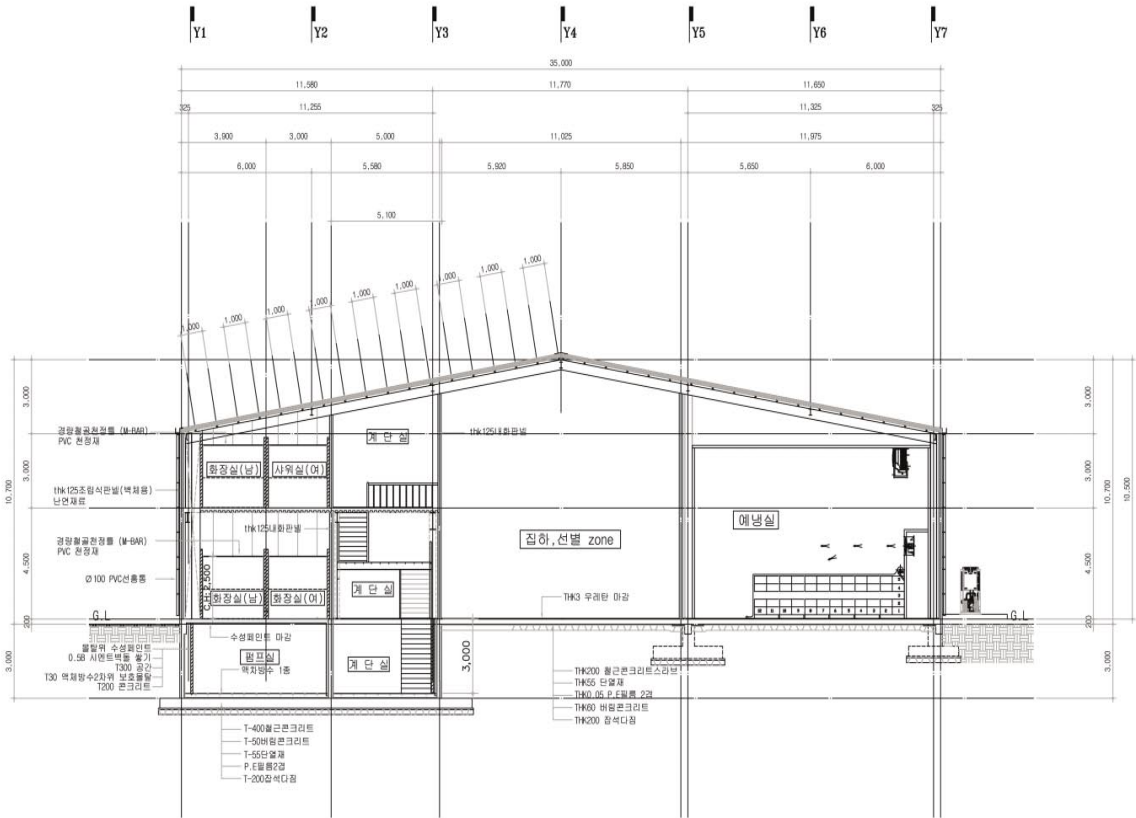
저온저장시설은 농산물 수확 후 원물 및 농산품의 품질관리를 위한 저온시설을 말한다.

냉장(냉동, 냉각)이 필요한 농산물은 냉기가 잘 흐르도록 적재가 가능한 팔레트 등을 구비하고 적절한 온도관리가 필요하며 냉장(냉동, 냉각)실에 설치되어 있는 온도장치의 감온봉은 가장 온도가 높은 곳이나 온도관리가 적절한 곳에 설치하며 외부에서 온도를 관찰할 수 있어야 한다.

외부제어 패널에 디지털 온도 지시가 되도록 하는데 정기적으로 디지털온도지시계의 지시 값과 실제 고내 온도를 표준 온도계(수은 온도계가 적절함)를 이용하여 비교, 보정한다.

