

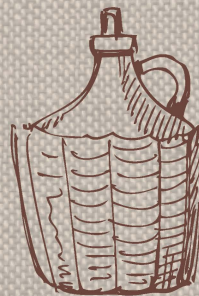
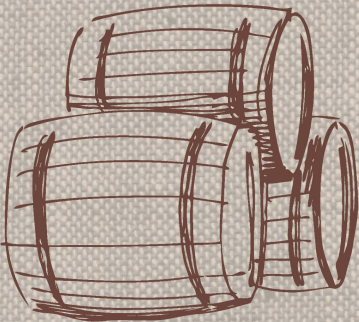


# 과실주개론



Fruit Wine :  
Science and Application

김영준 · 송기철 · 이윤희  
장기효 · 정석태 · 정철



농림수산식품부  
수 학 서



## 저자소개

---

### 김영준

서울대학교 식품공학과 학사

독일 Technische Universität Berlin 양조공학부 석사(양조학 전공)

오비맥주 공장장 · 연구소장

현재 연세대학교 초빙교수

### 송기철

서울대학교 원예학과 학사

서울대학교 원예학과 석사, 박사(원예학 전공)

프랑스 보르도 II 대학 포도 양조학 석박사

프랑스 ENSAM 포도 재배학과 석박사

국립원예특작과학원 과수기술지원실장

현재 농업기술실용화재단 책임연구원

### 이윤희

국민대학교 가정관리학과 학사

국민대학교 가정학과 석사(식품영양 전공)

동국대학교 가정학과 박사(식품영양 전공)

배상면연구소 책임연구원

(주) SRC 제품개발 실장

현재 한국양조연구소 대표이사

### 장기효

경희대학교 유전공학과 학사

경희대학교 식품가공학과 석사(식품미생물 전공)

호주 빅토리아대학교 식품공학과 박사(식품미생물 전공)

(주)오투기 연구원

한국생명공학연구원 post doc.

현재 강원대학교 부교수

### 정식태

경북대학교 식품공학과 학사

경북대학교 식품공학과 석사(식품제조공학 전공)

일본 히로시마 생물권과학연구과 박사(생물자원개발학 전공)

일본양조기술연구소 연구원

일본 주류총합연구소 연구원

현재 국립농업과학원 연구관

### 정철

인하대학교 식품영양학과 학사

독일 Technische Universität München 식품영양학과 석사(식품분석 전공)

독일 Technische Universität Berlin 생물공학과 박사(양조학 전공)

독일 VLB 맥주연구소 연구원

롯데중앙연구소 주류팀 선임연구원

현재 서울벤처정보대학원대학교 조교수

### 감수 고영희

한국생명공학연구원 명예연구원

### 정창민

배상면주가 연구소장

이 책은 농림수산식품부의 우리술 산업육성지원사업으로 제작되었습니다.



라식 2주 개월



이 책은 농림수산식품부의 우리술 산업육성지원사업으로 제작되었습니다.

# 과실주개론

## Fruit Wine : Science and Application

김영준 · 송기철 · 이윤희  
장기효 · 정석태 · 정철

농림수산식품부  
수 학 서





## 머리말

술의 역사는 인류의 역사와 함께 시작되었다. 술 중에서도 과실주가 가장 먼저 양조된 것으로 알려져 있다. 오늘날 과실주는 현대인의 입맛에 맞게 제조되어 널리 보급되고 있으며, 웰빙 추세에 힘입어 도수가 낮은 술의 소비가 점차 늘어나고 있다.

한편, 해외에서는 오래전부터 과실주의 품질을 높여 소비자에게 안전한 제품을 제공하기 위해 원료부터 완제품까지 모든 양조단계를 학문적으로 체계화하고 과학적으로 해석해 고품질 과실주가 널리 보급되는 데 크게 기여하였다. 국내에서도 최근 들어 양조 분야의 가치에 관심을 나타내기 시작하였으나 과실주 양조 분야의 과학적 연구와 개발은 해외 양조 선진국에 비해 기초 단계에 머물러 있다. 특히 과학화된 양조 전문서적조차 없는 실정이다.

이 책은 대학과 실무에서 경험이 풍부한 전문가들이 과실주 분야의 원료부터 포장까지 전 공정을 발효공학·양조미생물·양조화학·양조분석 측면에서 해석하고 현장실무에 적용할 수 있는 내용으로 구성하는 데 역점을 두고 집필하였다. 특히 국내 과실주 시장 현황을 감안하여 포도주 양조 외에 복분자와인, 머루와인 등의 원료 특성과 양조기술에 대해서도 함께 수록하였다.

또한 과실주 산업계뿐만 아니라 식품 관련 학과를 개설한 대학 등에서도 강의교재로 활용할 수 있도록 전문성을 강조하였고, 무엇보다도 국내에서는 처음으로 과실주 양조 전문서적을 발간함으로써 우리나라 과실주 양조기술의 도약에 필요한 학문적 지침서를 마련했다는 데 의미가 있다.

책을 만들면서 식품학 관련 용어는 한국식품과학회에서 발간한 『식품과학사전』을 참조하였다.

이 책에서 미처 다루지 못한 부분은 앞으로 보충하여 더욱 알찬 과실주 양조 서적이 되도록 노력할 것을 약속드린다. 끝으로 이 책을 발간하도록 아낌없이 지원해준 농림수산식품부·한국농수산식품유통공사와 편집업무에 힘쓴 수확사 편집부 여러분의 노고에 깊이 감사드린다.

2012년 6월

저자 일동



# 차 례

## CHAPTER 1

### 과수 재배와 과실주의 기원

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1. 과수 재배 기록            | 14 |
| 2. 포도 재배 역사            | 15 |
| 1) 고대의 포도 재배 역사        | 15 |
| 2) 유럽의 포도 재배 역사        | 16 |
| 3. 세계의 과실 생산 지역        | 17 |
| 4. 세계의 포도 산업과 포도주 산업   | 18 |
| 5. 우리나라의 포도 재배와 포도주 양조 | 21 |

## CHAPTER 2

### 과수의 분류와 품종

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1. 과수의 분류                | 26 |
| 1) 재배지의 기후에 따른 분류        | 26 |
| 2) 과수의 종류별 특성            | 27 |
| 3) 과실의 구조에 따른 분류         | 29 |
| 2. 포도속 식물의 분류            | 30 |
| 1) 포도속 식물의 원생지           | 31 |
| 3. 과수 품종의 육성             | 32 |
| 1) 품종의 선발                | 32 |
| 2) 근대 과수 육종              | 32 |
| 3) 과학적인 과수 재배            | 33 |
| 4. 포도 품종과 특징             | 33 |
| 1) 포도주, 생식용, 건포도용 포도 재배종 | 34 |
| 2) 국내의 포도주용 포도 재배종       | 36 |

## CHAPTER 3

### 포도나무의 구조와 생리

- 1. 영양 생장 ————— 45
  - 1) 신초의 생장 • 45
  - 2) 뿌리의 생장 • 46
  - 3) 잎의 생장 • 47
- 2. 생식 생장 ————— 48
  - 1) 꽃눈 분화 • 48
  - 2) 개화 • 48
  - 3) 가루받이, 정받이, 착립 • 49
  - 4) 포도알의 발달 • 49
  - 5) 양분의 축적 • 50
  - 6) 포도알의 성분 변화 • 51
  - 7) 착색 • 54

## CHAPTER 4

### 과수의 재배 환경

- 1. 과수 재배에 적합한 환경 조건 ————— 58
  - 1) 일반 환경 • 58
  - 2) 계절적 변화 • 59
  - 3) 위도 • 60
  - 4) 고도 • 60
  - 5) 햇빛 • 60
  - 6) 온도 • 61
  - 7) 생물체 내의 수분 • 61
- 2. 포도 재배를 제한하는 환경 조건 ————— 62
  - 1) 포도 재배에 적합한 기상과 지역 조건 • 62
  - 2) 포도 재배에 적합한 기상과 지역 • 63
- 3. 포도의 개화에 영향을 주는 환경 요인 ————— 64
  - 1) 온도 • 64
  - 2) 광도 • 64
  - 3) 광주기 • 65
  - 4) 수분 스트레스 • 66
  - 5) 무기영양 • 66
  - 6) 과실 생육과 조절 • 67



## CHAPTER 5

### 포도 재배 기술

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 1. 포도 대목의 이용           | 70  |
| 1) 포도 대목 품종            | 71  |
| 2) 포도 대목의 토양 적응성       | 72  |
| 3) 대목의 이용 목적           | 73  |
| 2. 과수의 전정              | 75  |
| 1) 과수의 기본 수형           | 75  |
| 2) 특수 수형               | 76  |
| 3) 포도나무의 수형            | 77  |
| 3. 과원의 토양 관리           | 79  |
| 1) 토양 표면 관리            | 79  |
| 2) 토양 수분 관리            | 81  |
| 3) 시비                  | 86  |
| 4) 토양 개량               | 88  |
| 4. 포도 병해별 피해 증상과 방제 대책 | 91  |
| 1) 갈색무늬병               | 91  |
| 2) 꼭지마름병               | 92  |
| 3) 노균병                 | 93  |
| 4) 새눈무늬병               | 93  |
| 5) 잿빛곰팡이병              | 94  |
| 6) 탄저병                 | 95  |
| 7) 흰가루병                | 95  |
| 8) 줄기혹병                | 96  |
| 5. 포도 충해별 피해 증상과 방제 대책 | 97  |
| 1) 꽃매미                 | 97  |
| 2) 큰유리나방               | 98  |
| 3) 포도유리나방              | 99  |
| 4) 볼록충채벌레              | 100 |
| 5) 애무늬고리장님노린재          | 101 |
| 6) 애매미충류               | 102 |
| 7) 포도호랑하늘소             | 103 |
| 6. 포도 생리장해의 원인과 대책     | 104 |
| 1) 꽃떨이현상               | 104 |
| 2) 열과                  | 107 |
| 3) 방고증상                | 108 |
| 4) 축과증상                | 109 |
| 5) 잎 갈색반점증상            | 110 |
| 6) 휴면증상                | 110 |
| 7) 마그네슘 결핍             | 111 |
| 8) 붕소 결핍               | 113 |
| 9) 물포도증상               | 114 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 7. 앞으로의 포도 재배 관리 | 114 |
| 1) 자연의 순환        | 114 |
| 2) 테루아의 이해       | 115 |
| 3) 합리적인 포도 재배    | 115 |
| 4) 유기농 포도 재배     | 116 |
| 5) 바이오다이내믹 포도 재배 | 116 |

## CHAPTER 6

### 과실주 제조

|                |     |
|----------------|-----|
| 1. 과실의 구성성분    | 120 |
| 1) 질소화합물       | 121 |
| 2) 탄수화물        | 123 |
| 3) 지질          | 124 |
| 4) 유기산         | 125 |
| 5) 페놀화합물       | 127 |
| 6) 비타민         | 127 |
| 2. 포도주 제조      | 128 |
| 1) 포도 수확       | 130 |
| 2) 포도즙 처리      | 135 |
| 3) 발효 공정       | 145 |
| 4) 숙성 공정       | 203 |
| 5) 청징 및 안정화 공정 | 242 |
| 6) 여과 공정       | 271 |
| 7) 살균과 병입      | 288 |

## CHAPTER 7

### 품질과 위생관리

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 1. 품질 장애             | 310 |
| 1) 품종 특유의 아로마에 따른 장애 | 310 |
| 2) 발효 장애에 따른 이취      | 318 |
| 3) 혼탁과 침전 발생         | 326 |
| 2. 품질 관리             | 330 |
| 1) 품질 저하의 원인 미생물     | 330 |
| 2) 포도주 공정 관리 기법      | 332 |
| 3) 품질 분석             | 335 |

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| 3. 관능평가                | 338                     |
| 1) 시각적 평가 • 339        | 2) 맛 평가 • 340           |
| 3) 후각 평가 • 341         |                         |
| 4. 포도주의 구성성분           | 343                     |
| 1) 가용성 고형분 • 343       | 2) 탄수화물 • 343           |
| 3) 에탄올과 그 밖의 알코올 • 344 | 4) 산도, 질소화합물, 무기질 • 344 |
| 5) 아로마 성분 • 344        |                         |

## CHAPTER 8

### 다양한 과실주 제조기술

|                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| 1. 국내 과실주의 역사와 생산 현황             | 350                       |
| 1) 우리나라 과실주의 역사 • 350            |                           |
| 2) 국내 과실 생산과 이용 현황 • 353         |                           |
| 3) 국내 포도주의 원료 특성과 와인 생산 현황 • 357 |                           |
| 4) 국산 와인 개발 방향 • 360             |                           |
| 2. 머루와인 제조기술                     | 365                       |
| 1) 품종과 생육 특성 • 365               | 2) 품질과 가공 특성, 영양성분표 • 367 |
| 3) 생산과 이용 현황 • 368               | 4) 제조기술 • 368             |
| 3. 복분자와인 제조기술                    | 384                       |
| 1) 품종과 재배 • 384                  | 2) 품질과 가공 특성 • 386        |
| 3) 생산과 이용 현황 • 388               | 4) 제조기술 • 389             |
| 4. 배와인 제조기술                      | 400                       |
| 1) 국내 재배 역사와 현황 • 400            | 2) 품종과 재배 특성 • 402        |
| 3) 배의 영양성분과 품종별 과실 특성 • 405      |                           |
| 4) 생산과 이용 현황 • 408               |                           |
| 5) 제조기술 • 409                    | 6) 품질관리 • 416             |



5. 감와인 제조기술 ————— 418

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1) 품종과 생육 특성 • 418 | 2) 품질과 가공 특성 • 423 |
| 3) 생산과 이용 현황 • 425 | 4) 제조기술 • 427      |

6. 참다래와인 제조기술 ————— 435

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1) 품종과 생육 특성 • 435 | 2) 품질과 가공 특성 • 438 |
| 3) 생산과 이용 현황 • 440 | 4) 제조기술 • 441      |

## CHAPTER 9

### 각국의 포도주 품질등급제도와 산지 특성

1. 원산지명칭통제 ————— 452

2. 각국의 포도산지와 특징 ————— 454

- |                  |              |
|------------------|--------------|
| 1) 한국 • 454      | 2) 미국 • 455  |
| 3) 프랑스 • 456     | 4) 독일 • 459  |
| 5) 이탈리아 • 460    | 6) 스페인 • 462 |
| 7) 오스트레일리아 • 462 | 8) 칠레 • 463  |
| 9) 중국과 일본 • 464  |              |

참고문헌 • 466

찾아보기 • 475







## CHAPTER 1

# 과수 재배와 과실주의 기원

과수 재배 기록 / 포도 재배 역사 / 세계의 과실 생산 지역 / 세계의 포도 산업과 포도주 산업 / 우리나라의 포도 재배와 포도주 양조



# 과수 재배와 과실주의 기원

## 1. 과수 재배 기록

지금부터 6,000년 전 코카서스인은 지중해 동쪽의 비옥한 지역으로 과수의 종자와 말린 과실을 가져왔고, 이 종들이 새로운 지역에 정착되었다. 코카서스인은 야생 과일을 먹었고, 카스피 해 동쪽에 거주하던 사람들은 겨울철에 대비해 과실을 채취하여 저장하였다는 기록이 있다.

유럽에서 최초로 재배된 과실은 대추야자, 올리브, 무화과, 포도, 석류 등이었다. 이집트에서는 무화과가 4,700년 전에 중요한 식품이었고, 그리스에서는 4,200년 전에 포도가 재배되었으며, BC 3000~4000년에 올리브와 대추야자, 포도, 무화과, 석류가 지중해 유역에서 재배되었다. 무화과도 BC 3000년경 동부 아프리카와 나일강 상류 지역에서 재배되었다. 사과, 배, 체리 같은 종은 이처럼 이른 시기에는 재배되지 않았다.

아시아 지역에서는 과수로는 최초로 복숭아가 4,000년 전에 중국에서 재배되었으며, 그 뒤 실크로드를 통해 서아시아로 전파되었다. 복숭아는 학명이 프루누스 페르시카(*Prunus persica*)인 점으로 미루어 볼 때 페르시아가 원산지인 것으로 보인다. 배는 중국에서 가장 널리 재배되는 과수로, 파이어스 피리폴리아(*Pyrus pyrifolia*)는 3,000년 전에 양자강 계곡에서 재배되었고, 중국의 북부에서는 파이어스 우수리엔시스(*Pyrus ussuriensis*)와 그 교배종이 재배되고 있다.

동아시아에는 자생 과수와 견과류가 많으며, 복숭아와 배 외에도 사과, 자두, 살구, 앵두, 복분자, 블루베리, 뽕나무, 포도, 대추, 호두, 개암, 밤, 잣 등이 있다. 한국, 중국, 일본, 인도, 파키스탄에서 재배되는 자생종으로 배, 복숭아, 자두, 살구, 감, 밤, 호두가 있다. 특히 밤과 호두는 야생나무에서 계속 수확된다. 지난 100년간 사과, 포도, 앵두 등은 외국에서 육성하여 도입되는 품종이 중요하게 여겨졌으며, 특히 아시아 재배종 사과인 말루스 아시atica(*Malus asiatica*)는 더 크고 다양한 유럽종으로 대체되었다.

## 2. 포도 재배 역사

### 1) 고대의 포도 재배 역사

서양 문명에서 포도 재배나 포도주 양조는 큰 비중을 차지한다. 고대인은 포도주를 단순한 술을 넘어 신의 선물로 취급하고 신화로 승화시키기도 하였다. 포도주라는 선물이 이집트인은 오시리스(Osiris), 그리스인은 디오니소스(Dionysos), 로마인은 바쿠스(Bacchus)에게서 왔다고 한다. 『구약성경』에 포도주에 대한 자료들이 많은데, 「창세기」 홍수 편에 노아(Noah)는 포도를 재배하고 포도주를 마셨다고 기술되어 있다. 중세는 몇 세기 동안 번성한 교회와 포도 재배, 포도주에 대한 요구와 관련되어 있다.

포도나무는 BC 6000~5000년에 코카서스 저편(Trans Caucasus) 지역의 동쪽에서부터 흑해의 동쪽 해안을 따라 재배되었고, 포도 비티스 비니페라(*Vitis vinifera*)나 비티



그림 1-1 이집트 피라미드 벽화의 포도 재배 및 양조(BC 1450)

스 실베스트리스(*Vitis sylvestris*)종은 대서양을 따라 BC 7500~2500년 유럽의 대부분 지역에 분포되었다. 벨기에와 스페인에서 발견된 포도 종자를 방사성 탄소로 조사한 결과, BC 4350~3950년에 재배된 것으로 밝혀졌다.

BC 4000년경 포도 재배와 포도주 양조는 코카서스 저편에서 비옥한 초승달 지역(Fertile Crescent)을 지나 나일 삼각주를 거쳐 소아시아까지 확대되었다. 포도 재배는 BC 2440년 이집트 제4왕조의 피라미드 모자이크 벽화에 표시되어 있고, 포도 재배와 포도주 양조 기술은 BC 1400년경에 잘 발달한 것으로 알려져 있다(그림 1-1).

포도주 무역에 관한 법은 BC 1700년경 바빌론의 함무라비 왕조가 제정하였다. 포도는 BC 2000년 중국에서도 재배되었으나, BC 1700년경 재배가 금지되었다가 BC 200년경에 한나라에 의해 다시 소아시아에서 중국으로 이동한 것 같다.

## 2) 유럽의 포도 재배 역사

유럽종 포도(*Vitis vinifera*)의 원산지는 코카서스 지방과 카스피 해 연안 지역으로 알려져 있으며, 흑해와 카스피 해 사이의 산록지대에서 BC 6000년경 포도 재배가 시작되었다고 한다.

BC 3000년경 터키의 히타이족이 팽창하면서 난민이 서쪽으로 이동하기 시작해 BC 2200~1400년경 지금의 그리스 지역인 크레타와 에게 섬으로 이동하였다. 이때 포도 재배 기술과 양조 기술이 크레타와 펠로폰네소스 반도로 전해졌다. 기원전 첫 세기에 페니키아인과 그리스인은 지중해 연안으로 세력을 확장하였고, 이탈리아, 스페인, 프랑스로 포도 재배 기술을 전파하였다.

프랑스 최초의 포도원은 BC 500년경 마르세유에 이주한 그리스 정착민이 만들었으며, 300년에는 포도 재배 기술과 포도주 양조 기술이 대서양 연안부에서 다뉴브 강 계곡까지 전 유럽으로 전파되었다. 중세기 전반부(500~1000년)에는 수도사들이 포도를 재배하고 포도주를 양조하였다. 프랑스에서 포도는 1868년에 재배되기 시작하여 유럽전 지역으로 퍼졌으며, 포도뿌리혹벌레(Grape Phylloxera), 역병이 퍼져 큰 피해를 주었지만 꾸준히 확대되었다.



### 3. 세계의 과실 생산 지역

2010년 세계 과수 재배 면적은 5,573만 8,269 ha인데, 아시아 지역이 가장 많은 2,844만 8,899 ha로 51.0%, 아프리카 지역이 1,042만 4,054 ha로 18.7%, 아메리카 지역이 872만 5,338 ha로 15.7%, 유럽 지역이 754만 9,248 ha로 13.5%, 오세아니아 지역이 590만 730 ha로 1.1% 순이었다.

세계 과실 생산량은 6억 936만 9,080톤인데, 아시아 지역이 가장 많은 3억 1,894만 9,834톤으로 52.3%, 아메리카 지역이 1억 3,805만 8,566톤으로 22.7%, 아프리카 지역이 7,814만 3,005톤으로 12.8%, 유럽 지역이 6,725만 4,709톤으로 11.0%, 오세아니아 지역이 696만 2,966톤으로 1.1%의 순이었다(표 1-1). 그러나 저온저장 시설 없이는 과실을 저장하거나 수송할 수 없기 때문에 통계에 나타나지 않은 경우도 많다.

표 1-1 2010년 세계 대륙별 과수 재배 면적과 과실 생산량

| 구분                   | 세계                   | 유럽                   | 아메리카                  | 아시아                   | 아프리카                 | 오세아니아              |
|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|
| 재배 면적(ha)<br>(비율: %) | 55,738,269<br>(100)  | 7,549,248<br>(13.5)  | 8,725,338<br>(15.7)   | 28,448,899<br>(51.0)  | 10,424,054<br>(18.7) | 590,730<br>(1.1)   |
| 생산량(톤)<br>(비율: %)    | 609,369,080<br>(100) | 67,254,709<br>(11.0) | 138,058,566<br>(22.7) | 318,949,834<br>(52.3) | 78,143,005<br>(12.8) | 6,962,966<br>(1.1) |

\* FAO 통계

2010년 세계 과실의 과종별 재배 면적을 보면, 감귤류가 864만 3,501 ha로 가장 넓고, 포도가 720만 3,986 ha, 바나나가 480만 1,991 ha, 자두가 248만 9,194 ha, 복숭아가 153만 7,400 ha, 배가 152만 7,356 ha, 사과가 473만 424 ha 순이었다. 세계 과실의 과종별 생산량은 감귤류가 1억 2,375만 5,750톤으로 가장 많았고, 바나나가 1억 211만 4,819톤, 사과가 6,956만 7,526톤, 포도가 6,835만 535톤, 배가 2,263만 8,098톤, 복숭아가 2,027만 8,439톤 순이었다(표 1-2).

표 1-2 2010년 세계 과실의 과종별 재배 면적과 생산량

| 과종   | 재배 면적(ha) | 생산량(톤)      |
|------|-----------|-------------|
| 사과   | 4,730,424 | 69,567,526  |
| 배    | 1,527,356 | 22,638,098  |
| 포도   | 7,203,986 | 68,350,535  |
| 복숭아  | 1,537,400 | 20,278,439  |
| 살구   | 493,278   | 3,442,450   |
| 자두   | 2,489,194 | 11,002,301  |
| 감    | 801,295   | 4,038,186   |
| 감귤류  | 8,643,501 | 123,755,750 |
| 블루베리 | 74,649    | 312,047     |
| 복분자  | 92,061    | 462,389     |
| 체리   | 379,814   | 2,130,851   |
| 바나나  | 4,801,991 | 102,114,819 |
| 파인애플 | 906,541   | 19,418,306  |
| 참다래  | 90,888    | 1,350,207   |
| 호두   | 846,059   | 2,545,388   |

\* FAO 통계

## 4. 세계의 포도 산업과 포도주 산업

포도는 생과, 건과, 주스, 포도주, 발포성 와인, 강화 와인(체리, 포트), 증류주(코냑, 아르마냐크) 등으로 다양하게 이용된다. 그 밖에 포도씨 기름, 색소, 알코올 등의 포도 생산품이 있지만, 세계 포도 생산량의 80% 이상은 포도주 생산에 사용된다. 포도는 세계적으로 널리 재배되는 과수로 남극과 북극을 제외한 모든 대륙에서 재배된다(그림 1-2).

2010년 세계 포도 재배 면적은 720만 3,986 ha에 달하는데, 이 중 주된 포도 및 포도주 산업 지역인 유럽 지역은 포도 재배 면적이 375만 3,783 ha로 세계 포도 재배 면적의 52.1%를 차지한다. 이어 아시아 지역이 195만 4,575 ha로 27.1%, 아메리카 지역이 94만 8,760 ha로 13.2%, 아프리카 지역이 35만 983 ha로 4.9%, 오세아니아 지역이 19만 5,885 ha로 2.7%를 차지하였다.

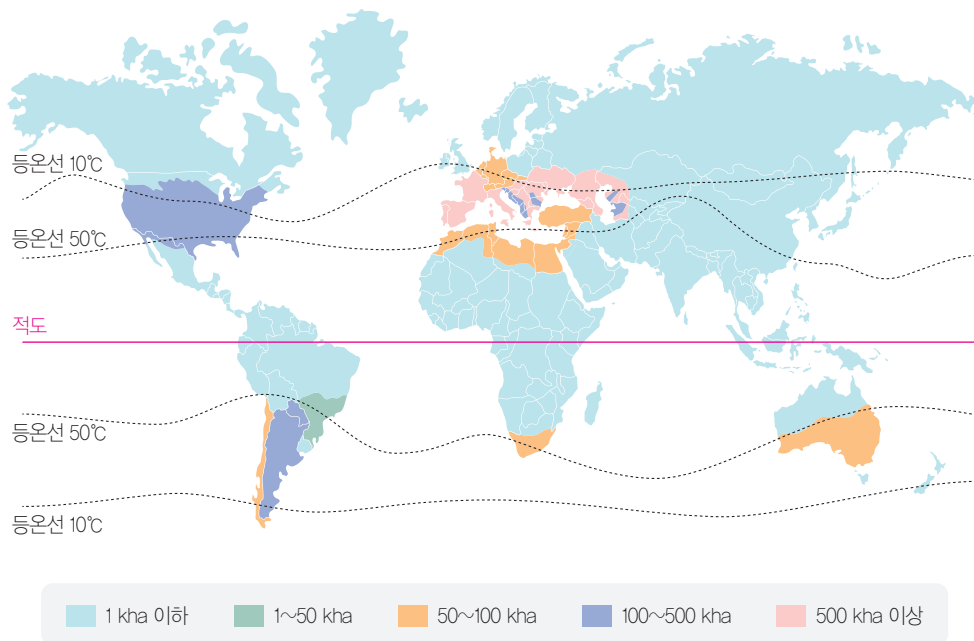


그림 1-2 세계의 포도주용 포도 재배 지역 분포

포도 생산량은 유럽 지역이 2,681만 9,101톤으로 세계 포도 생산량의 39.2%를 차지하고 있고, 아시아 지역이 2,164만 8,519톤으로 31.7%, 아메리카 지역이 1,379만 7,545톤으로 20.2%, 아프리카 지역이 420만 3,720톤으로 6.2%, 오세아니아 지역이 188만 1,650톤으로 2.8%를 차지하였다(표 1-3).

표 1-3 2010년 대륙별 포도 재배 면적과 생산량

| 구분                   | 세계                  | 유럽                   | 아메리카                 | 아시아                  | 아프리카               | 오세아니아              |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| 재배 면적(ha)<br>(비율: %) | 7,203,986<br>(100)  | 3,753,783<br>(52.1)  | 948,760<br>(13.2)    | 1,954,575<br>(27.1)  | 350,983<br>(4.9)   | 195,885<br>(2.7)   |
| 생산량(톤)<br>(비율: %)    | 68,350,535<br>(100) | 26,819,101<br>(39.2) | 13,797,545<br>(20.2) | 21,648,519<br>(31.7) | 4,203,720<br>(6.2) | 1,881,650<br>(2.8) |

\* FAO 통계

스페인의 2010년 포도 재배 면적은 세계에서 가장 넓은 100만 2,100 ha로 13.9%이고, 프랑스가 78만 7,133 ha로 10.9%, 이탈리아가 77만 7,500 ha로 10.8%이다. 이로써



이들 세 유럽 국가가 전체 포도 재배 면적의 36%를 차지하고 있다. 그리고 중국이 64만 3,900 ha에 8.9%로 세계 4위로 올라선 것이 주목할 만하며, 미국이 38만 2,348 ha로 5.3%, 아르헨티나가 22만 3,685 ha로 3.1% 순이다(표 1-4).

표 1-4 2010년 국가별 포도 재배 면적

| 구 분               | 스페인                 | 프랑스               | 이탈리아              | 포르투갈             | 독일              | 미국               | 칠레               | 아르헨티나            | 중국               | 오스트레일리아          | 남아프리카 공화국        |
|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 면적(ha)<br>(비율: %) | 1,002,100<br>(13.9) | 787,133<br>(10.9) | 777,500<br>(10.8) | 181,200<br>(2.5) | 99,907<br>(1.4) | 382,348<br>(5.3) | 188,200<br>(2.6) | 223,685<br>(3.1) | 643,900<br>(8.9) | 163,785<br>(2.3) | 110,000<br>(1.5) |

\* FAO 통계

2010년 세계 포도주 생산량은 2,621만 7,239톤이었다. 이 중 프랑스, 이탈리아, 스페인 등의 유럽 대륙은 1,650만 5,454톤으로 세계 포도주 생산량의 63.0%를 생산하였고, 이어 미국, 칠레 등 아메리카 대륙은 536만 3,528톤으로 20.5%를 차지하였다. 아시아 대륙은 197만 4,637톤으로 7.5%, 오세아니아 대륙은 132만 3,660톤으로 5.0%, 아프리카 대륙은 104만 9,960톤으로 4.0% 순이었다(표 1-5).

표 1-5 2010년 대륙별 포도주 생산량

| 구 분               | 세계                  | 유럽                   | 아메리카                | 아시아                | 아프리카               | 오세아니아              |
|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 생산량(톤)<br>(비율: %) | 26,217,239<br>(100) | 16,505,454<br>(63.0) | 5,363,528<br>(20.5) | 1,974,637<br>(7.5) | 1,049,960<br>(4.0) | 1,323,660<br>(5.0) |

\* FAO 통계

2010년 포도주 생산량을 보면, 이탈리아가 458만 톤으로 17.5%, 프랑스가 454만 1,820톤으로 17.3%, 스페인이 361만 톤으로 13.8%를 차지해 전 세계 생산량의 48.6%를 생산하였다. 이어 미국이 221만 1,300톤으로 8.4%, 중국이 165만 7,500톤에 6.3%로 뒤를 잇고 있고, 아르헨티나가 162만 5,080톤으로 6.2%, 오스트레일리아가 113만 3,860톤으로 4.3%, 남아프리카가 92만 1,700톤으로 3.5%, 칠레가 91만 5,238톤으로 3.5%를 차지하였다(표 1-6).

표 1-6 2010년 국가별 포도주 생산량

| 구분      | 이탈리아      | 프랑스       | 스페인       | 포르투갈    | 독일      | 미국        | 칠레      | 아르헨티나     | 중국        | 오스트레일리아   | 남아프리카공화국 |
|---------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 생산량(톤)  | 4,580,000 | 4,541,820 | 3,610,000 | 587,200 | 720,000 | 2,211,300 | 915,238 | 1,625,080 | 1,657,500 | 1,133,860 | 921,700  |
| (비율: %) | (17.5)    | (17.3)    | (13.8)    | (2.2)   | (2.7)   | (8.4)     | (3.5)   | (6.2)     | (6.3)     | (4.3)     | (3.5)    |

\* FAO 통계

어떤 국가에서는 일반 포도주 외에 증류주(코냑, 아르마냐크, 브랜디)나 강화 와인(셰리, 포트 등)을 생산하는데, 증류주는 포도주 시장을 조절하는 기능도 한다.

## 5. 우리나라의 포도 재배와 포도주 양조

우리나라에 유럽종 포도가 전래된 것은 중국 한나라 때로, 이 시기에 포도주 양조법도 전해진 것으로 짐작된다. 당나라 때는 서역에서 포도와 양조법이 들어오고 포도가 널리 재배되다가 당나라의 멸망과 함께 쇠퇴하였다. 그 뒤 원나라가 페르시아를 정복하고 유럽으로 진출하면서 서방 문물을 접촉할 때, 다시 포도와 포도주가 원나라로 수입되었고, 이어 고려에 전래되었다. 지금도 중국 본토에서 주요 품종으로 재배되는 용안 등 동양계 유럽 품종이 문헌에 나오지만, 명맥만 유지하고 있다.

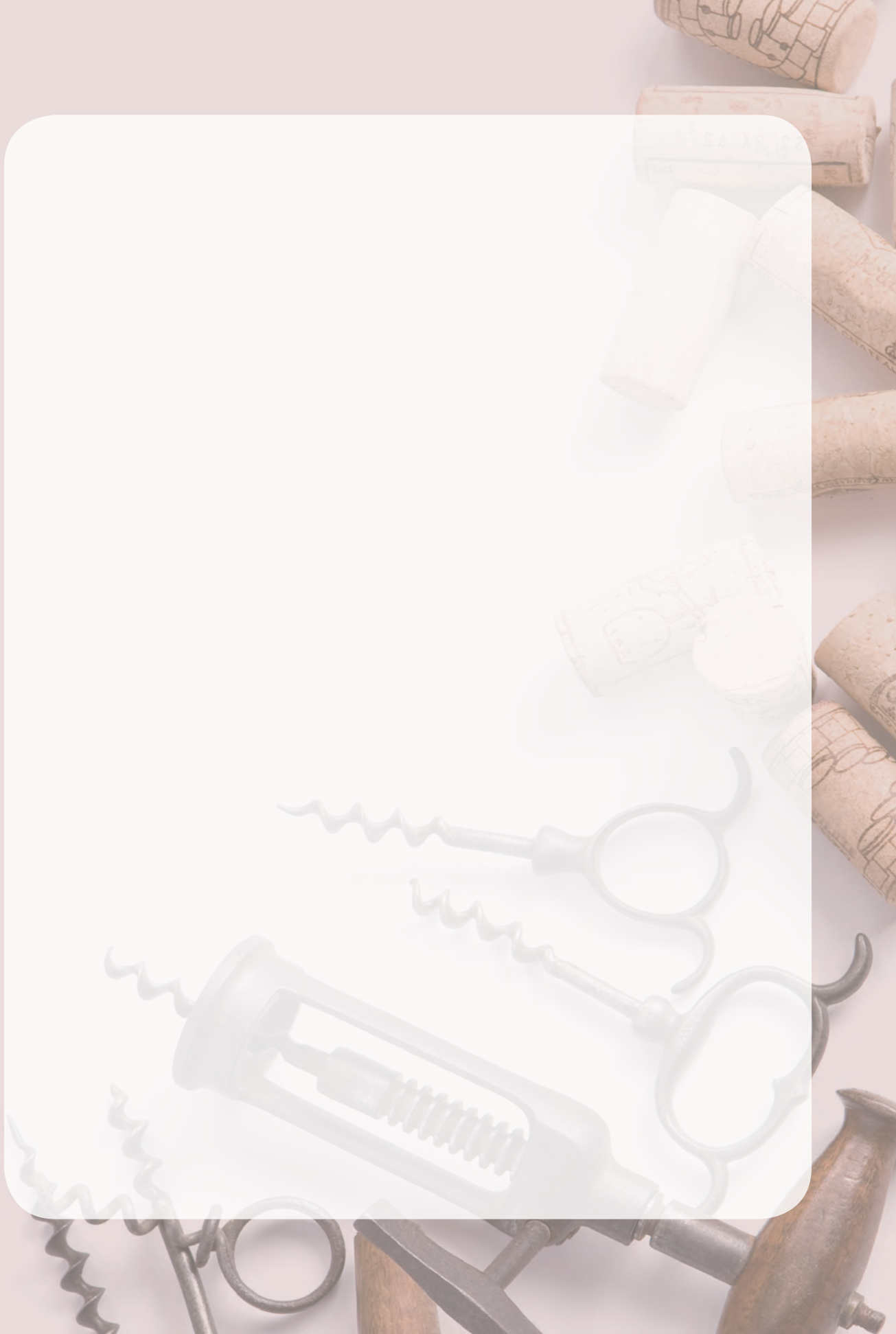


그림 1-3 신라 왕조의 와당에 그려진 포도 무늬

우리나라의 포도에 대한 최초 기록은 『촬요신서(撮要新書)』에 있고, 그 후 『농가집성(農家集成)』(1614)과 『색경(穡經)』(1676) 등의 고서에도 소개되는 것으로 보아 1400년대부터 포도가 널리 재배된 것으로 추측한다(그림 1-3).