저온저장고 건설에 적합한 장소를 제시하여 건축부지 선정시 참고하도록 하며, 지내력 20 ton/m² 이상, 기본풍속 35 m/sec이하, 수직 최심적설깊이 70 cm이하인 부지를 기준으로 계획한다. 저온저장고 등 건설에 적합한 장소는 ①지반이 견고하고 배수가 잘 되는 곳, ②농산물의 주입출구측(방열문이 있는 정면측)이 북향으로 위치하여도 문제가 없는 곳, ③동력(380 V)선 인입에 문제가 없는 곳, ④양호한 환경이 유지될 수 있고 교통(특히 화물)이 편리한 곳, ⑤여름철 기온이 특별히 높지 않은 곳으로 한다(그림 6 참조).

- 저온저장고 운영 중 가장 중요한 열손실을 최소화하기 위하여 저온저장고는 연중 직사일광이 적은 북쪽을 향하게 배치함을 권장하고, 여유 공지는 정면에 배치하여 주차 및 임시야적을 할 수 있게 배치한다.
- 크기 및 구획은 동선계획에 따른 표준 팔레트(T-11형, 1,100 × 1,100 mm)의 배치와 단열패널의 폭을 감안하여 평면계획한다.
- 조립식 단열패널(PREFAB PANEL)조로서 H-Beam을 사용한 구조를 계획하고 ①고정 하중은 패널(PANEL)조 70 kg/m², ②적재 하중은 3.3 m²(1평)당 평균 3 ton의 농산물 적재 기준 ③풍 하중은 기본풍속 35 m/sec 기준, ④눈하중은 수직 최심적설깊이 70 cm 기준으로 한다.
- 사용 재료의 강도 규격은 ①콘크리트는 4주 압축강도 FC = 210 kg/cm², ②철근은 이형 철근 FC = 3,000kg/cm², ③철골은 H-



[그림 6] 저온저장고 단면도

- BEAM $FY=3,000\text{kg/cm}^2$, PLATE $FY=3,000\text{ kg/cm}^2$ 로 한다.
- 단열을 겸한 벽체구조인 조립식 우레탄 단열판넬을 사용하며 두께는 외벽 100 mm, 간벽 75 mm로 계획하고, 열전도율은 0.023 W/m.k를 기준으로 한다. 지역에 따라 최고 온도가 다를 수 있으나 위의 조건에서의 열통과율을 열량 계산시 계산하여 과다한 열량은 냉동기 및 냉각기에서 흡수하도록 한다.
 - 철골빔을 외부에 위치시키고 판넬을 내부에 설치되도록 하는데 저온저장고 벽체 및 천장 내벽은 폴리우레탄 단열판넬로 마감처리 하는 것을 원칙으로 하며 경질폴리우레탄폼 열전도율은 0.023 W/m.k를 기준으로 한다.

- 지붕은 하절기 또는 심한 환경변화에 따른 복사열을 감안하여 천장 단열재와는 별도로 빔트러스 위에 지붕단열재(50 mm)로 설계시공한다.
- 천장은 단열을 겸한 천장구조인 조립식 우레탄 단열판넬을 사용하며 두께는 150 mm로 설계시공하며, 바닥 단열은 벽체 판넬을 바닥 우레탄 발포면 하부까지 내려서 GL기준으로 세운 후 폴리우레탄 100 mm를 발포하도록 한다.
- 내부 판넬 코너 부위는 알루미늄 라운드몰드를 부착하고 향균실리콘으로 코킹한다.
- 내벽을 보호하기 위하여 걸레받이를 설치하고 팔레트 적재시 간격은 최소 20 cm 이상이

되도록 하며 천장에서 1 m 이상 공간을 두고 적재한다.

- 저온저장고가 작업장 외부에 독립적으로 설치된 경우에는 외부로 개방된 출입문은 조류, 설치류 등의 접근을 방지하기 위하여 방충망 또는 그에 상응하는 시설을 설치하여야 한다.
- 출입문에는 전실을 두거나 외부로 바로 통할 경우에는 방열문 내부에 개폐가 가능한 철망 등의 문을 설치하여 설치류 등의 침입을 막는다.
- 전동지게차에 의한 물품 반출입을 위하여 방열문의 출입부는 2400 mm로 계획하고 전면을 향하도록 배치한다.
- 표준 파레트(T-11형, 1,100 × 1,100 mm)를 사용하여 평면상 1블록에 4개를 넘지 않도록 배치하며 블록과 블록 사이와 벽과 블록과의 사이는 저장품의 점검 또는 냉기순환을 위하여 밀착시키지 않는다. 또한 저장실의 중앙부는 반출입 장비를 위한 통로를 확보하도록 한다.

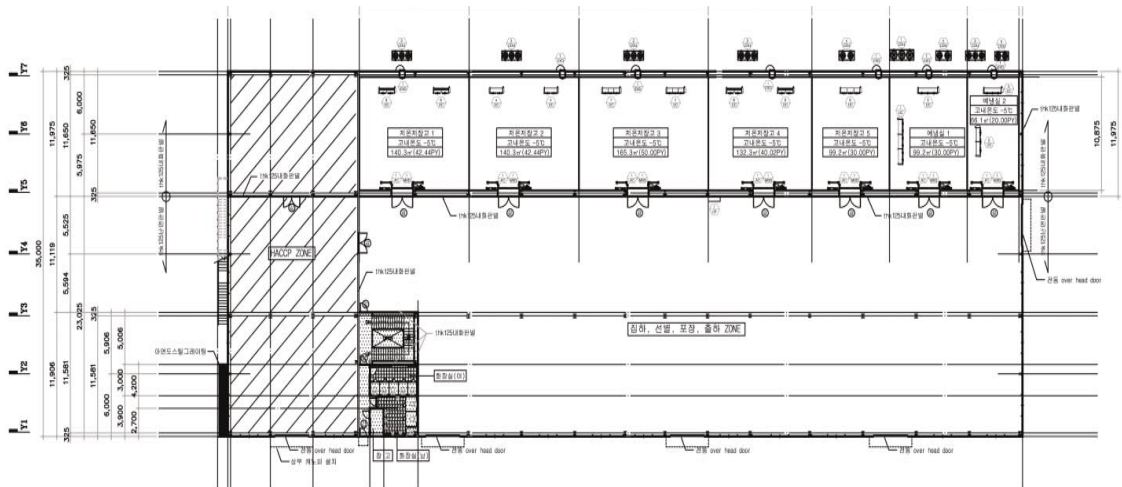
농가에서 수확한 농산물을 직접 운반, 적재 및 냉각운전 등을 하여야 하므로 냉동기의 운전이 용이하게 냉동사이클을 단순화하여 각 저장실별로 개별식 유닛을 적용하고, 냉동기(condensing

unit) 및 실내냉각기(unit cooler)의 능력은 다양한 농산물의 저장이 가능하도록 하고 최저 실온(-5℃)의 냉각부하를 고려하여 다소 여유있게 설계한다(그림 7 참조).

개별식 유닛이나 자동제어반은 조작이 편리한 위치에 설치하도록 하며, 냉동장치 가동상태에 대한 상황이 쉽게 파악될 수 있도록 표시등, 경보등 등을 설치하고 온도 제어는 디지털화 한다.

저온저장고 내에 물품의 적정 보관온도를 유지하기 위하여 적재 물품으로부터 열을 제거하여야 한다.

- 농산물 저장시 고내온도는 주로 0℃ 내외이나 여유를 두고 -5℃로 설정한다.
- 하절기 외기온도로서 평균 30 ~ 32℃정도이나 최악조건을 감안하여 35℃로 설정한다.
- 천장온도는 하절기 외기온도로서 복사열을 감안하여 38℃로 설정한다.
- 바닥온도는 하절기 지표면 온도가 30℃이상 상승하지만 직사광선에 노출되지 않으므로 25℃로 설정한다.
- 인접 저온저장고 온도는 인접 저온저장고가 가동되지 않을 경우 실온을 20℃로 설정한다.
- 냉동기 및 실내 냉각기가 처리해야 할 냉각 열부하의 요소는 다음의 사항을 기준으로



[그림 7] 저온저장고 기기배치평면도



한다.