과수원 형태를 갖추고 수익을 목적으로 재배되기 시작한 것은 1906년 고종 황제 칙령에 따라 독도 원예모범장이 설치된 이후의 일이다. 이때부터 외국에서 ‘블랙함부르크’ 등 7품종을 들여와서 재배 시험을 한 기록이 있고, 1901년부터 1910년까지 미국에서 15품종, 일본에서 106품종, 중국에서 4품종, 프랑스에서 3품종, 이탈리아에서 25품종 등 총 153품종을 도입하였다는 기록이 있다. 1908년 ‘캠벨얼리(Campbell Early)’ 품종을 재배 시험했는데, 이는 우리나라에 맞는 품종으로 추천되어 지금도 가장 많이 재배되고 있다.

한편, 1910년에는 일본인이 경북 포항에 150 ha의 산지를 개간하여 포도를 심고 포도주 공장을 설립해 포도를 대규모로 재배하였다. 그 뒤 1960년대 원예시험장 확장과 더불어 외국의 품종과 대목이 대대적으로 도입되고 본격적인 연구가 시작되어 지금까지 도입 육종 시험에서 31개 품종과 1개 대목 품종이 선발되었다. 1960년대에는 생식 및 가공 겸용 품종이 주로 선발되었고, 1980년대 중반부터는 대립계 4배체 품종이 선발되었다. 특히 1995년 거봉에 적합한 대목 품종으로 SO4를 선발하여 1998년에 널리 발병한 포도뿌리혹병의 피해를 막음으로써 접목묘의 재배에 일조하였다.











## CHAPTER 2

# 과수의 분류와 품종

과수의 분류 / 포도속 식물의 분류 / 과수 품종의 육성 /  
포도 품종과 특징

# 과수의 분류와 품종

## 1. 과수의 분류

과수는 크게 온대 과수, 아열대 과수, 열대 과수로 분류된다. 온대 과수는 다시 교목성 과수, 관목성 과수, 덩굴성 과수로 분류된다. 교목성 과수로는 사과·배·모과 등의 인과류, 복숭아·자두·살구·매실 같은 핵과류, 밤·호두·개암·피칸 등이 있고, 관목성 과수로는 소과류인 나무딸기·블랙베리·블루베리 등이 있으며, 덩굴성 과수로는 포도·머루·참다래·야생다래·으름 등이 있다. 아열대 과수로는 온주밀감·레몬·유자·금귤 등의 감귤류와 비파·올리브 등이 있고, 열대 과수로는 바나나·망고·두리안·파파야 등이 있다(표 2-1).

### 1) 재배지의 기후에 따른 분류

#### (1) 온대 과수

평균 기온 0~20℃ 사이의 온대 지방에서 일정 시간 저온 처리, 낙엽, 휴면 등의 과정을 거쳐야 잘 자라는 과수이다. 열대 지방에서는 저온 기간이 없어 휴면기를 갖지 못하고, 높은 산악 지대에서는 저온 처리 기회는 있지만 저온 장애를 받게 되어 개화나 결실이 불가능하다. 사과, 배, 복숭아, 포도, 감, 밤, 대추 등이 있다.



표 2-1 과수의 분류

| 재배지의 기후           | 과수의 종류 | 과실의 구조 | 과실의 종류                  |
|-------------------|--------|--------|-------------------------|
| 온대 과수<br>(낙엽 과수)  | 교목성 과수 | 인과류    | 사과, 배, 모과               |
|                   |        | 핵과류    | 복숭아, 자두, 살구, 매실         |
|                   |        | 각과류    | 밤, 호두, 개암, 피칸           |
|                   |        | 기타     | 감, 대추, 석류, 무화과          |
|                   | 관목성 과수 | 소과류    | 나무딸기, 블랙베리, 블루베리        |
|                   |        | 기타     | 보리수                     |
| 아열대 과수<br>(상록 과수) | 감귤류    |        | 온주밀감, 레몬, 유자, 금귤, 하귤    |
|                   | 기타     |        | 비파, 올리브                 |
| 열대 과수<br>(상록 과수)  |        |        | 바나나, 망고, 파인애플, 두리안, 파파야 |

## (2) 아열대 과수

평균 기온 17~20℃의 아열대 지방에서 자라는 상록 과수로, 10℃ 이하의 저온에서 세포 분열 정지 기간이 끝나고, 이후 온도가 상승함에 따라 재분열할 때 꽃눈이 분화되는 것이 많다. 감귤류, 비파, 올리브 등이 있다.

## (3) 열대 과수

적도 주변 저위도 지방의 고온 기후에 적응하여 자생하는 과수이다. 바나나, 파인애플, 망고, 파파야 등이 있다.

## 2) 과수의 종류별 특성

### (1) 낙엽 과수

#### ① 교목성 과수

곧은 줄기가 1개이고 줄기와 가지의 구별이 명확하며 높게 자라는 과수로, 상록 과수와 낙엽 과수가 있다. 낙엽 과수는 잎이 4월에 발아해 활동을 시작하여 11월경 날씨가 추워지면 기능을 다하고 낙엽이 된다. 여름 동안 잎에서 만들어진 탄수화물은 뿌리에서



흡수한 질소 성분과 결합해 단백질을 만들어 선단 가지를 신장하고 새로운 잎을 만드는 데 이용된다. 가지 신장이 끝나고 잎이 성숙되면 그 가지에서 만들어진 탄수화물은 여러 다른 기관으로 이동된다. 이동된 탄수화물의 역할은 다음과 같다.

첫째, 가지를 굵게 하고 꽃눈을 만드는 역할을 한다.

둘째, 자라고 있는 어린 과실을 크게 한다. 잎에서 이동한 당분과 뿌리에서 흡수한 질소 덕분에 과실은 커진다. 따라서 과실이 크는 동안에는 원줄기나 가지, 뿌리에는 탄수화물 이동이 늦어진다.

셋째, 과실을 숙성시킨 뒤에는 이듬해 초기 생장에 필요한 양분을 줄기, 가지, 뿌리에 저장한다. 저장된 탄수화물은 겨울 동안에는 거의 소비되지 않고 대부분 발아, 신장, 개화, 결실에 이용된다. 저장양분은 1년생 가지나 줄기, 가지의 형성층 부분 또는 잔뿌리에 많이 저장된다.

## ② 관목성 과수

줄기가 여러 갈래이며, 일반적으로 나무의 윗부분인 수관이 일정한 모양을 지니지 않는다. 곧은뿌리가 없으며, 사람의 키보다 낮게 자란다.

## ③ 덩굴성 과수

다른 물체를 감아 올라가는 과수로, 포도, 참다래 같은 덩굴성 과수는 신초가 양분을 많이 만든다. 겨울이 되면 탄수화물은 주로 뿌리에 저장되므로 지상의 덩굴은 양분 저장 장소로 그다지 중요하지 않다. 따라서 전정할 때 덩굴을 많이 잘라내도 개화·결실에 큰 영향을 미치지 않는다.

## (2) 상록 과수

상록성 과수는 연중 잎이 떨어지지 않고 당분, 전분, 질소 등 중요한 양분이 잎에 저장된다. 우리나라에서 재배되는 대표적 상록 과수인 온주밀감은 재배 북한계 지역에서 재배되므로 한파로 낙엽이 되면 저장양분이 손실되고 발아·개화·결실을 위한 에너지가 부족해 생산량이 줄어든다. 잎은 겨울 동안 양분 저장 장소로 이용되며, 저장양분이 많으면 봄에 순조롭게 시작해 그 뒤 생육도 좋아진다. 잎의 수명은 일반적으로 4월에 시작되며 이듬해 6월에 낙엽이 된다.

### 3) 과실의 구조에 따른 분류

과실의 형태와 식용하는 부분의 위치에 따라 다음과 같이 분류한다.

#### (1) 인과류

식용 부분의 꽃받기가 비대해져 과육 부위를 이루는 과실이다. 씨방은 과실 안쪽에 과심부를 이루지만 먹을 수 없는 것이 많고, 꽃받침은 꽃필 때 꽃자루 반대쪽에 달려 있다. 사과, 배, 모과, 비파 등이 있다.

#### (2) 핵과류

씨방이 비대해져 과실을 이룬 것으로, 씨방의 중과피 부분을 먹으며, 종자는 핵 속에 들어 있어 먹을 수 없다. 복숭아, 살구, 자두 등이 있다.

#### (3) 장과류

씨방이 발육하여 이루어진 과실로, 주로 씨방의 외과피를 먹는다. 이 외과피에 과즙이 차 있으며, 씨는 과육 사이에서 핵을 이루고 있다. 포도, 나무딸기, 구스베리, 무화과, 석류 등이 있다.

#### (4) 각과류

씨방벽이 변하여 된 단단하고 두꺼운 껍데기 속에 들어 있는 종자의 떡잎이 비대해져 이루어진 과실이다. 밤, 호두, 개암 등이 있다.

#### (5) 준인과류

씨방벽이 발육된 부분을 먹으며, 인과류와 과실 모양은 비슷하나 씨방이 비대해진 진과이다. 감귤류, 감 등이 있다.

## 2. 포도속 식물의 분류

포도속 식물은 갈매나무목(目, *Rhamnales*), 포도과(科, *Vitaceae*)에 속하며, 포도 과에는 11속(屬), 약 700종(種)이 있다. 주로 열대와 아열대 지역에 자생하나, 일부는 온대까지 분포하는데, 이 중에서 경제적으로 가장 중요하고 열매를 식용하는 것은 포도속뿐이다. 재배종 포도는 모두 이에 속하는데, 주로 온대 지방에서 재배된다. 포도속은 다시 진정 포도아속(*Euvitis* Planch.)과 머스카딘 포도아속(*Muscadinia* Planch.)으로 나뉜다.

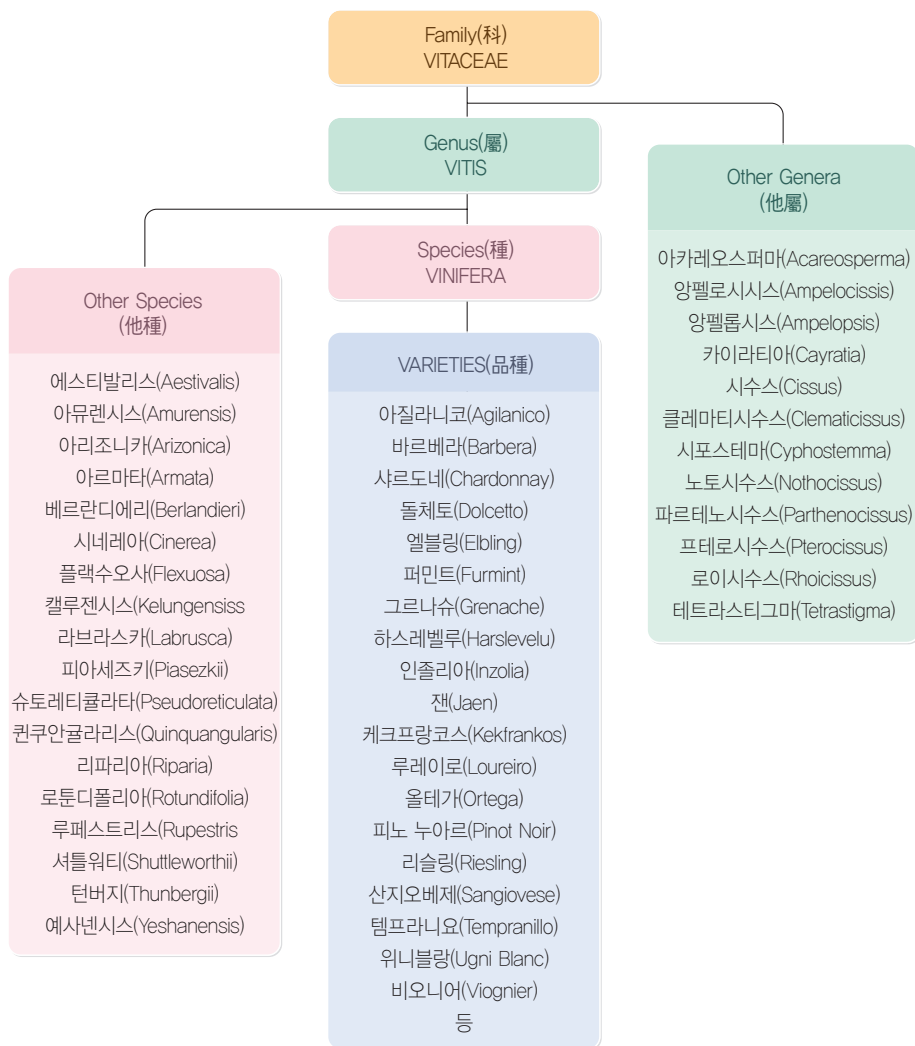


그림 2-1 유럽종 포도의 과(科), 속(屬), 품종(品種)의 분류 체계



는데, 전자는 체세포 염색체 수가 38개이고, 후자는 40개이다. 이 두 아속은 다른 형태학적 차이로 구분이 가능한데, 경우에 따라 머스카딘 포도아속을 독립시켜 머스카디니아속으로 분류하기도 한다(그림 2-1).

## 1) 포도속 식물의 원산지

포도속 식물은 원산지에 따라 크게 네 군(群)으로 분류된다. 제1군인 중앙아시아 및 지중해 군에 속하는 유럽종 포도는 생식용, 양조용, 건포도용의 대부분을 차지하는 가장 중요한 종으로, 카스피 해 및 흑해의 남부와 소아시아 사이가 원산지이다. 제2군에 속하는 미국종은 29종이나 있는데, 비티스 라브라스카는 접수, 비티스 리파리아, 비티스 루페스트리스, 비티스 베르란디에리 등은 대목으로 주로 이용된다(표 2-2).

표 2-2 미국종 포도의 주요 특성

| 종<br>특성                                    | 필록세라<br>저항성 | 내병성              | 발근성 | 석회질 토양<br>저항성 | 나무<br>세력 | 기 타                            |
|--------------------------------------------|-------------|------------------|-----|---------------|----------|--------------------------------|
| 비티스 리파리아<br>( <i>Vitis riparia</i> )       | 대           | 대                | 대   | 소             | 강        | 내한성                            |
| 비티스 루페스트리스<br>( <i>Vitis rupestris</i> )   | 중대          | 극대               | 극대  | 중             | 강        | 관목성                            |
| 비티스 몬티콜라<br>( <i>Vitis monticola</i> )     | 대           | 중                | 소   | 대             | 중        | —                              |
| 비티스 코디폴리아<br>( <i>Vitis cordifolia</i> )   | 대           | 노균병 대,<br>흰가루병 무 | 소   | 소             | 강        | —                              |
| 비티스 에스티발리스<br>( <i>Vitis aestivalis</i> )  | 무           | 대                | 소   | 소             | 강        | 여우향이 나고, 품질이<br>우수하며, 내서성, 내건성 |
| 비티스 칸디칸스<br>( <i>Vitis candicans</i> )     | 대           | 대                | 소   | 소             | —        | —                              |
| 비티스 시네리아<br>( <i>Vitis cinerea</i> )       | 대           | 대                | 소   | 소             | —        | —                              |
| 비티스 베르란디에리<br>( <i>Vitis berlandieri</i> ) | 대           | 대                | 극소  | 대             | 강        | 여우향이 나고 내한성                    |
| 비티스 라브라스카<br>( <i>Vitis labrusca</i> )     | 중소          | 노균병 중,<br>흰가루병 대 | 소   | 무             | 강        | —                              |

제3군인 카리브 군에는 비티스 인디카(*Vitis indica*(*Vitis tiliifolia* 또는 *Vitis caribaea* 라고도 함))의 한 종이 있으며, 아마존 강 북부와 카리브 해 연안이 원산지이다. 제4군인 아시아 군에는 12종이 있는데, 히말라야, 중국, 한국, 일본, 사할린에 걸친 모든 원생종을 포함한다. 이 중 우리나라에 자생하는 것으로, *Vitis amurensis*(왕머루), *Vitis flexuosa*(새머루), *Vitis coignetiae*(머루), *Vitis thunbergii*(까마귀머루는 이의 변종) 4종이 있다.

### 3. 과수 품종의 육성

#### 1) 품종의 선발

과수 재배의 첫 단계로 품종의 선발을 들 수 있다. 과수 영양계의 선발은 특정 유전적 형질(풍미, 크기, 숙기, 저장성, 기후와 토양 적응성, 내병충성 등)에 기초를 둔다. 과거부터 선발 기준은 지역적인 선호도와 제한 요인 때문에 지역에 따라 달랐다. 이와 같이 식물의 유전적·육종학적 원리가 알려지기 전에도 사려 깊게 선발되었고, 경험과 관찰로 얻은 주요 사실은 다른 세대로 전해졌다. 근대에 가까워지면서 세계의 풍부한 보고(寶庫)에서 외래종 수집이 장려되었다. 17~19세기의 대대적인 식물 수집 기간에 많은 과수가 유럽에서 도입되어 관상용, 대목, 식용으로 재배되었다.

19세기까지는 선발된 양친을 계획적으로 교잡하는 과수 육종이 행해지지 않았다. 1800년대 초에 영국에서 사과, 배, 자두, 유도, 체리 등의 과수 육종이 시작되었다. 특히, 묘목업자들도 신품종을 육성하기 위해 계획 육종을 시작하였다. 그러나 1866년 멘델이 발표한 식물 유전에 관한 법칙이 1900년에 재발견된 뒤 비로소 식물 육종이 유전자에 의하여 유전된다는 유전 법칙에 입각해 확립되었다.