- ① 벽체, 천장, 바닥 등으로 부터의 외부침입 열량(Q1)
 - ② 입출고에 따른 환기에 의한 외기침입 열량(Q2)
 - ③ 작업시 실내 조명등에 의한 발생 열량 (Q3)
 - ④ 실내 작업원에 의한 발생 열량(Q4)
 - ⑤ 실내냉각기의 전동기에 의한 발생 열량(Q5)
 - ⑥ 저장 물품의 냉각에 필요한 열량(Q6)
 - ⑦ 저장 물품의 호흡열 냉각에 필요한 열량 (Q7)
 - ⑧ 여유치는 전부하의 10%를 계산한다
 - ⑨ 부하합계 : $\Sigma(Q1 + \dots + Q7) \times 1.1$ (Q8)
- 저온저장고의 수용능력은 이용 가능한 냉각 공간 즉, 면적에 적재고를 곱한 용적 3.3 m² 당 3 Ton으로 계산하는데 예를들어 165.3 m²(50평형)의 경우 수용량은 150 Ton으로 계산한다.

- 냉동기 계산 기준

• 냉매순환량(G)

$$G = Q/q \cdot \eta^*$$

G : 냉매순환량(kg/h)

Q : 소요냉동능력(kcal/h)

η^* : 체적효율(자료에 의하여 0.75로 본다)

• 소요 토출량(V)

$$V = G \cdot V1$$

V : 냉동기의 토출가스 압출량(m³/h)

V1: 비체적(m³/kg)

※ V를 기준으로 냉동기를 선정한다

• 소요동력(W)

$$W = Al \cdot G / 860$$

W : Q에 대한 소요동력(kW)

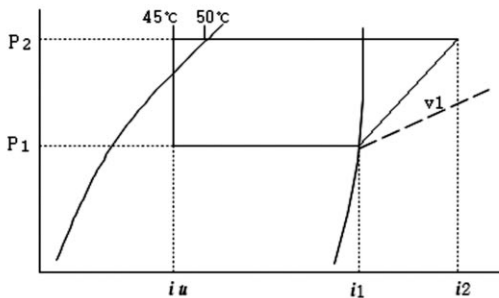
Al : 압축일량(= $i_2 - i_1 = 9.37$ kcal/kg)

※ 1 kW = 860 kcal/h

소요 열량(Q) = 32,087.6 kcal / h

- $G = Q/q \cdot \eta^* = 32,087.6 / (33.76 \times 0.75) = 1,267.3$ (kg/h)
- $V = G \cdot V1 = 1,267.3 \times 0.07 = 88.7$ (m³/h)
- $W = Al \cdot G / 860 = (9.37 \times 1,267.3) / 860 = 13.8$ (kW)

∴ 제작사별로 기계적 효율이 다를 수 있으므로 냉매가스 압출량 또는 소요동력 중 상위 값을 택하여 냉동기를 선정한다.



R22 P-I CHART

- $Pv = P_2 / P_1 = 20.03 / 3.37 = 5.94$
- $q = i_1 - iu = 148.32 - 114.47 = 33.76$ (kcal/kg)

- P_1 : 3.37 kg/cm²abs
- P_2 : 20.03 kg/cm²abs
- i_1 : 148.23 kcal/kg
- i_2 : 157.6 kcal/kg
- iu : 114.47 kcal/kg
- T_E : 증발온도(-12°C)
- T_C : 응축온도(50°C)
- P_V : 압축비
- q : 냉동효과
- V_1 : 비체적(m³/kg)

- UNIT COOLER

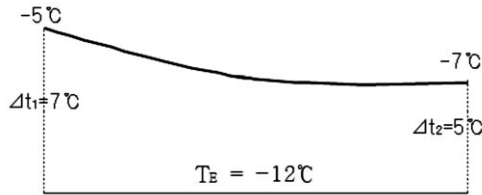
• 증발기표면적 / 전열면적(A)

$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_m}$$

A : 전열면적(m²)
 Q : 소요냉동능력(kcal/h)
 K : 열통과율(kcal/m²h²°C)
 Δtm : 대수 평균 온도차(°C)

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)}$$

$$= \frac{7 - 5}{\ln(7/5)} = 5.94$$



※K = 25 kcal/m²h²°C

Δtm : 5.94°C

$$A = \frac{32,087.6}{25 \times 5.94} = 216.2(\text{m}^2)$$

Δt₂ : 입구공기와 증발온도차(°C)
 Δt₁ : 출구공기와 증발온도차(°C)
 T_E : 증발온도(°C)

□ 저온저장고 165.3 m²(50평형)
 = 10.88 m(L) × 15.2 m(W) × 7.0 m(H)
 • 소요열량(Q) = 32,087.6 kcal/h(9.7 RT)
 • 수 용 량 : 150 TON

① 벽체로 부터의 침입열량(Q₁)
 $Q_1 = K \cdot A(t_1 - t_2)$

Q₁ : 침입열량(kcal/h)
 K : 열통과율(kcal/m²h²°C)
 A : 단열면의 면적(m²)
 t₁ : 외기 또는 인접실의 온도(°C)
 t₂ : 저장고의 온도(°C)

• 천장 침입열량(q₁)
 $q_1 = 0.185 \times (10.88 \times 15.2) \times \{38 - (-5)\}$
 = 1,315.6
 • 바닥 침입열량(q₂)
 $q_2 = 0.185 \times (10.88 \times 15.2) \times \{25 - (-5)\}$
 = 917.8
 • 외벽 침입열량(q₃)
 $q_3 = 0.185 \times \{(15.2 \times 2) \times 7.0\}$
 $\times \{35 - (-5)\} = 1,574.7$
 • 간벽 침입열량(q₄)
 $q_4 = 0.247 \times \{(10.88 \times 2) \times 7.0\} \times$
 $\{20 - (-5)\} = 940.6$
 $Q_1 = \Sigma(q_1 + \dots + q_4) = 4,748.7(\text{kcal/h})$

② 환기에 의한 외기 침입열량(Q₂)
 $Q_2 = E \cdot V \cdot n / 24$
 Q₂ : 환기열량(kcal/h)
 E : 실내의 공기의 엔탈피차(kcal/m³)
 V : 저장고 용적(m³)
 n : 환기회수(회/일)
 $Q_2 = 27 \times 1,157.6 \times 3 \times 1 / 24$
 = 3,906.9(kcal/h)

③ 조명등의 발생열량(Q₃)
 $Q_3 = W \cdot P \cdot n / 24$
 Q₃ : 조명열량(kcal/h)
 W : 전등의 총 출력(kW)
 P : 출력당 발열량(kcal/kW · h)
 n : 조명시간(h)
 $Q_3 = 0.7 \times 860 \times 3 / 24 = 75.3(\text{kcal/h})$

④ 작업원의 발생열량(Q₄)
 $Q_4 = L \cdot N \cdot n / 24$
 Q₄ : 작업원열량(kcal/h)