#### 2) 근대 과수 육종

20세기에 많은 육종 계획이 수행되었지만 사과, 배 같은 과수에서 신품종은 이전 품종을 대체하지 못하였다. 사과 품종으로 골든 델리셔스, 델리셔스, 콕스, 그래니 스미스, 국광(國光, Ralls), 롬 뷰티, 홍옥(紅玉, Jonathan), 옥(旭, McIntosh) 등은 우연 실생

(偶然實生)으로 선발된 지 100년이 넘었고, 현재 재배되는 주요 품종 가운데 일본에서 육성한 후지(Fuji)만이 계획 교잡한 것이다.

배 품종 중에 바틀릿(Williams, Bartlett), 보스크, 질귀요, 양주, 하디, 블랑킬라, 컨퍼런스, 알리(Yali), 츠리(Tsuli), 장십랑(長十郎, Chojuro) 등은 우연 실생이다. 근래 육종 계획으로 육성한 이십세기(二十世紀, Nijisseiki), 신세기(新世紀, Shinseiki), 풍수(豐水, Hosui), 행수(幸水, Kosui) 같은 품종이 많이 재배되고 있다.

### 3) 과학적인 과수 재배

신품종을 쉽게 재배하지 않는 이유는 이전 품종들을 제거하고 재식한 신품종이 결과기에 들어가기까지 시간이 걸리고 비용이 많이 들기 때문이다. 이와 달리 수명이 짧은 과수인 복숭아, 나무딸기류는 육성된 것을 주로 재배하며, 블루베리, 크랜베리, 엘더베리, 자두, 피칸 등은 대부분 육종이나 선발 계획으로 육성된 것을 많이 재배한다.

일반적으로 과학적인 과수 재배는 19세기 중반 이후 발전하기 시작하여 50년간 비약적으로 발전하였다. 식물의 생장과 발육 생리 외에 병해충 방제, 토양 관리, 시비 관리, 특정 토양 조건에 적합하거나 원하는 수고(樹高)를 만들어주는 대목(臺木) 연구가 필요하다.

이 중 가장 중요한 것으로, 잎에 적절한 빛의 분포를 확보해주기 위한 재식 거리와 수형 연구가 있다. 앞으로 과수에서는 육종이 더 중요해지는데, 특정 지역과 재배 목적에 적합한 우수한 품종을 도입하는 것은 물론 유전 지식, 돌연변이 유발과 조직 배양에 의한 유전자 조합 기술, 유전공학을 활용한 유전자 도입, 첨단 기술을 이용한 특수 영양계 대목도 연구·개발될 것이다.

## 4. 포도 품종과 특징

포도 재배종으로는 세계 포도 생산량의 90% 이상을 차지하는 비티스 비니페라 같은 유럽종 포도와 비티스 라브라스카(*Vitis labrusca*) 등을 중심으로 한 미국종, 머스카딘 아속에 속하는 비티스 로툰디폴리아(*Vitis rotundifolia*)를 들 수 있다(표 2-3).

표 2-3 포도 재배종의 주요 특성

| 구분                                          | 원산지       | 형태적 특성                                                                                                                         | 재배적 특성                                                             |
|---------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <i>Vitis vinifera</i><br>(유럽종)              | 흑해, 카스피 해 | 잎 가장자리는 3~5갈래로 거친 톱니 모양이고, 포도알은 타원형에서 편원형을 이루며, 열매 껍질은 자흑색이고 과분이 있음                                                            | 당도가 높고 향기가 좋아 포도주용으로 우수하고, 포도뿌리혹병에 내병성과 내한성은 약하나 석회 저항성은 큼         |
| <i>Vitis labrusca</i><br>(미국종)              | 미국 동부     | 잎은 전연(全緣)으로 3갈래이고, 연속적인 덩굴손이며, 포도송이는 중정도이고, 포도알은 원형으로 중간이나 크며, 열매 껍질은 흑청색을 띠고 두꺼움                                              | 내한성, 내병성이나 포도뿌리혹병에나 석회질 토양에 약하고, 발근이 어렵고 독특한 여우향이 남                |
| <i>Vitis rotundifolia</i><br>(미국종, 머스카딘 포도) | 미국 남부     | 잎은 작고, 절벽(節壁)이 없으며, 나무껍질은 밀착되어 있고, 단순한 덩굴손 있음. 기근이 발생하고, 피목이 있으며, 포도송이는 작고, 포도알은 원형으로 중·대립이며, 열매 껍질은 탁한 갈색을 띠고, 매우 질기며, 과분이 없음 | 병충해는 면역성에 가까운 저항성이나 내한성과 석회질 토양 적응성은 없고, 성숙한 포도알은 쉽게 떨어지며, 머스캣향이 남 |

## 1) 포도주, 생식용, 건포도용 포도 재배종

포도주, 생식용, 건포도용 포도는 주로 비티스 비니페라종을 중심으로 몇 세기 동안 영양변식으로 지속되었다. 포도 대목 육종과 달리 접수 품종 육종은 포도 재배에 거의 영향을 주지 못했다. 전통적으로 계속 포도 재배종을 재배하는 이유는 복잡적이다. 세계적으로 많이 이용되는 포도주용 비티스 비니페라 포도 품종으로는 카베르네 소비뇽, 샤르도네, 피노 누아르, 리슬링 등이 있다(표 2-4).

세계적으로 널리 재배되는 카베르네 소비뇽 품종은 유럽, 미국, 오스트레일리아, 남아프리카, 칠레, 아르헨티나까지 폭넓게 재배되는 포도주용 품종이고, 톰슨 시들레스(슬타니나)는 유럽, 아메리카, 중동, 아프리카, 오스트레일리아에서 재배되는 주요 생식용 및 건포도용 품종이다.

그런가 하면, 일부 품종은 지역적으로 한정되어 분포되어 있는데, 유럽의 포도 재배 국가들은 대부분 지역 나름의 전통 품종을 갖고 있다. 이를테면, 북부 이탈리아 피에몬테 지방의 재배 품종인 바르베라, 네비올로, 돌체토 등은 다른 지역이나 다른 국가에서는 그리 재배되지 않는데, 이는 전통 품종의 재배가 역사적 또는 특별한 환경 적응의 이유로 특정 지역에 한정되었기 때문이다(표 2-5).



표 2-4 비티스 비니페라(*Vitis vinifera*) 포도의 주요 재배 품종

| 적포도주용 품종                            |                  | 백포도주용 품종                       |                  | 생식용 및 건포도용 품종                                             |                  |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| 품종명                                 | 원산지              | 품종명                            | 원산지              | 품종명                                                       | 원산지              |
| 아라몽(Aramon)                         | 남프랑스             | 샤르도네<br>(Chardonnay)           | 프랑스 부르고뉴,<br>상파뉴 | 알메리아(Almeria)                                             | 스페인              |
| 카베르네 프랑<br>(Cabernet Franc)         | 프랑스 보르도          | 슈냉 블랑<br>(Chenin Blanc)        | 프랑스 루아르 계곡       | 블랙 코린트<br>(Black Corinth, syn.<br>Zante Currant)          | 고대 그리스           |
| 카베르네 소비뇽<br>(Cabernet<br>Sauvignon) | 프랑스 보르도          | 콜롱바(Colombard)                 | 프랑스 사랑트          | 카디날(Cardinal)                                             | 미국 캘리포니아(1938)   |
| 카리냥(Carignane)                      | 남프랑스             | 트라미너(Traminer)                 | 독일               | 샤슬라 도레<br>(Chasselas Doré)                                | 남서프랑스            |
| 가메(Gamay)                           | 프랑스 보졸레          | 리슬링(Riesling)                  | 독일               |                                                           |                  |
| 그르나슈<br>(Grenache)                  | 프랑스 론 계곡         | 소비뇽 블랑<br>(Sauvignon Blanc)    | 프랑스 루아르 계곡       | 월탐 크로스<br>(Waltham Cross,<br>syn. Dattier de<br>Beyrouth) | 중동               |
| 메를로(Merlot)                         | 프랑스 보르도          | 세미용(Semillon)                  | 프랑스 보르도          |                                                           |                  |
|                                     |                  | 실바너(Sylvaner)                  | 독일, 오스트리아        |                                                           |                  |
| 마타로(Mataro)                         | 스페인, 남프랑스        | 윌러트루가우<br>(Müller-Thurgau)     | 독일               | 엠퍼러(Emperor)                                              | 고대 중동            |
| 네비올로(Nebbiolo)                      | 북이탈리아            |                                |                  | 플레임 토케이<br>(Flame Tokay)                                  | 고대 스페인/북아프<br>리카 |
| 피노 누아르<br>(Pinot Noir)              | 프랑스 부르고뉴,<br>상파뉴 | 에메랄드 리슬링<br>(Emerald Riesling) | 미국 캘리포니아         | 이탈리아(Italia)                                              | 이탈리아(1911)       |
| 시라, 쉬라즈<br>(Syrah, syn. Shiraz)     | 프랑스 론 계곡         | 위니 블랑<br>(Ugni Blanc)          | 이탈리아             | 머스캣 오브 알렉산<br>드리아*<br>(Muscat of<br>Alexandria)           | 고대 중동            |
| 러비 카베르네<br>(Ruby Cabernet)          | 미국 캘리포니아         |                                |                  | 머스캣 함부르크<br>(Muscat Hamberg)                              | 프랑스              |
| 카르미네(Carmine)                       | 미국 캘리포니아         |                                |                  | 펠레트(Perlette)                                             | 미국 캘리포니아(1936)   |
|                                     |                  |                                |                  | 리비에(Ribier)                                               | 벨기에(1860)        |
|                                     |                  |                                |                  | 통슨 시들레스*<br>(Thompson<br>Seedless, syn.<br>Sultanina)     | 고대 중동            |

\*건포도용 품종 겸용

표 2-5 이탈리아 피에몬테 지역의 전통적인 포도 재배 품종

| 품 종               | 재배 지역                         |
|-------------------|-------------------------------|
| 바르베라(Barbera)     | 아스티, 알레산드리아, 쿠네오, 노바라         |
| 네비올로(Nebbiolo)    | 피에몬테 전 지역에 퍼져 있음              |
| 돌체토(Dolcetto)     | 몬도비, 알바, 아스티, 오바다, 노바 리구리아    |
| 그리놀리노(Grignolino) | 아스티, 카살레                      |
| 프리에사(Friesa)      | 아스티, 알레산드리아, 튜린, 쿠네오, 키에리     |
| 코르테세(Cortese)     | 알레산드리아, 아퀴, 토르토나, 가비, 노바 리구리아 |
| 에르발루체(Erbaluce)   | 토리노, 카루소                      |

## 2) 국내의 포도주용 포도 재배종

국내에서는 1960년대에 미국, 일본 등지에서 도입한 포도 품종 중에서 가공용 품종을 선발하거나 이후 유럽 등지에서 도입한 품종 중에서 가공용 품종으로 이용하려는 시도가 있었다. 양조용으로 비티스 비니페라 품종이 가장 적합하며, 비티스 라브라스카와 교배한 비티스 라브라스카나종의 품종인 캠벨얼리, MBA(Muscat Bailey A)로도 양조를 하나 포도주의 질이 떨어진다. 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서는 위 품종들 외에 자체 육성한 품종들 중 청수, 두누리를 양조에 적합한 품종으로 선정하였다(그림 2-2, 그림 2-3).

| 캠벨얼리                                                                                                                             |                                                                                     | MBA                                                                                                                                          |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 육성 내력                                                                                                                            |  | 육성 내력                                                                                                                                        |  |
| Moore Early ×<br>(Belvidere × Muscat<br>Hamburg)                                                                                 |                                                                                     | Bailey × Muscat Hamburg                                                                                                                      |                                                                                       |
| 과실 특성                                                                                                                            |                                                                                     | 과실 특성                                                                                                                                        |                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 성숙기: 8월 하순</li> <li>• 과방중: 350 g</li> <li>• 과립중: 5 g</li> <li>• 당도: 14° Brix</li> </ul> |                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 성숙기: 9월 중 · 하순 ~ 10월</li> <li>• 과방중: 400 g</li> <li>• 과립중: 6~7 g</li> <li>• 당도: 18° Brix</li> </ul> |                                                                                       |

그림 2-2 양조용으로 이용하는 품종

| 청수                                                                                                                                                                       |                                                                                   | 두누리                                                                                                                                                                      |                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>육성 내력</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Seibel 9110(Verdelet) × Himrod(1965년)</li> <li>• 최종 선발(1993년)</li> </ul>                                        |  | <b>육성 내력</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Schuyler × Campbell Early(1982년)</li> <li>• 최종 선발(2006년)</li> </ul>                                             |  |
| <b>과실 특성</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• 성숙기: 9월 상순</li> <li>• 과방중: 350 g</li> <li>• 과립중: 3.4 g</li> <li>• 당도: 17.5° Brix</li> <li>• 산도: 0.7%</li> </ul> |                                                                                   | <b>과실 특성</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• 성숙기: 8월 하순</li> <li>• 과방중: 331 g</li> <li>• 과립중: 5.1 g</li> <li>• 당도: 16.4° Brix</li> <li>• 산도: 0.5%</li> </ul> |                                                                                    |

그림 2-3 국립원예특작과학원 육성 양조 적합 품종

## (1) 적포도주용 포도 품종

### ① 카베르네 소비뇽(Cabernet Sauvignon)

적포도주용으로는 최고 품종으로, 껍질이 두껍고 색깔이 진하며 타닌 성분도 많다. 웃자라는 성질이 있고, 흰가루병에 약하며, 내한성도 약하다. 숙기는 10월 하순이고, 수량은 10 a당 1,200~1,500 kg이다.

프랑스 보르도 메도크 지방의 고급 포도주용 품종으로, 미국 캘리포니아, 오스트레일리아, 남아프리카, 아르헨티나, 불가리아 등지에서도 재배된다.

블랙커런트, 삼나무, 담배통, 연필심, 녹색 고추, 박하, 초콜릿, 담배, 올리브 등의 기본 향이 있다.



카베르네 소비뇽

### ② 메를로(Merlot)

다른 품종보다 일찍 익고, 부드러워 맛이 풍부한 포도주를 만든다.

프랑스 보르도의 생테밀리옹, 포르를 지방에서 주 품종으로 재배되고, 이탈리아 동북부, 미국 캘리포니아, 오스트레일리아, 남아프리카, 스위스 등지에서도 재배된다.



메를로

자두, 장미, 블랙커런트, 과일케이크, 박하, 연필심 등의 향이 있다.

### ③ 피노 누아르(Pinot Noir)

생육이 왕성하고 내병성도 있어 탄저병 방제를 잘하면 재배가 가능하다. 한랭지에 적당한 품종으로 숙기는 9월 상순이고, 수량은 10 a당 1,200~1,300 kg이다.

프랑스 부르고뉴 지방의 유명한 포도 품종으로 타닌 성분이 적고 산도가 강하다. 프랑스 고급 적포도주용 품종으로, 샹파뉴 지방에서는 좋은 샴페인을 만드는 데 사용된다. 독일에서는 슈페트부르크군더(Spätburgunder), 이탈리아에서는 피노 네로(Pinot Nero) 등으로 불린다.



피노 누아르

기본 향으로 복분자, 딸기, 체리, 크랜베리, 제비꽃, 장미, 퇴비 등이 있다.

### ④ 시라(Syrah)

프랑스 코트 뒤 론 지방의 주요 품종으로, 장기 숙성이 가능하고, 미디엄(Medium)에서 풀바디(Full Body)의 드라이 포도주용이다. 프랑스의 코트 뒤 론, 랑그도크루시용, 프로방스, 미국, 오스트레일리아, 남아프리카 등지에서 재배한다.



시라

복분자, 블랙베리, 블랙커런트, 고추, 가죽, 타르 등의 기본 향이 있다. 특히 오스트레일리아에서 인기 있는 포도 품종으로 쉬라즈(Shiraz), 허미티지(Hermitage) 등으로 불린다.

### ⑤ 가메(Gamay)

프랑스 보졸레, 루아르 지방에서 재배되고, 미국 캘리포니아, 스위스 등지에서도 재배된다. 미국에서는 나파가메이(Napa Gamay)라고 불린다.

부드럽고, 과일향이 풍부하며, 보졸레 누보 포도주의 주품종이다. 딸기, 체리, 배, 버블껌 등의 기본 향이 있다.

### ⑥ 그르나슈(Grenache)

프랑스 론 강의 계곡, 랑그도크루시용, 미국 캘리포니아, 오스트레일리아 등지에



서 재배한다. 스페인에서는 가르나차(Garnacha)라고 한다. 유명한 샤토뇌프 뒤 파프(Château Neuf du Pape)의 포도주에 주로 사용한다.

고추, 복분자, 풀, 아마씨 기름의 기본 향이 있다.

프랑스 보르도 남서부, 루아르 지방 등에서 재배되는 카베르네 프랑(Cabernet Franc)은 카베르네 소비뇽보다 타닌 함량이 적고 색깔이 옅다. 그 밖에 프랑스 코트 뒤 론, 랑그도크루시용, 프로방스에서 재배되는 카리냥(Carignan)과 프랑스 보르도와 남서부 지방에서 재배되는 말베크(Malbec) 등이 있다.

이탈리아 북부의 최고 포도 품종으로 피에몬테 지방의 최고급 포도주인 바롤로(Barolo), 바르바레스코(Barbaresco)의 주품종인 네비올로(Nebbiolo), 이탈리아 토스카나 지방에서 키안티(Chianti) 포도주를 만드는 중요한 품종인 산지오베제(Sangiovese)가 유명하다.

스페인 리오하 지방에서 재배되는 템프라니요(Tempranillo)는 딸기향, 매운향, 부드러운 버터향 등의 기본 향이 있다.

그 밖에 미국 캘리포니아의 주요 포도 품종으로 드라이하고 미디엄에서 풀바디의 포도주를 만드는 진판델(Zinfandel)이 있으며, 남아프리카에서 주로 재배되는 품종으로 피노 누아르와 생소(Cinsaut)를 교배하여 육성한 피노타주(Pinotage)가 있다.

국내에서는 생식용 품종인 캠벨얼리와 MBA를 재배해 포도주를 양조하거나 주로 주스용으로 이용되는 콩코드(Concord) 품종으로 만든 포도주를 수입해 판매하기도 한다.