<표 5> 저온저장고 (165.3 m², 50평형) 열부하 계산서

모델명	165.3 m ² (50평형)		단열재	우레탄 판넬		
실 명	저온저장고		열전도율	λ=0.0185kcal/mh℃ ※ K=λ/t		
건물의 현황	길이(10.88) m 폭(15.2) m 높이(7.0) m			건축구조	Prefab Panel	
면적·체적	165.3 m ² · 1157.6 m ³		저장물품		신선농산물	
조건	구분	DB(℃)	RH(%)	수 용 량	150 ton	
	외기온도	35 / 38				
고내온도	-5					
Q ₁	벽을 통하여 침입하는 열					
	두께(mm)	벽 면	면 적(m ²)	K(kcal/m ² h℃)	온도차(℃)	열량(kcal/h)
	100	천 장	10.88 × 15.2	0.185	43	1,315.6
	100	바 닥	10.88 × 15.2	0.185	30	917.8
	100	(외)벽	15.2 × 7.0 × 2	0.185	40	1,574.7
	75	(간)벽	10.88 × 7.0 × 2	0.247	25	940.6
소계(Q ₁)						4,748.7
Q ₂	침입 환기열	(1,157.6)m ³ × (3)회/日 × (27) kcal/m ³ × 1/24 h				3,906.9
Q ₃	조 명 열	(0.7)kW × (860) kcal/h.kW × (3)/24 h				75.3
Q ₄	작 업 원 열	(5)人 × (270) kcal/h.kW × (3)/24 h				168.8
Q ₅	전 동 기 열	(1.6)kW × (1250) kcal/h.kW × (16)/24 h				1,333.3
Q ₆	물품 냉각열	(12,000)kg/회 × (0.95) kcal/kg℃ × Δ(30)℃ × 1/24 h				14,250
Q ₇	호 흡 열	(150,000)kg × (0.75) kcal/kg · 日 × 1/24h				4,687.5
소계(Q ₂ ~ Q ₇)						24,421.8
고내냉각부하 합계 Σ(Q ₁ + ... + Q ₇)				29,170.5 kcal/h		
Q ₈	여유(10%) 가산 총 열량			29,170.5 × 1.1 = 32,087.6 kcal/h (9.7RT)		

※ UNIT COOLER(A) : 108.1m² × 2세트
 ※ COMPRESSOR(V) : 88.7m³/h
 ※ 상기 장비는 제조사에 따라 다를 수 있으므로 이를 고려하여 선정되어야 한다.

L : 1인당 발생열량(kcal/h)

N : 인원수(인)

n : 1일 중 작업시간(h)

$$Q_4 : 270 \times 5 \times 3/24 = 168.8(\text{kcal/h})$$

⑤ 전동기에 의한 발생열량(Q₅)

$$Q_5 = W \cdot P \cdot n/24$$

Q₅ : 전동기열량(kcal/h)

W : 전동기의 총출력(kW)

P : 출력당 발생열량(kcal/kW · h)

n : 가동시간(h)

$$Q_5 = 1.6 \times 1,250 \times 16/24 = 1,333.3(\text{kcal/h})$$

⑥ 물품냉각에 필요한 열량(Q₆)

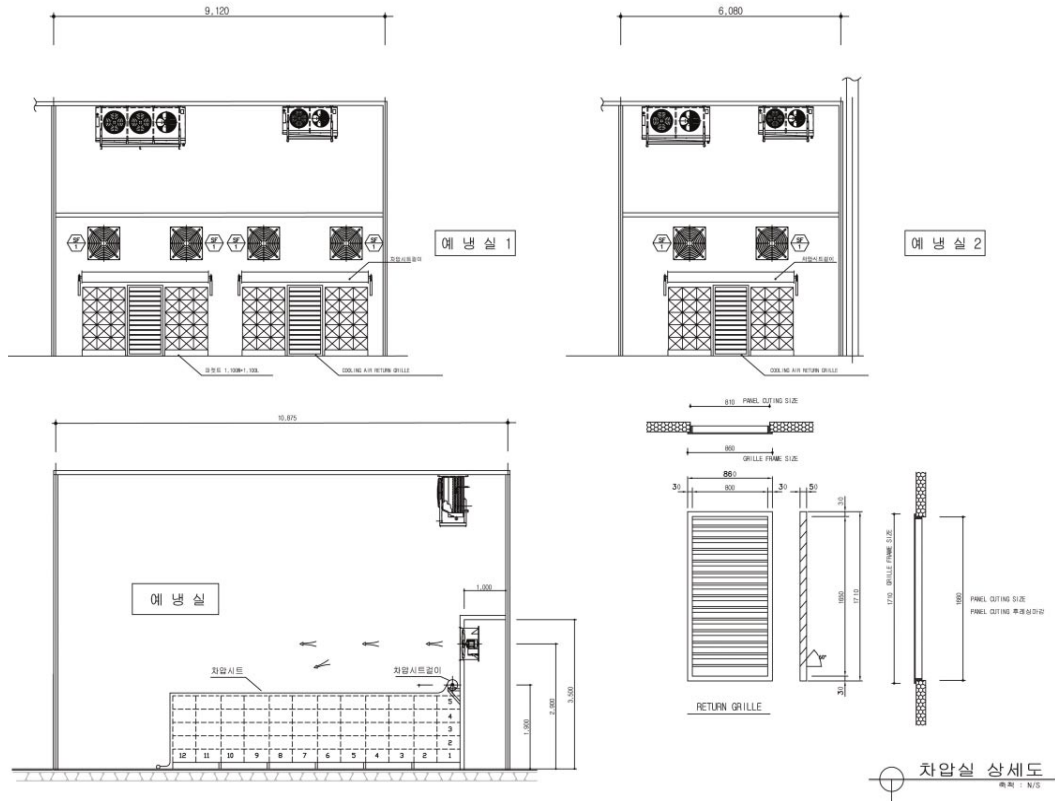
$$Q_6 = C \cdot T(t_1 - t_2) \cdot 1/24$$