## (2) 백포도주용 품종

### ① 샤르도네(Chardonnay)

프랑스 부르고뉴 지방의 백포도주용 품종으로, 세계적으로 유명한 샤블리(Chablis), 몽라셰(Montrachet), 뫼르소(Meursault), 푸이 뫼세(Pouilly-Fuissé) 등을 만드는 데 사용한다. 프랑스 상파뉴 지방의 블랑 드 블랑(Blanc de Blanc)은 100% 샤르도네를 사용한다.

미국 캘리포니아, 오스트레일리아, 이탈리아, 남아프리카, 뉴질랜드, 스페인 등지에서도 재배된다.



샤르도네

사과, 배, 감귤류, 멜론, 파인애플, 복숭아, 버터, 왁스, 꿀, 바닐라, 부싯돌 등의 기본 향이 있다.

## ② 리슬링(Riesling)

백포도주용으로 유명한 품종으로, 숙기는 9월 중순이고, 생육이 왕성하며, 탄저병에 약하다. 수량은 10 a당 2,000~2,200 kg이다.

독일 라인 지방, 이탈리아, 오스트리아, 오스트레일리아, 미국, 유럽 중부지역 등지에서 재배된다. 미국에서는 요하네스버그 리슬링, 오스트레일리아에서는 라인 리슬링으로 불린다.



리슬링

리슬링은 화이트 리슬링 또는 요하네스버그 리슬링이라 부르는 품종을 지칭하는 것이지만, 포도주 표기에는 그레이 리슬링, 프랑켄 리슬링, 에메랄드 리슬링 또는 미주리 리슬링 등으로 양조한 포도주도 리슬링이라 부르기도 한다.

녹색 사과, 구운 사과, 오렌지, 라임, 꿀, 석유, 토스트 등의 기본 향이 있다.

## ③ 소비뇽 블랑(Sauvignon Blanc)

고급 백포도주용 품종으로 숙기가 빠르고 생육이 왕성하지만 탄저병에는 약하다. 수량도 적은 편이나 최고급 포도주의 조합용으로 중요하다.

세미용 품종과 마찬가지로 프랑스 보르도의 주품종으로, 보르도 그라브 지방에서는 드라이 와인, 소테른에서는 스위트 와인을 만든다. 프랑스 루아르, 이탈리아, 미국, 칠레, 오스트레일리아, 남아프리카공화국, 뉴질랜드 등지에서도 재배된다.

풀, 고양이 오줌, 커런트 잎, 아스파라거스, 녹색 콩, 부싯돌의 기본 향이 있다.

## ④ 슈냉 블랑(Chenin Blanc)

프랑스 루아르 지방의 주품종으로, 미국 캘리포니아에서도 인기 있는 품종이다. 산미가 강하고 장기 숙성용으로 드라이 와인, 발포성 와인, 스위트 와인을 양조한다. 프랑스 루아르 지방의 앙주, 토렌느, 미국, 오스트레일리아, 남아프리카 등지에서도 재배된다.

프랑스 루아르의 부브레, 소뮈르에서는 발포성 와인을 만든다. 프랑스 루아르 지방에

서는 피노 드 라 루아르(Pineau de la Loire)라고도 한다.

사과, 살구, 건과류, 꿀 등의 기본 향이 있다.

#### ⑤ 뮐러트루가우(Müller-Thurgau)

독일에서 많이 재배되는 품종으로, 리슬링(Riesling)과 실바너(Sylvaner)의 교배종이다. 독일의 가이젠하임연구소에서 육성하였으며 상쾌한 쥐똥나무향이 있다.

프랑스 루아르, 독일 등지에서 재배되고, 스위스 발레 지역 최고 품종인 샤슬라(Chasselas), 프랑스 남서부 코냑·아르마냐크 지방, 미국 캘리포니아, 오스트레일리아, 남아프리카 등지에서 재배되는 콜롬바드(Colombard), 프랑스 론, 미국 캘리포니아 등지에서 재배되는 비오니에(Viognier) 품종 등이 있다.

이탈리아 키안티 지방 품종인 트레비아노(Trebbiano)는 소아베(Soave), 프라스카티 등을 만들고, 프랑스 샤랑트 지방에서는 생테밀리옹, 중부 지방에서는 위니 블랑(Ugni Blanc)이라 하는데, 코냑, 아르마냐크 등을 만든다.

실바너는 프랑스 알자스와 독일에서 재배하고, 클레레트(Clairette)는 프랑스 코트 뒤 론, 랑그도크루시옹, 프로방스 등지에서 재배된다.









CHAPTER 3

# 포도나무의 구조와 생리

영양 생장 / 생식 생장

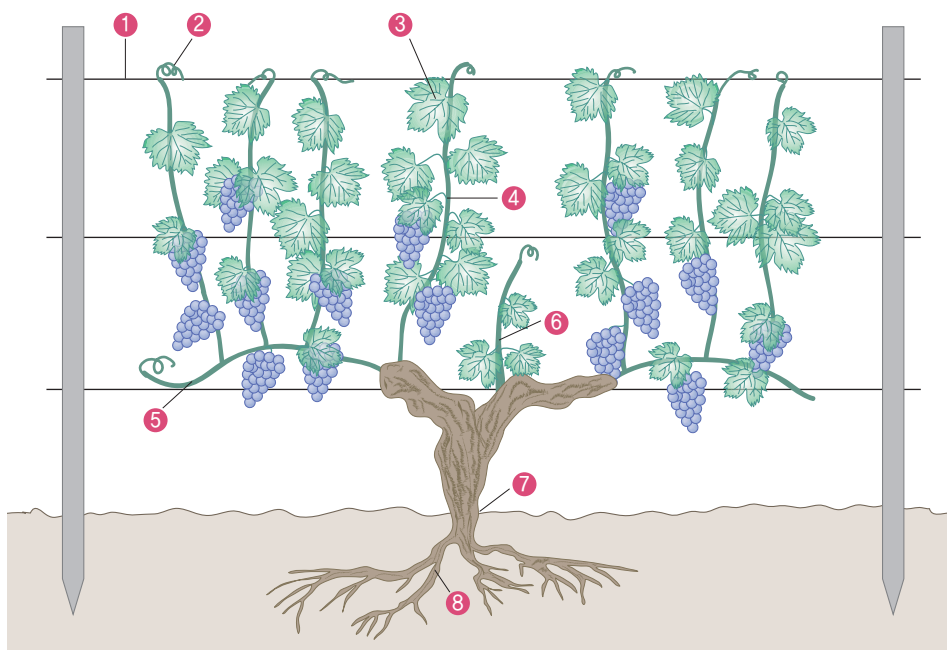


## 포도나무의 구조와 생리

포도나무는 다른 나무를 타고 오르는 덩굴성 식물로 주간(株幹)과 가지는 유연하며 나무로 지지되고 생장한다. 포도나무의 오르는 습성은 덩굴손 발생과 관련되며, 야생 포도는 20~20m 높이까지 올라가기도 한다. 중동 지역에서는 포도나무가 가끔 지면 위를 따라 자라지만, 유럽의 일반적인 포도 재배는 서 있는 소 관목(Goblet 수형) 형태나 지주(支柱) 위에 놓여 전정한 형태에 기초를 둔다. 로마 시대에는 지주로 살아 있는 포플러나무를 이용했는데, 이런 전정 형태가 북부 이탈리아에 아직도 남아 있다. 기계화된 포도나무의 수형도 디자인이 다양한 지주와 철선을 이용한 봉(棚)의 형태(post and wire trellise)로 전정한다(그림 3-1).

포도나무는 작은 포도송이(bunch)를 다수 생산하므로, 송이 수를 줄이고 송이나 알은 크게 하여 과실 품질을 높이기 위해 강하게 전정하기도 한다. 포도나무는 전정을 하면 다시 잘 성장하여 신초가 많이 자라고 나무를 해마다 새롭게 하는 뛰어난 능력을 가지고 있다.

포도나무는 잘 관리하면 오랫동안 생산이 가능하며, 영국에는 1769년에 심어 250년이 지난 포도나무가 있으나 상업적으로 40년 이상 된 포도나무는 거의 없다.



- ① 지주 철선(울타리형)    ② 덩굴손    ③ 잎    ④ 1년생 가지(新梢, shoot, 결과지, 송이가 달림)  
 ⑤ 2년생 가지(결과모지, bearing mother branch)    ⑥ 흡지(吸枝)    ⑦ 접목 부위    ⑧ 뿌리 시스템

그림 3-1 포도나무의 구조

## 1. 영양 생장

### 1) 신초의 생장

포도나무의 유년기(juvenile phase)는 짧으며, 정단 분열조직(apical meristem)으로 6~10개의 잎을 생산한 뒤 성목으로 빠르게 변한다. 변환기의 잎차례(phyllotaxy)는 나선형(spiral)보다는 2열(distichous, two ranked)로 된다. 다시 말하면, 잎은 신초가 유년기의 환상 대칭(radially symmetrical)보다 양쪽 대칭으로 되어 줄기의 서로 반대편에 생긴다.

줄기의 액아(axillary bud) 구조에도 변화가 있는데, 첫 번째 군엽(群葉, foliage leaf)에 근접한 전출엽(prophyll)이 있다. 가장 중요한 것은 줄기에서 잎 반대편에 덩굴손이 생긴다는 것이다. 덩굴손은 생식적인 성숙과 무관하게 감아 올라가는 습성이 있다.

포도 재배종이나 그 근연종은 덩굴손이 불연속적으로 형성된다. 덩굴손의 세 번째 마디는 덩굴손 없이 반복성 있는 생성 패턴을 보인다. 첫 번째 덩굴손을 가진 마디에서 시작해서, ‘덩굴손, 덩굴손, 덩굴손 없음, 덩굴손, 덩굴손, 덩굴손 없음’ 등의 패턴을 따른다. 연속적인 주기에서 덩굴손이 없는 것은 줄기의 반대쪽에 발생된다(그림 3-2).

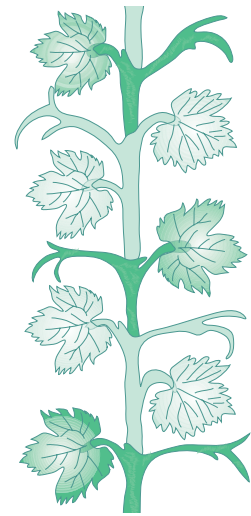


그림 3-2 포도 성목의 줄기

## 2) 뿌리의 생장

포도나무는 지중해 또는 반건조(semi-arid) 기후에 덜 비옥하고 석회성이 높거나 염기성인 토양에서 재배된다. 포도나무의 뿌리 시스템은 수분 스트레스, 침수, 이온의 불균형과 독성 이온과 싸워야 한다. 포도나무의 저항성(hardiness)은 무산소증(anoxia) 극복, 3 m 이상 깊이의 토양층(profile)을 통과하는 능력, 새 뿌리를 만들고 유기산을 포함한 유기양분을 저장하는 능력, 토양 미생물과의 관계 같은 뿌리 시스템의 특성에 따라 존 제한한다.

뿌리 시스템의 형성은 번식 방식에 영향을 받는다. 이를테면, 종자에서 자란 식물은 주요 축(major axis)을 가진 주근 시스템(tap-root system)에서 2차 근을 발생시키는 형태이다.

포도를 상업적으로 재배하려면 클론 재배종에 기초를 두고 삼목 또는 접목으로 번식시켜야 한다. 이 경우 뿌리 시스템은 여러 등급이 있는데, 6~100 mm 지름의 주근(main framework root)은 지표면에서 30~35 cm 깊이에서 존재하며, 뿌리 수는 재식 3년 뒤 일정하게 된다.

2~6 mm 지름의 작은 영구근은 주근에서 유래하는데, 수평으로 자라거나 아래로 자라기도 한다. 이런 뿌리들에서 섬유 또는 흡수근을 생산하기 위해 뿌리치기를 반복적으로 지속한다.

이 뿌리들은 수명이 짧고 지속적으로 새로운 측근(lateral root)으로 대체된다. Sinker 뿌리들은 매우 깊게 뚫고 내려가지만, 근군(root mass)을 주로 차지하는 뿌리털(fibrous root)은 품종, 토양 유형, 수령에 따라 20~50 cm 깊이에서 주로 발견된다(그림 3-3).



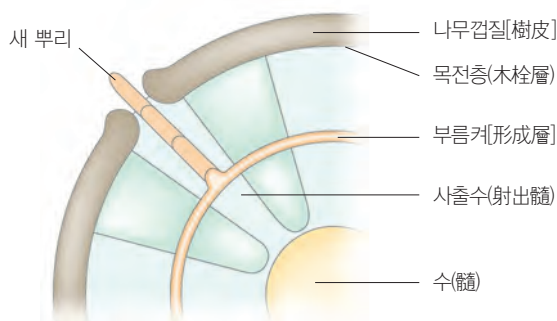


그림 3-3 포도나무 수염뿌리의 형성

### 3) 잎의 생장

새로 형성된 잎은 엽신(lamina), 엽병(petiole), 한 쌍의 탁엽(stipule)으로 구성된다. 탁엽의 구조는 엽흔(leaf trace)이 부족하고 수명이 짧다. 엽신 내의 반복적인 가지치기로 잎의 특징인 엽맥(palmate venation)이 만들어진다. 잎의 가장자리(葉緣, leaf margin)는 톱니모양인데, 이는 배수조직(水孔, hydathode)으로 수분 분비선(water-excreting gland)에서 끝난다. 외피(epidermis)의 윗면은 기공이 거의 없으나 잘 분화된 상표피(epicuticular) 왁스층을 갖고 있다. 이 왁스층은 부드러운 왁스의 소판(platelet)으로 구성되어 있으며, 단단하거나 부드러운 과실의 상표피 왁스와는 화학적 구성이 다르다.

울타리조직(palisade tissue)은 많은 엽록체(chloroplast)를 포함하는 한 층의 세포로 되어 있고, 갯숨조직(spongy tissue)은 작은 엽록체와 공극을 가진 세포로 되어 있다(그림 3-4).

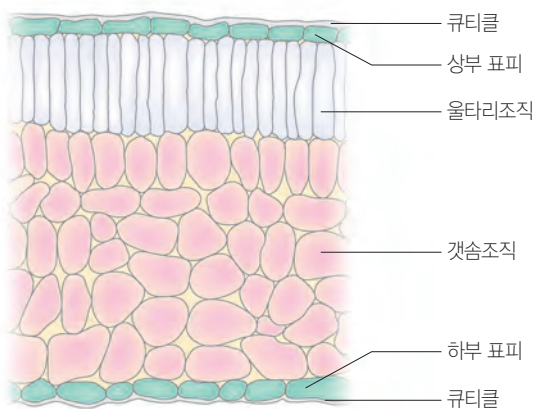


그림 3-4 포도잎의 단면도

## 2. 생식 생장

### 1) 꽃눈 분화

꽃눈 분화는 개화 전에 시작하여 수확기까지 계속되는데, 분화기는 품종, 지역 그리고 새 가지 위에서도 마디에 따라 달라진다. 새 가지의 각 마디에 있는 겨드랑이 눈에서는 5월 중·하순경부터 꽃눈이 분화되는데, 가장 빨리 분화되는 것은 밑부분에서 2~3번째 마디의 겨드랑이 눈이다. 꽃눈 분화 징후는 제1차 꽃송이의 돌기가 형성되는 것으로 알 수 있는데, 10~20일 간격으로 제2차 꽃송이, 제3차 꽃송이가 형성된다.

꽃송이의 시원체가 겨울까지 형성되나 꽃송이 위의 꽃들은 이듬해 봄 발아기 이후에 발달한다. 꽃눈의 분화에 영향을 미치는 요인으로서는 수세, 잎 면적, 일조, 온도 등이 있는데, 질소 과다나 과도한 생장은 꽃눈 분화를 억제하므로 적당한 잎 면적의 확보가 중요하다. 꽃눈의 분화에는 광도만 중요한 것이 아니라 광량(일조기간)도 중요한데, 30℃ 전후에서 분화가 촉진된다.

### 2) 개화

개화기가 되면 포도나무 꽃들은 꽃부리[花冠]가 수술대에 의해 밑부분에서 위로 떠받쳐져서 낙하하고 수술과 암술이 노출된다(그림 3-5). 이것이 개화인데, 보통 발아한 지 약 8주 후가 되나 그 시기는 기후에 따라 다르다. 날씨가 따뜻하고 청명하면 개화가 빨라지지만 서늘하고 비가 많으면 개화가 지연된다. 개화 기간은 기

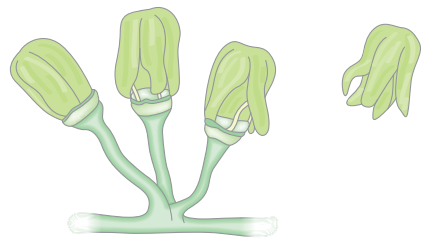


그림 3-5 포도꽃의 개화 진행 과정

후, 품종에 따라 그리고 해마다 다르고 한 나무의 동일한 꽃송이에서도 며칠 동안 계속 되는데, 만개기는 보통 꽃부리가 50% 탈락한 시기를 말한다.

포도나무의 개화 시각은 일반적으로 오전 6~9시이지만, 때로는 오후 2~4시에 개화하기도 한다. 포도나무 개화에는 20℃ 전후의 온도가 필요하며, 캠벨얼리, 텔라웨어 등의 품종은 17℃ 이상, 유럽종 포도는 더 높은 온도가 필요하다.

### 3) 가루받이, 정반이, 착립

꽃부리가 탈락할 때 꽃밥[葯]으로부터 꽃가루가 방출되어 가루받이[受粉]가 되는데, 암술머리에 떨어진 꽃가루[花粉]는 발아하게 된다. 암술머리에서 아래로 신장하는 꽃가루관[花粉管]은 배낭(胚囊)까지 통로 역할을 하며, 정핵(精核) 2개가 배낭에 도달하는데, 하나의 정핵이 난세포와 결합하여 접합체[胚植物體]가 된다. 포도는 대부분 자가화합성(自家化性)으로 자가수정(自家受精)을 한다.

개화 후 포도송이에서 탈락하지 않은 포도알은 착립되었다고 한다. 착립이란 정반이[受精] 직후의 과실 발달 초기 단계를 말하는데, 이때 씨방 벽의 급속한 생장으로 착립된 포도알은 열매자루에서 이층 발달이 억제된다. 착립률은 해마다 다르고, 품종에 따라 서로 그 변이가 크다. 착립과 과실의 발육은 오옥신, 지베렐린, 사이토키닌(cytokinin), 에틸렌, ABA(abscisic acid) 같은 내생 호르몬의 상호작용으로 조절된다.

### 4) 포도알의 발달

#### (1) 포도알의 생장곡선

씨 있는[有核] 포도 품종의 과립 체적을 개화기로부터 시기별로 그려 보면 이중 S자 곡선을 보인다(그림 3-6).

생장이 활발한 두 시기 사이에 생장이 아주 느리거나 전혀 성장하지 않는 기간이 있어, 생육의 3단계는 명확히 구분된다. 제1기는 세포 분열기로 씨방의 생장이 빠르고, 배와 배젖을 제외한 내용물도 빠른 속도로 발달하는데, 이 기간은 5~7주 계속된다. 제2기는 포도알의 비대가 정체되는 시기로 꽃이 진 후 30~40일경이 되는데, 씨방 벽은 완만하게 성장하고, 배와 배젖이 급속히 성장하여 내과피의 목질화, 즉 종자가 딱딱해지는 시기여서 경핵기(硬核期)라고도 한다. 이 기간은 보통 2~4주 지속된다.

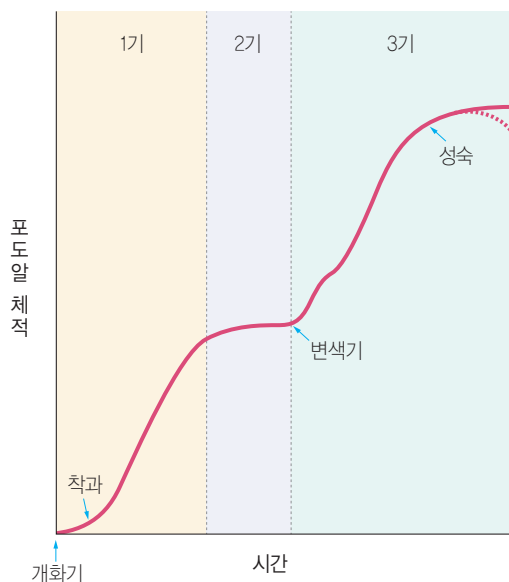


그림 3-6 포도알 생장의 이중 S자 곡선

제3기에는 중과피의 생장이 빠르며, 그 결과 성숙기에 포도알의 마지막 비대가 일어난다. 이 기간은 대개 5~8주로, 씨 없는 포도에서는 이 단계의 구분이 명확하지 않거나 없기도 하다.

## (2) 포도알의 생육 단계

녹과기(綠果期)는 착립부터 포도알의 착색과 연화가 시작되는 변색기(變色期)까지인데, 변색기는 제3기가 시작되는 것이다. 포도알의 크기는 유핵 품종의 제2단계를 제외하면 급속히 증가한다. 포도알은 당 함량은 낮고 산 함량은 높은 상태를 유지하면서 단단해진다. 과당(fructose)보다는 자당(sucrose) 함량이 더 많으며, 사과산과 주석산이 최고 수준까지 증가한다.

성숙기(成熟期)는 변색기에 시작하여 완숙기(完熟期)까지 계속된다. 변색기에는 청포도 계통에서는 녹색이 황색이나 황백색으로 변하면서 과육이 투명하게 보이기 시작하고, 적포도 계통에서는 착색과 과육의 연화가 시작된다. 이 기간에 포도알의 신진 대사가 산 축적 기관에서 당 축적 기관으로 급격히 전환된다. 성숙이 진전되면서 착색계 품종의 열매 겹질 색깔은 더욱 진해지고, 녹색은 연해지며, 연화는 계속된다. 당 함량의 증가, 산 함량의 감소, 포도알 비대는 이 기간에 급속히 진전된다.

일단 완숙기에 이르면 이들 변화는 완만해진다. 한 송이에서는 밑부분의 포도알부터 성숙하기 시작한다. 완숙기가 지나면 과숙기(過熟期)가 오는데, 당은 더 증가하지 않고 산은 감소한다. 또 부패균의 침해를 받기 쉽고, 수분의 일실로 위조되며, 탈립도 증가한다. 과당은 때로는 증가하는 반면 자당은 감소하거나 그대로 있다.

## 5) 양분의 축적

줄기와 뿌리에 저장되어 있던 양분은 포도가 생장하기 시작하면 바로 사용되어 착립기까지 저장 양분이 급격히 줄어든다. 이 시기에 새 가지의 생장은 느려지고, 새 가지 안에 탄수화물 축적량이 늘어난다. 새 가지의 생장이 거의 정지되고 포도알의 생장도 느려지면 탄수화물 증가율은 더욱 커진다. 늦가을까지는 가지와 뿌리의 저장 양분이 보충되어 처음 수준으로 된다.

포도나무에서는 양분이 주로 뿌리에 저장되지만, 탄수화물은 원줄기, 원가지, 포도알



에서도 발견된다. 저장된 양분은 주로 전분과 당분인데, 휴면기에는 탄수화물이 당 형태로 저장된다. 광합성으로 생산된 당은 단백질, 지방, 그리고 다른 탄수화물로 변화되어 이용되기도 한다. 저장된 양분이 부족한 포도나무는 동해를 입기 쉬우며, 이듬해에 축적시켜 나무를 충실하게 만들어야 한다.

포도나무에 탄수화물(주로 전분)과 무기영양분(mineral nutrient)이 저장 물질로 저장된다. 저장해놓은 탄수화물은 최근 형성된 광합성 물질이 없는 야간이나 가을에 잎이 떨어진 뒤 사용한다. 질소, 칼륨 같은 성분은 저장기관에서 봄에 광물질로 흡수되기 전 또는 양분 결핍 환경에서 생장점으로 다시 이동한다.

## 6) 포도알의 성분 변화

포도알에는 탄수화물이 많이 들어 있고, 당, 유기산, 비타민, 단백질, 아미노산, 무기 원소가 고루 들어 있어 포도는 열량식품이라기보다 중요한 보건의료식품이다(표 3-1).

표 3-1 포도알의 성분 조성

| 주성분                |    | 함량(%)     | 비고          |
|--------------------|----|-----------|-------------|
| 수분                 |    | 70~80     | —           |
| 탄수화물               |    | 15~25     | —           |
| 자당(sucrose)        |    | 8~13      | —           |
| 과당(fructose)       |    | 7~12      | —           |
| 유기산(organic acid)  |    | 0.3~1.5   | —           |
| 주석산(tartaric acid) |    | 0.2~1.0   | —           |
| 사과산(malic acid)    |    | 0.1~0.8   | —           |
| 구연산(citric acid)   |    | 0.01~0.05 | —           |
| 타닌                 |    | 0.01~0.10 | 카테콜, 카페인산 등 |
| 질소 화합물             |    | 0.03~0.17 | 단백질, 아미노산 등 |
| 무기원소               |    | 0.3~0.6   | 14종         |
| 비타민                | B군 | 미량        | —           |
|                    | C군 | 미량        | —           |
| 휘발성 방향분            |    | 미량        | —           |
| 색소                 |    | 미량        | —           |

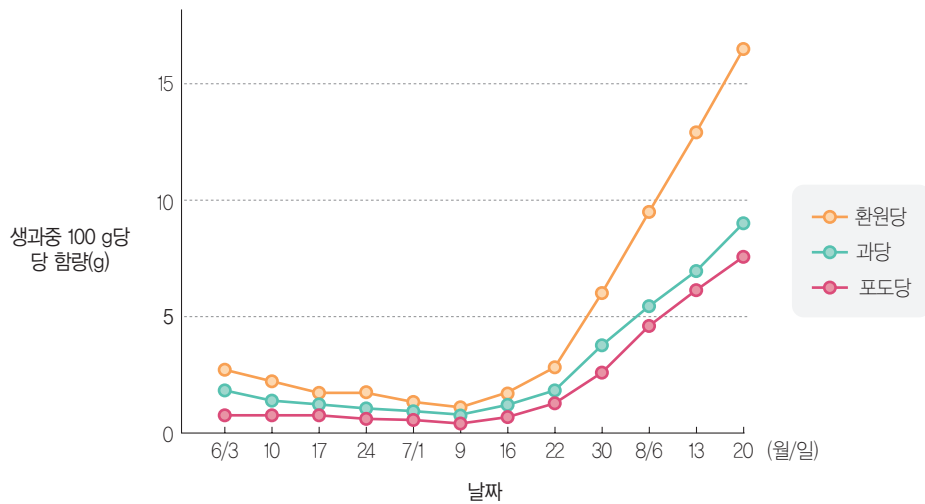


그림 3-7 포도알 발육에 따른 당 함량 변화

포도나무의 잎에서 포도알로 전류된 당은 주로 자당으로, 포도알 안에서 과당과 포도당으로 가수분해된다. 포도알의 당은 대부분 포도당과 과당인데, 이는 수확할 때 포도알 무게의 12~27%에 이른다. 그래서 식후나 간식으로 포도를 먹으면 당 섭취에 따른 피로 해소 효과가 크다. 포도알 비대 초기에는 당 함량이 생체중의 2% 미만으로 낮으나, 성숙기가 되면 당 함량은 급격히 증가한다(그림 3-7).

포도알의 당은 대부분 잎에서 합성된다. 포도송이당 잎 면적이 한계치에 미달하면 포도알의 발육이 나빠지고 송이 크기가 작아지며, 당 함량과 산 함량이 낮아져 품질이 떨어진다. 또 숙기도 늦어지고 착색도 잘 안 된다. 이 한계치는 포도알 1 g당 10 m<sup>2</sup>로, 보통 크기의 포도송이라면 22~26장의 잎에 해당한다.

잎에서 합성된 당은 발육 초기에는 주로 생장에 쓰이다가 잎의 수가 많아지고 잎 면적이 넓어지면 여분의 당이 잎과 그 밖의 목질부 조직에 쌓인다. 포도알이 완전한 크기의 1/2~3/4에 이르면 잎과 그 밖의 조직에 저장되어 있던 당이 포도알에 축적된다.

잎 외의 주요 저장 조직으로는 원줄기와 원가지가 있는데, 이들 조직에서 포도알 내로 전류되는 당이 총 당량의 40%에 이를 수도 있다. 포도의 당은 대부분 포도당과 과당인데, 이는 수확할 때 포도알 무게의 12~27%에 이른다. 포도알의 포도당과 과당의 비율은 착립부터 성숙기까지 변화가 크다. 일반적으로, 포도알 발육 초기 단계에는 포도당

함량이 더 많으나, 성숙기 후반부터 완숙기까지는 포도당과 과당의 함량이 거의 같아지고, 과숙되면 과당 함량이 포도당을 앞지르게 된다. 포도의 주요 산은 주석산과 사과산으로, 총산 함량의 90% 이상을 차지한다. 이 밖에도 구연산 외에 20여 종의 유기산이 더 들어 있으나 아주 소량이다.

산 함량은 품종, 기후 및 해에 따라 다른데, 대개 주석산으로 0.3~1.2%이다. 사과산을 비교적 많이 함유한 품종으로는 카리냥, 슈냉블랑, 말베크, 피노 누아르, 진판텔 등이 있고, 주석산이 많은 품종으로는 샤슬라 도레, 세미용, 톰슨 시들레스, 리슬링 등이 있다.

사과산과 주석산은 잎과 과실에서 합성되며, 잎에서 합성된 산은 과실로 전류된다. 생육이 진전됨에 따라 사과산, 주석산 등의 유기산 함량은 줄어들게 된다(그림 3-8).

산 함량에 영향을 미치는 가장 중요한 환경 요인은 온도인데, 일반적으로 기후가 서늘한 지역이나 같은 지역이라도 기온이 낮은 해에는 산 함량이 높아진다. 생육 후기에 기온이 높으면 사과산 함량은 급격히 줄어들지만 주석산은 크게 영향을 받지 않는다. 또 성숙이 진전됨에 따라 프로토 펙틴(proto pectin)이 펙틴(pectin)으로 변하고, 세포의 중간 박막층(middle lamella) 내의 펙트산염(pectate)이 소실되어 과육이 연화된다.

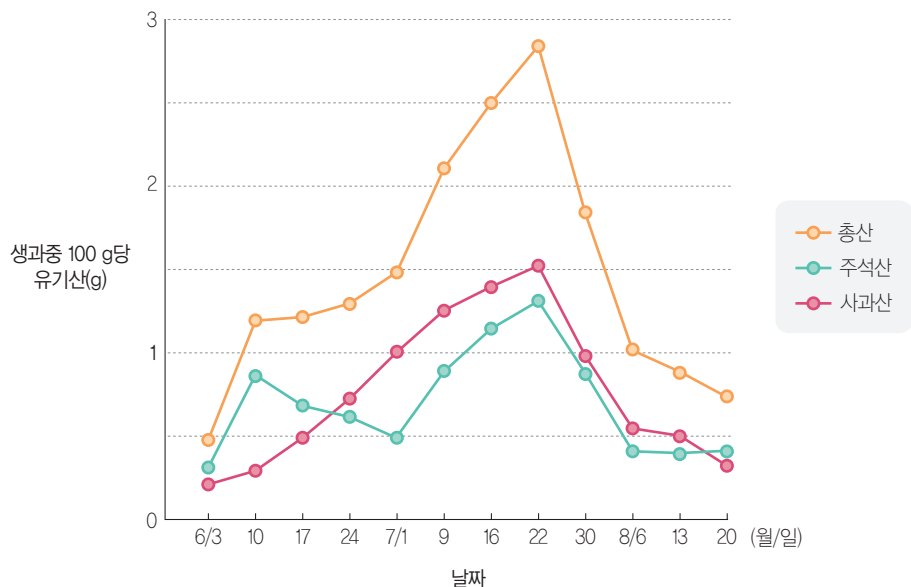


그림 3-8 포도알의 발육에 따른 유기산 함량 변화

## 7) 착색

변색기는 포도알 생육에서 제3기가 시작되는 시기로, 비착색 품종은 포도알이 투명 해지면서 황백색을 띠게 되고, 검은색과 붉은색 품종에서는 착색이 시작된다. 포도알의 과육은 연녹색이거나 담황색이지만, 껍질에 함유되어 있는 색소는 액포 내에 존재하고, 열매 껍질 세포의 외층 3~4층에 한정되어 있으며, 성숙함에 따라 생성량이 증가하여 착색도가 높아지게 된다. 알리칸트 부셰(Alicante Bouschet)처럼 착색이 깊은 품종에서는 열매 껍질과 과육의 즙액이 착색된다.

착색 정도는 품종, 속도, 기후 조건, 수량에 따라 달라진다. 황색종에서는 열매 껍질의 외층에 있는 카로틴과 잔토피에 의해 포도알이 황색 또는 등황색을 띠고, 적색종, 흑색 종 포도의 착색은 안토시아닌 색소에 의한다. 포도의 착색은 당분 함량과 특히 밀접

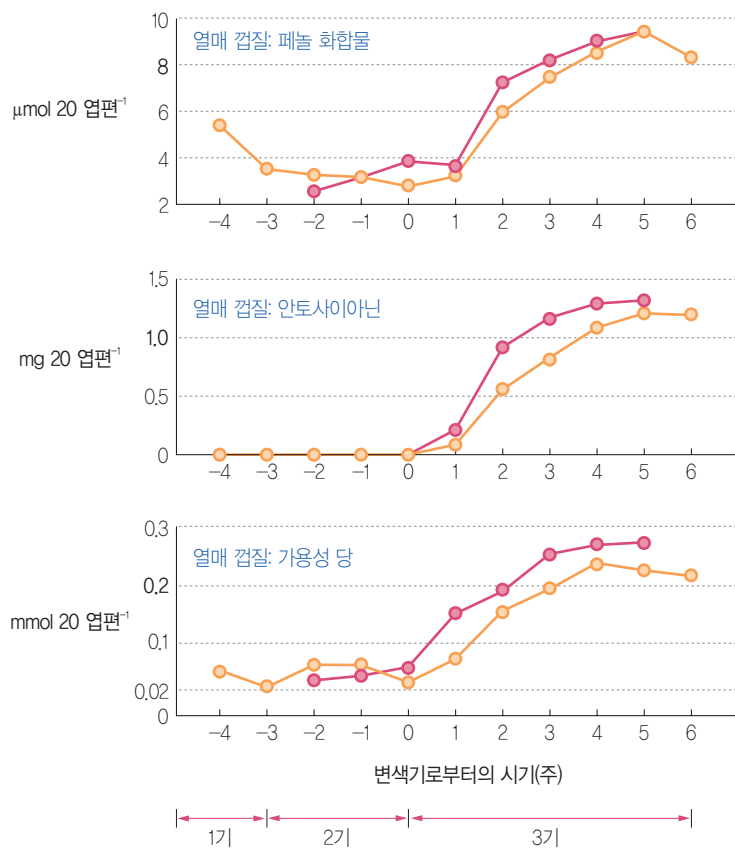


그림 3-9 서로 다른 지역에서의 포도알의 표피에 함유된 당, 안토시아닌, 페놀 화합물 함량의 변화



한 관계가 있는데, 함량이 높으면 진하게 착색된다(그림 3-9).

착색은 일광, 온도, 토양 수분, 영양 등과 같은 환경적 요인과 잎 면적, 수량 등 생리적·재배적 요인에 영향을 받는다. 환경 요인 중 가장 중요한 것은 온도인데, 일반적으로 서늘한 기후에서 일교차가 클 때 착색이 잘된다. 고온이거나 특히 밤 온도가 높으면 착색이 나빠진다.

낮에는 15~25℃, 밤에는 10~20℃가 착색에 가장 적당한 온도 범위이다. 적색종이나 흑색종 중에는 포도알의 착색에 직사광선이 필요한 직광 착색 품종과 산광에 의해 착색이 잘되는 산광 착색 품종이 있다. 일조는 중요한 요인으로, 일조량이 많을 때 착색이 잘된다. 질소를 과다 시용하면 착색이 나빠지며, 건조한 기후 조건에서 착색이 잘된다고 한다. 적정 잎 면적의 확보와 과도하지 않은 착과량 유지도 중요하다.