Q₆ : 물품부하(kcal/h)

C : 물품의 비열(kcal/kg · ℃)

T : 1일 입고물품의 양(kg) ※ 8%

t₁ : 물품 입고온도(℃)



[그림 8] 예냉고 차압실 상세도

$$t_2 : \text{저장고 온도}(^{\circ}\text{C})$$

$$Q_6 = 0.95 \times 12,000 \times \{25 - (-5)\} \times 1/24$$

$$= 14,250(\text{kcal/h})$$

$$Q_8 = 32,087.6(\text{kcal/h}) \Rightarrow 9.7 \text{ RT}$$

※ 현장의 작업여건 및 냉각기의 효율을 감안하여 10% 여유를 준다(표 5 참조).

⑦ 물품의 호흡에 따른 열량(Q7)

$$Q_7 = T \cdot q \cdot 1/24$$

Q_7 : 호흡에 의한 열량(kcal/h)
 T : 저장고 수용량(kg)
 q : 물품의 호흡열(kcal/kg · 일)

$$Q_7 = 150,000 \times 0.75 \times 1/24$$

$$= 4,687.5(\text{kcal/h})$$

⑧ 부하합계(Q)

$$Q_8 = \Sigma(Q_1 + \dots + Q_8) \times \text{여유치}(1.1)$$

$$= 29,170.5 \times 1.1 = 32,087.6(\text{kcal/h})$$

차압예냉설비

- 축류송풍기(axial fan)를 사용한다
- 인버터에 의해 회전속도가 조절되도록 한다
- 용 량 : 3.75kw (5HP)
- 0.05 mm 두께의 방수코팅 천막지를 사용한다.
- SIZE : 3.3 m(W) × 16 m(L)
- 합성고무 재질의 제품을 사용한다
- 부압실 벽면에 설치한다.
- 피냉각물 박스와 부압실 벽면 사이에서 공기가 부압실로 흡입되는 것을 차단한다(그림 8 참조).



참고문헌

1. 김병삼, 윤두현(2011) 농산물우수관리시설 설계와 시공기준, 한국식품연구원
2. 김병삼, 윤두현(2011) 농산물우수관리시설 설계·시공 실무 교육, 한국식품연구원
3. 국립농산물품질관리원(2010), 농산물 우수 관리시설 관리자 과정 교육교재
4. 김병삼, 윤두현(2009), 농산물산지유통센터 표준설계서(I)(II), 한국식품연구원·저온시설 연구회
5. 김병삼, 윤두현(2009), 농산물산지유통센터 표준설계도면, 한국식품연구원·저온시설연구회
6. 국립농산물품질관리원(2005), 05 GAP/Traceability 업무추진 교육교재
7. 농림부(2005), 05 GAP/Traceability 및 농식품안전대책 