The background image is a high-angle, wide shot of a lush green vineyard. The rows of grapevines are terraced across a hillside. In the middle ground, a traditional stone house with a tiled roof sits on a small patch of grass. A dirt path winds through the vineyard. In the far distance, rolling hills and a small town are visible under a clear blue sky.

## CHAPTER 4

# 과수의 재배 환경

과수 재배에 적합한 환경 조건 / 포도 재배를 제한하는  
환경 조건 / 포도의 개화에 영향을 주는 환경 요인



## 과수의 재배 환경

### 1. 과수 재배에 적합한 환경 조건

#### 1) 일반 환경

지구 북반구에서 과수 재배에 적합한 지대인 위도 30~50도에 있는 나라들은 유럽 지역 대부분, 일본·중국의 중부와 북부, 만주·몽골 등 아시아, 북아프리카, 중앙아시아 대부분, 구소련 남부, 미국, 남부 캐나다 등지이고, 남반구에서는 남아메리카 남부, 남아프리카 끝 부분, 오스트레일리아 남부, 뉴질랜드 등지이다(그림 4-1).

위도가 35도보다 낮은 적도에 가까운 지역에서는 저온 요구도가 작은 과수를 재배하든지, 아니면 휴면 타파에 필요한 겨울철 저온을 유지하기 위하여 고지대에서 과수를 재배해야 한다. 이와 같은 지역으로는 오스트레일리아 북부, 남아프리카, 북아프리카, 소아시아, 중국의 남부, 인도, 멕시코, 미국 남부, 그리고 남아메리카 북부 등지를 들 수 있다. 낙엽과수(落葉果樹)는 온대 지역에서 가장 잘 자라지만 건조한 기후가 적합한지 다습한 기후가 적합한지는 과수별로 필요한 특별한 환경과 재배자가 과수 재배를 위해 자연 환경을 어느 정도까지 조절할 수 있느냐에 달려 있다.



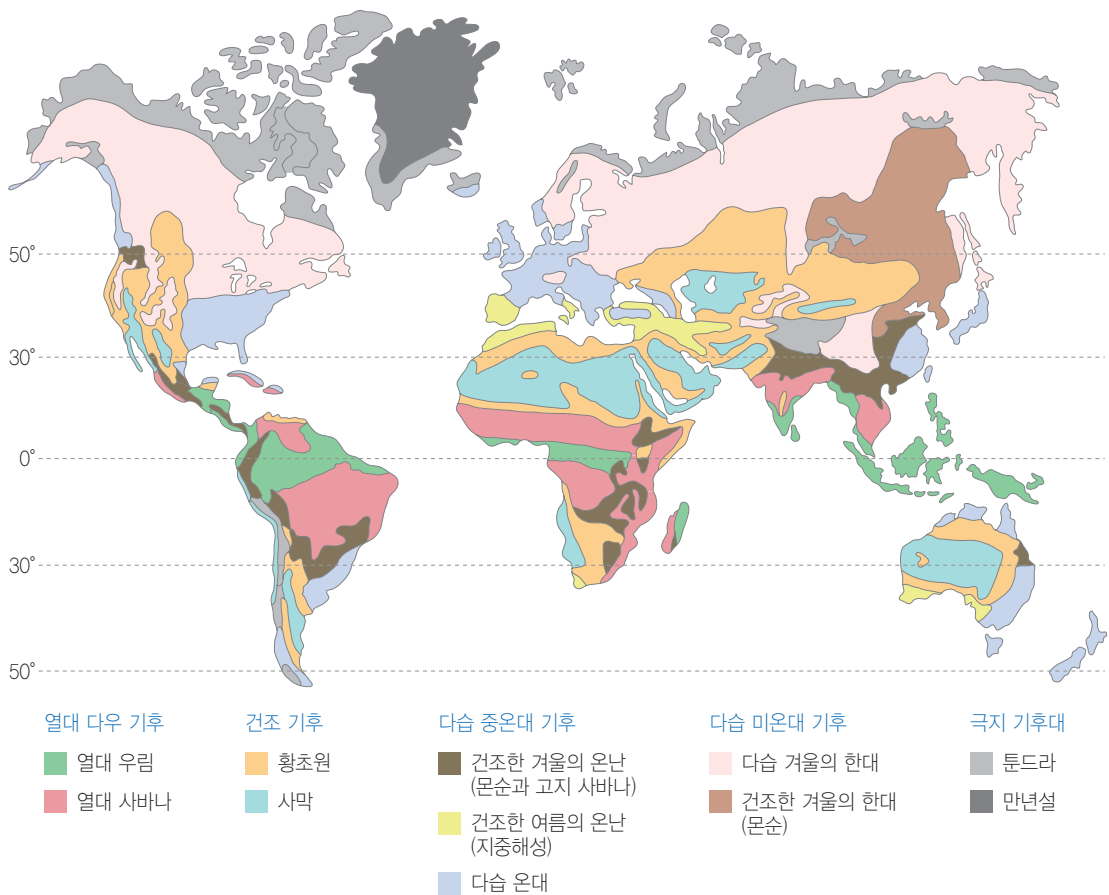


그림 4-1 세계의 주요 기후대

## 2) 계절적 변화

온대 낙엽과수는 계절 변화에 다양하게 반응하는데, 식물체가 기후에 잘 적응하면서 살 수 있게 생리적 변화가 일어난다. 과수는 봄철 늦서리 위험이 지난 뒤 개화하고 생장한다. 늦서리 피해를 방지하는 데 과수원의 위치 선정이 중요하지만 적합한 수종과 품종의 선택도 중요하다.

유목은 여름 동안 생장을 계속하다가 가을이 되면 생장을 멈추지만, 성목은 초여름에 대부분 생장하고 남은 기간에는 뿌리와 과실 등이 주로 생장한다. 가을이 되면 생장을 멈추고 낙엽이 되며 내한성도 생기게 된다. 이와 같이 여름에서 겨울로 전이되면서 겨울철 휴면을 유도한다.

내재휴면(內在休眠, endodormancy) 중인 식물체는 생장에 적합한 환경에 두어도 생장하지 않는다. 이는 겨울철 저온에 자연적으로 타파되는데, 저온 요구도(低溫要求度)는 종(種)이나 영양계(營養系, clone)에 따라 다르다. 많은 식물에게 적당한 저온은 5℃ 부근이지만, 어떤 식물은 저온이 이보다 낮거나 높다. 오히려 0℃보다 훨씬 낮은 온도에 휴면타파에 효과가 없다. 이는 생장촉진물질과 생장억제물질의 균형을 깨뜨려 봄철에 발아를 일으키는 어떤 효소반응(酵素反應)이 영상의 온도 조건에서 일어난다는 것을 의미한다. 춥고 겨울철에 기온 변동이 심한 중위도에서 자라는 식물들은 저온 요구도가 가장 높다.

### 3) 위도

적도에서 북극 또는 남극으로 갈수록 겨울은 점점 더 추워지고 길어지는 반면, 여름은 시원해지고 짧아진다. 마찬가지로 위도가 높을수록 여름의 낮은 더 길어지고 겨울의 낮은 더 짧아진다. 과수 같은 목본성 식물(木本性植物)이 생존하고 결실하기 위해서는 유전적으로 그 위도에 적응되어야 한다.

### 4) 고도

일시적인 온도의 역전이나 수역(水域)의 영향으로 고도의 효과가 줄어드는 경우를 제외하면, 같은 위도에서는 고도가 높은 곳이 낮은 곳보다 더 춥다. 어떤 온대과수의 경우 저위도 지역에서는 눈의 휴면을 타파하기 위한 저온 요구도가 충족되는 고지대에서만 재배할 수 있다. 그러나 저위도의 높은 고도는 꽃눈 분화나 낙엽 후 휴면에 들어가는 데 어떤 종들에게 요구되는 일장의 변화를 주지 못한다.

### 5) 햇빛

햇빛은 식물의 광합성뿐만 아니라 다른 작용에도 필요하다. 햇빛 쪽으로 새 가지가 휘는 가지의 굴광성(屈光性, phototropism)은 식물 형태와 기능에 큰 영향을 미친다. 또 자외선을 많이 가지고 있는 강한 빛은 식물을 왜화(矮化)하며, 적색 광이 더 많은 저광

도(低光度) 빛은 식물을 길고 가늘게 자라게 한다. 그리고 빛이 없으면 황화현상(黃化現象, etiolation)이 나타난다. 일장(日長)은 몇몇 종에서 영양생장(營養生長)의 정지와 꽃눈 분화를 조절한다. 예를 들면, 딸기는 낮이 한계값보다 짧은 단일조건에서 꽃눈을 분화시키지만 낮이 한계값보다 긴 장일조건에서는 영양생장을 한다.

빛이 끼치는 다른 영향으로는 과실의 착색, 종자의 발아 등을 들 수 있다. 야외에서는 햇빛의 강도가 세짐에 따라 온도가 올라가므로 빛과 온도의 효과를 쉽게 분리할 수 없으나 어떤 반응은 빛에만 기인한다고 알려져 있다. 사과 같은 과실에서 안토시아닌 색소가 합성되려면 과피(果皮)에 직사광선이 닿아야 한다. 어떤 종의 종자가 발아하기 위해서는 주로 적색 파장의 빛이 필요하다.

## 6) 온도

식물의 생장 과정은 매우 다양하고 복잡하며, 적합한 온도도 각 과정과 조직에 따라 다르다. 예를 들면, 뿌리의 생장 적온은 줄기의 생장 적온보다 낮다. 살아가는 과정에 생물 에너지를 공급해주는 세포 호흡(細胞呼吸)은 온도가 올라감에 따라 증가한다. 이와 같이 상황에 따라 과수 재배자들에게 유리할 수도 있고 불리할 수도 있다.

온도는 식물의 생태와 생존에 영향을 준다. 적당한 고온은 과실의 발육과 성숙에 도움이 되지만, 수확 후에는 과실의 호흡을 줄여 저장력을 높이기 위해 저온에 저장한다. 식물은 계절과 일주기(日週期)를 통하여 여러 온도와 접하게 되고, 각 기관은 같은 시간에 다른 온도일 수 있다. 여름철 낮 동안 뿌리 온도는 다른 기관들의 온도보다 낮으며, 일반적으로 땅에 그늘이 지지 않는 한 지표면 온도는 가 지나 잎의 온도보다 높다. 밤에는 지표면에 가까운 부위가 식물체 중 가장 냉각된다.

## 7) 생물체 내의 수분

생물은 대부분 70~90%가 물로 되어 있다. 물은 광합성의 기본적 에너지 저장 반응에 관여한다. 지구 표면의 3/4 이상이 물로 덮여 있어 기후에 가장 큰 영향을 준다. 물의 높은 비열과 열전도성은 생물체 내에서 열 분배를 가능하게 하고, 원형질(原形質)을 파괴할지도 모를 급격한 온도 변화를 막아주는 작용을 한다.



물 흐름의 저항성인 점성은 온도에 따라 변이가 매우 크고, 0℃에서는 25℃일 때의 두 배나 된다. 식물체가 토양에서 찬물을 흡수하게 되는 봄철에는 더 따뜻할 때보다 물이 통도조직(通導組織) 속을 더욱 느리게 움직인다. 이러한 이유로, 토양이 차고 대기 중의 증발력이 높은 이른 봄에 증산에 의한 엽소현상이 일어날 수 있다.

뿌리로 흡수된 수분은 피층을 통하여 목부 도관으로 이동되고, 거기서 잎 숨구멍의 증발산에 의한 흡인력에 이끌려 위로 올라가게 된다. 물의 높은 내부 응집력은 식물체 내의 수분 이동에 매우 중요한 역할을 한다. 동식물체 내의 물은 지방, 단백질, 탄수화물, 무기물과 마찬가지로 생명의 본질적 특성에 기여한다. 물은 모든 대사과정이 일어나는 주된 매체이다. 물은 이온을 세포로, 그리고 세포로부터 이온을 이동시키는 담체로뿐만 아니라 산·염기의 균형에도 관여하며, 과실의 생장, 잎의 줄기의 방향성, 그리고 초본성 식물의 지지에 필요한 세포 팽압도 유지시킨다. 이들 특성은 동해와 열로부터 식물을 보호하며, 많은 생물학적 과정을 조정하는 데 필요하다.

## 2. 포도 재배를 제한하는 환경 조건

### 1) 포도 재배에 적합한 기상과 지역 조건

비티스 비니페라 포도종은 온대기후 종으로, 과실이 성숙하는 데 높은 온도가 필요하며 추위에는 약하다. 그러므로 이 종은 온도가 10~20℃인 북위 30~50도, 남위 30~40도 지역이 주요 재배 지역이다. 이런 구역 내에서도 산, 토지, 물, 해류에 의한 기상학적 차이가 포도밭 분포에 영향을 준다. 예를 들면, 페루의 포도원은 해안 지역에 있어 홀볼트 해류의 영향을 받는 남위 12~15도의 더운 지역에서도 포도나무가 자란다. 서유럽의 기상에 좋은 영향을 주는 걸프 해류는 북위 50~51도의 독일 라인과 모젤의 남쪽, 서쪽의 경사지에서도 포도를 재배할 수 있게 해준다. 남반부는 물이 많아 북반부보다 추운데, 칠레와 뉴질랜드의 포도 재배 한계는 남위 40도이다. 남한계는 뉴질랜드의 남섬으로 남위 45도이다. 적도는 엄청난 고온에 겨울 추위와 물 부족으로 포도 재배에 제한이 있다.

포도는 여름에는 따뜻하고 건조하며, 겨울에는 습한 지중해성 기후에서 잘 자라기 때문에 이런 날씨를 보이는 지중해 국가들이 주요 포도 생산국이다. 지중해성 기후는 남

아프리카, 남부 오스트레일리아, 캘리포니아, 칠레의 해안에서도 나타난다. 해양성 기후는 겨울철에 온도가 너무 낮지 않아 포도 재배에 적합하나 여름철의 강우에 진균병이 발생하기 때문에 포도를 재배하기가 어렵다.

온대 지역에서는 온도가 낮다는 점, 고도가 올라가면 생육기가 짧아진다는 점이 포도 재배를 제한한다. 고도가 높은 지역에서는 온도 조건을 맞추고 생장에 필요한 광을 적절하게 제공하려면 포도원 선정에 특히 주의해야 한다. 스페인 안달루시아와 이탈리아 발다오스타에는 고도 1,200 m의 고지대에도 포도원이 있다. 저위도 지역에서 고도가 높은 곳은 온도가 포도 재배에 적합해서 유리할 수도 있다. 예를 들면, 볼리비아의 포도원은 북위 18도의 고지대에 있으나 고도 3,000 m 이상의 서늘한 지역에서는 포도나무가 잘 자란다.

## 2) 포도 재배에 적합한 기상과 지역

포도 재배에 적합한 지역의 따뜻한 달의 평균 온도는 18.9℃ 이상이고 추운 달의 평균 온도는 영하 1.1℃이지만, 이런 조건 밖의 지역에서도 포도나무가 자란다. 예를 들면, 미국 캘리포니아의 포도원은 해안 주변에 있으면 18.9℃에 못 미치는 지역에서도 포도나무가 자라는데, 광과 온도가 적합하고 생육기간이 길기 때문이다.

북반부의 4월 1일에서 10월 31일까지 10℃ 이상의 날들(degree days, dd)은 주어진 지역이 포도 생산에 적합한지를 현실적으로 제시할 수 있다. 열 축적이 1,700 dd 이하인 지역에서는 포도 재배가 장려되지 않는다(표 4-1).

비티스 비니페라는 환경 조건에 잘 적응하는 종으로 넓은 지역에서 자란다. 포도주용 포도는 미국 캘리포니아나 오스트레일리아의 사막 지역, 위도가 높은 영국의 동쪽에서 재배되고, 생식용 포도는 인도네시아의 산지, 타이의 해수면 등 극한 조건에서도 자란다. 기상 한계는 특별한 관리 기술로 극복할 수 있는데, 기상은 여러 가지 복합적인 요인 가운데 하나일 뿐이라는 사실을 이해해야 한다.

표 4-1 세계 포도 재배 지역의 적산온도

| 기상 측정지                    | 적산온도 | 기상 측정지                 | 적산온도 |
|---------------------------|------|------------------------|------|
| 가이젠하임(Geisenheim, 독일)     | 1790 | 나파(Napa, 미국 캘리포니아)     | 2280 |
| 랭스(Reims, 프랑스)            | 1820 | 아스티(Asti, 이탈리아)        | 2930 |
| 쿠나와라(Coonawarra, 오스트레일리아) | 2170 | 부쿠레슈티(Bucharest, 루마니아) | 2960 |
| 보르도(Bordeaux, 프랑스)        | 2300 | 멘도사(Mendoza, 아르헨티나)    | 3640 |
| 제네바(Geneva, 스위스)          | 2400 | 로디(Lodi, 미국)           | 3270 |
| 부다페스트(Budapest, 헝가리)      | 2570 | 시드니(Sydney, 오스트레일리아)   | 3740 |
| 오데사(Odessa, 우크라이나)        | 2580 | 팔레르모(Palermo, 이탈리아)    | 4100 |
| 산티아고(Santiago, 칠레)        | 2710 | 시라즈(Shiraz, 이란)        | 4390 |
| 멜버른(Melbourne, 오스트레일리아)   | 2750 | 알제(Algiers, 알제리)       | 5200 |

\*4월 1일부터 10월 31일(북반부), 10월 1일부터 4월 30일(남반부)까지의 적산온도

### 3. 포도의 개화에 영향을 주는 환경 요인

#### 1) 온도

북반부에서 6월 중순부터 7월 중순까지 온도와 새 가지[新梢] 상 꽃차례의 개수 사이에는 정(正)의 관계가 있다. 다른 지역에서 유래한 품종 사이에 화서 원기를 형성하기 위한 온도 요구도는 다르다. 리슬링과 시라 품종은 20℃ 이하의 온도에서 화서가 시작되나, 머스캣 오브 알렉산드리아 품종은 25℃가 되어야 한다. 고온 파(high temperature pulse)는 많은 품종에서 두 번째 또는 세 번째 화서의 개시에 필수적이다.

톰슨 시들레스나 오하네즈 품종은 다른 품종보다 덜 결실성이고 온도 변화에 더 반응한다. 텔라웨어 같은 미국계 교배종은 21~22℃의 저온에서 화서를 생산하고, 머스캣 오브 알렉산드리아 같은 비티스 비니페라종은 27~28℃에서 화서를 생산한다.

#### 2) 광도

포도 눈의 결실에 미치는 광도(luminous intensity)의 효과에서 온도는 독립적이다. 화서 형성에 미치는 광도의 영향으로 일조 시간(duration of sunshine), 그늘 처리(shading treatment) 등의 관련 연구가 있다. 톰슨 시들레스의 결실에는 화서 형성기에

하루 평균 10시간의 일장이 필요하다.

환경 제어 상태에서 자란 포도나무는 광도가 증가함에 따라 화서 원기의 수가 많아지고 크기가 커진다. 수직 전정(vertically trained)을 한 신초는 수평 전정(horizontally trained)을 한 신초보다 결실률이 더 높다. 은아(隱芽, latent bud, 잠복 눈)를 높은 광도의 빛에 노출시키면 눈의 결실률이 높아지지만 화서 형성에 광질의 효과는 없다고 한다. 노지 수관 내에 존재하는 눈들은 광을 강하게 받은 외부의 눈들보다 결실이 덜 된다. 제네바 이중 커튼식 수형(Geneva Double Curtain, GDC)은 수관을 크게 하고 양쪽으로 벌려 수광의 양을 많게 한 수형으로, 벌려진 수관은 눈들의 결실률을 높여 전체적으로 50% 정도 생산성을 향상시킨다(그림 4-2).

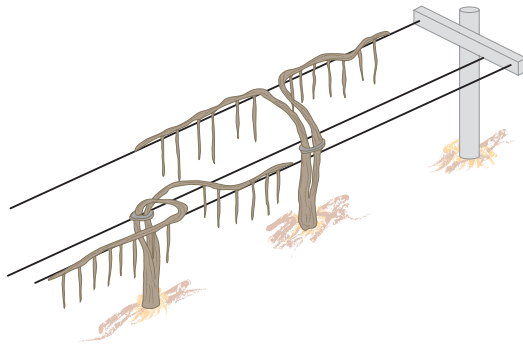


그림 4-2 제네바 이중 커튼식 수형

광도에 대한 반응도 품종에 따라 달라서 톱슨 시들레스, 오하네즈, 시라는 19.5 kIx보다 강한 광도에서 결실률이 높으나, 머스캣 오브 알렉산드리아, 라인 리슬링은 19.5 kIx의 광도에서 결실률이 높다.

### 3) 광주기

광주기(photo period)는 포도나무 화서의 유도에 영향을 주지 않으나, 몇 품종에서는 장일 조건에서 화서 원기의 수가 많아진다. 높은 광도의 광(38.8 kIx)에 노출되는 시간을 늘리면 결실이 촉진된다. 이는 광합성을 위한 광량(光量)의 증가로는 설명되지 않는



다. 장일 조건(12시간 이상)에서 광도가 높은 광을 공급하면 화서 원기가 형성되는데, 전체 조사 에너지보다 조사 시간(number of hours of illumination)에 따르는 것 같다.

반면, 건물(乾物, dry matter, 광합성 산물)의 축적은 총 입사 광에너지(total incident light energy)와 관련되고 조사 시간과는 관련되지 않는다고 했다. 이런 메커니즘은 에너지가 높은 광을 요구하는데도 화서 원기 형성이 건물 축적(광합성) 메커니즘과 밀접하게 관련되어 있는 것 같지는 않다.

#### 4) 수분 스트레스

지속되는 수분 스트레스는 은아의 결실률을 억제한다. 이는 강우를 차단한 포도나무가 관수를 한 포도나무보다 결실 눈(fruitful bud)의 수가 적은 것으로 알 수 있다. 토양 수분은 포도의 화서 발달에 영향을 주는 주요 요인 가운데 하나이다. 수분 스트레스를 받은 포도나무에서 잎들의 밀도(foliage density)를 줄이면 수관 내 광조사를 향상시키고 기부 눈의 결실률을 높여 전체적으로 포도나무의 결실률이 높아진다.

신초는 수분 스트레스에 민감하게 반응한다. 수분이 부족하면 눈의 풍요 정도(bud fruitfulness)가 떨어지고 신초의 건물이 감소된다. 즉 수분 스트레스가 광합성을 감소시켜 간접적으로 결실에 영향을 줄 수 있다는 것이다. 더군다나 수분 스트레스는 목질부 수액(xylem sap) 내의 사이토키닌을 감소시키고 잎과 줄기의 ABA 수준을 증가시킨다.

#### 5) 무기영양

포도에서 무기영양(mineral nutrition)의 효과에 대한 연구는 대부분 과실의 발달과 포도주의 질에 관한 것이고 꽃의 형성과 관련된 연구는 적다. 적당한 질소는 화서 원기의 형성과 꽃의 분화에 필요하다. 화서 원기의 크기는 일반적으로 질소 영양의 영향을 받지 않으나, 질소 공급 후 초기 질소가 적을 때는 화서 원기의 수가 늘어났다. 특별한 환경에서의 질소 공급은 결실성을 떨어뜨리기도 한다.

적절한 인 영양(phosphorus nutrition)은 수세를 증진시켜 눈의 결실성을 높이며, 인산염(phosphate)이 부족하면 화서를 형성하는 데 해롭다. 술타나(Sultana) 포도에서 저농도 질소, 고농도 인, 수분 스트레스는 높은 결실률과 관련된다. 칼륨이 부족한 포도원

에 칼륨을 공급하면 콩코드(Concord) 포도의 은아 결실률이 현저히 높아지며, 톰슨 시들레스 포도에서도 같은 효과가 있다. 적절한 질소, 인, 칼륨은 뿌리에서 생산된 사이토키닌과 관련이 있다.

## 6) 과실 생육과 조절

포도 품종은 대부분 개화율이 높으며 1년생 가지(cane)의 모든 마디에서 화서가 형성된다. 품종에 따라 은아는 화서를 3개 가지며 각 화서는 1,000개까지 꽃을 가질 수 있다. 이 꽃들 가운데 70~80%는 성숙한 과실로 발달하는 데 실패하여 쭈그러져 떨어진다. 착과(fruit set)란 꽃이 과실로 변하는 것을 말한다. 착과는 과실로 자란 화서속 꽃의 비율(20~30%)이나 과실 생육의 초기 단계와 관련된 생리적 과정이다.

포도알은 수분과 수정으로 생육이 시작된다. 수분이 안 되었거나 수정이 안 된 꽃은 말라서 죽게 된다. 남은 것들은 과피(pericarp)에서 세포분열이 일어나 포도알이 자라기 시작한다. 많은 과실이 2~3주 동안 떨어진다. 착과는 개화(anthesis) 2~3주 내에 완성되며 남아 있는 소과(fruitlet)들은 정상적으로 발달하고 성숙한다. 포도알 탈립은 수분 스트레스 같은 불리한 환경 조건에서 일어난다.









## CHAPTER 5

# 포도 재배 기술

포도 대목의 이용 / 과수의 전정 / 과원의 토양 관리 /  
포도 병해별 피해 증상과 방제 대책 / 포도 충해별 피  
해 증상과 방제 대책 / 포도 생리장해의 원인과 대책 /  
앞으로의 포도 재배 관리



# 포도 재배 기술

## 1. 포도 대목의 이용

우리나라에서 재배하는 포도는 교배종(*Vitis labruscana*)으로, 삽목으로도 번식이 잘 되기 때문에 대목을 이용한 접목 재배가 필요하지 않다. 그러나 양조용 포도 품종을 재배하는 국가들은 주로 유럽종(*Vitis vinifera*)을 재배하는데, 이 품종은 토양 해충인 포도뿌리혹벌레 때문에 뿌리에 피해를 잘 받는다.

포도뿌리혹벌레는 19세기 미국에서 영국을 거쳐 유럽으로 유입되어, 유럽 포도밭의 70%를 파괴하였다. 이 충은 작은 진딧물로 부화해 애벌레(larvae) 상태로 토양 속으로 들어가 뿌리에 혹(node)을 형성한다. 유럽 포도 접수를 미국 포도 대목(rootstock)에 접목(grafting)함으로써 이 충은 해결되었다. 접목묘는 충의 방제 외에 배수 불량, 과원 적응, 수세 조절, 착립 증진, 착색 증진 등의 효과도 볼 수 있다. 우리나라도 점차 유럽종을 많이 재배하고 있으며 토양 적응성이나 수세조절에 대목이 필요하여 이에 대한 연구를 하고 있다.

포도에 사용되는 대목은 포도뿌리혹벌레 저항성이 강한 미국종(*Vitis labruscana*)인 비티스 리파리아(*Vitis riparia*), 비티스 루페스트리스(*Vitis rupestris*), 비티스 베르란디에리(*Vitis berlandieri*) 등을 기본종으로 교배하여 육성한다(그림 5-1).

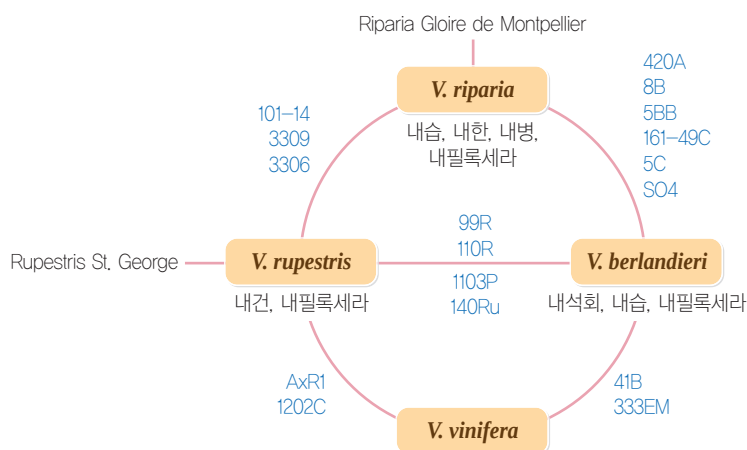


그림 5-1 포도 대목 육성 계통도

## 1) 포도 대목 품종

초기 포도 대목은 포도뿌리혹벌레에 저항성이 높고 발근, 접목만 잘되면 되었지만, 최근에는 불량 환경 적응성과 접목묘의 생태 조절 기능도 고려한 대목의 특성 조사를 더 세밀하게 하고 있다. 또 포도뿌리혹벌레가 문제되지 않는 지역에서도 접수 품종, 기후 등 재배 환경에 적합한 대목을 선발해 이용하는 것이 고품질 생력 재배에 유리하다(표 5-1).

표 5-1 주요 포도 대목 품종의 특성

| 대목 품종  | 대목열세  | 내한성 | 내건성  | 내습성  | 근군상태    | 번식상태  | 수량    | 숙기    | 과실품질 | 과실착색  |
|--------|-------|-----|------|------|---------|-------|-------|-------|------|-------|
| 글로아르   | 극히 심함 | 중강  | 중약   | 강    | 가늘고 천근  | 양호    | 소     | 극히 조숙 | 양호   | 양호    |
| 3309   | 거의 없음 | 극강  | 극강   | 중    | 중       | 약간 불량 | 약간 많음 | 중숙    | 양호   | 양호    |
| 3306   | 약간    | 강   | 강    | 극강   | 굵고 심근   | 약간 불량 | 약간 많음 | 약간 조숙 | 양호   | 양호    |
| 101-14 | 약간    | 강   | 약간 약 | 약간 강 | 천근      | 양호    | 약간 소  | 극히 조숙 | 양호   | 양호    |
| 1202   | 없음    | 약   | 강    | 극강   | 굵고 심근   | 양호    | 극다    | 만숙    | 중    | 불량    |
| 5BB    | 약간    | 강   | 극강   | 약간 약 | 약간 천근   | 중     | 중     | 약간 조숙 | 우량   | 극히 양호 |
| 5C     | 있음    | 극강  | 강    | 강    | 약간 천근   | 중     | 중     | 조숙    | 우량   | 극히 양호 |
| 8B     | 있음    | 강   | 강    | 중강   | 중       | 불량    | 중     | 조숙    | 우량   | 극히 양호 |
| SO4    | 있음    | 강   | 강    | 강    | 강하고 약천근 | 양호    | 중     | 약간 조숙 | 우량   | 극히 양호 |
| 420A   | 거의 없음 | 극강  | 극강   | 중강   | 가늘고 중근  | 불량    | 다     | 조숙    | 우량   | 극히 양호 |

## 2) 포도 대목의 토양 적응성

### (1) 포도뿌리혹벌레 저항성

포도 대목 육성에 비티스 리파리아, 비티스 루페스트리스, 비티스 베르란디에리를 양친으로 사용하는 가장 큰 이유는 포도뿌리혹벌레 저항성이 강하기 때문이다. 따라서 이들 중에서 유래한 거의 모든 대목은 포도뿌리혹벌레 저항성이 강하다고 할 수 있다. 특히 리파리아 글로아르(Riparia Gloire)는 거의 완전 저항성 대목으로 여겨진다. 그러나 이 대목 품종들과 중간 교잡되거나 이들의 저항성 인자가 전혀 유입되지 않은 대목인 333EM, 1202C, 1613C, 1616C, 도그리지(Dog Ridge), 프리덤(Freedom), 하모니(Harmony), 솔트크리크(Salt Creek)는 저항성이 떨어지거나 아주 낮다.

포도뿌리혹벌레는 우리나라에 양조용 포도 품종을 심을 당시부터 수입 묘목을 통해 전파되었고 1997년 일부 지역에서 발생한 적이 있으나 그리 심각하지는 않았다. 다만 저항성 대목도 어느 때부터 감수성이 될 수 있어 지속적인 관찰이 필요하다.

### (2) 토양 산도(pH)

미국 종인 비티스 리파리아와 비티스 루페스트리스를 교배 양친으로 사용하여 대목을 육성하면 포도뿌리혹벌레 저항성은 아주 높아지지만 알칼리성 토양에서는 생육이 좋지 않다. 비티스 리파리아와 비티스 루페스트리스의 교배 조합으로 육성된 대목인 리파리아 글로아르, 101-14 등은 석회 저항성이 아주 낮아 유럽의 포도 주산단지에서 철 결핍 증상이 자주 발생한다. 이에 비해 비티스 베르란디에리는 석회 저항성이 강하여 이를 교배 조합친으로 사용한 420A, 5BB, SO4, 110R 등은 저항성이 비교적 강하고, 비티스 베르란디에리에 비티스 비니페라를 교배하여 육성한 대목 41B와 333EM은 무척 강하다.

### (3) 내습성과 내건성

비티스 리파리아를 교배 조합친으로 사용한 대목인 리파리아 글로아르, 101-14, 420A, 5C, 8B 등은 비교적 내습성이 강하고 내건성은 약하며, 비티스 루페스트리스를 교배 조합친으로 사용한 대목인 110R, 99R, 140Ru, 1103P 등은 내건성이 강하고 내습성은 약하다. 3309, 3306, SO4, 5BB 등은 내습성과 내건성이 비교적 강해 토양 적응성이 좋은 대목들이다.

### 3) 대목의 이용 목적

#### (1) 수세 조절

접목묘를 재배할 때 접수 품종의 수세는 품종 고유의 특성에 영향을 받지만 대목의 종류에 따라서도 조절된다. 접수 품종의 수세를 강하게 하는 대목을 교화성(喬化性) 대목이라 하고 수세를 약하게 하는 대목을 왜화성(矮化性) 대목이라 한다.

교화성 대목은 접목하면 대목의 뿌리가 깊고 넓게 자라며 대목의 비대 생장이 활발하여 접수 부위보다 굵어지는 대승현상(臺勝現象)이 나타난다. 그리고 접목묘의 수량이 비교적 많아지고 강건해지나 숙기가 늦어지고 품질이 떨어진다. 반면, 왜화성 대목은 접목할 때 뿌리가 천근성이고 대목 주간의 비대가 접수 부위보다 늦어 가늘어지는 대부현상(臺負現象)이 나타난다. 또 접목묘의 수세가 비교적 약해져 수량이 떨어지고 수령이 단축되나 과실은 조숙되며, 착색이 잘되고 당도가 높아져 품질이 높아진다.

유럽종 포도와 거봉 등 4배체 포도 품종은 우리나라의 고온다습한 기후에서 수세가 강해져 C/N율의 불균형에 따른 화아분화 불량, 수분과 수정 불량 및 화진 현상이 많이 나타나고, 수확기 착색이 균일하지 않으며, 성숙기도 균일하지 않다. 따라서 이들 포도에 왜화성 대목을 사용하면 화진 현상이 방지되고 착색과 품질이 좋아지며 조기 수확도 가능하다.

왜화성 대목에는 5C, 8B, 3309, 3306, 101-14, 420A 등이 있다. 반면, 캠벨얼리 품종을 조기 가온 시설에서 재배하여 조기수확하게 되면 수세가 떨어지기 때문에 3~4년 이상 계속 시설에서 재배할 수 없다. 이런 경우, 교화성 대목을 사용하면 수세가 약해지는 결점을 해결할 수 있다. 또 수세가 약해 성과기까지 시간이 많이 소요되는 품종에 교화성 대목을 사용하면 성과기까지 시간을 단축할 수도 있다. 교화성 대목에는 루페스트리스 세인트 저지(Rupestris St. George), 99R, 140Ru, 5BB, SO4, A×R #1, 도그리지, 솔트크리크 등이 있다.

거봉을 접수 품종으로 대목이 접목묘의 생육과 과실에 미치는 영향을 조사한 결과, 수량성은 SO4, 4010, 3306, 110-14 등의 대목을 사용했을 때 높았고, 화진성은 G1, 4010, 196-17, 3306, 3309, 5BB, SO4 등이 낮았다. 당도는 G1, 비알라(Vialla), 글로아르, SO4, 3309, 196-17 대목을 사용했을 때 높았고, 착색은 SO4를 사용했을 때 가장 좋았다(표 5-2).



표 5-2 포도 대목이 '거봉' 품종의 과실 특성에 미치는 영향

| 대목 종류          | 수량(kg/주) | 화진성 <sup>z</sup> (점) | 산도(%) | 당도(° Brix) | 착색도 <sup>x</sup> (점) |
|----------------|----------|----------------------|-------|------------|----------------------|
| G1             | 106.6    | 1.75                 | 0.39  | 19.2       | 3.0                  |
| SO4            | 153.7    | 2.50                 | 0.39  | 18.7       | 3.8                  |
| Vialla         | 76.7     | 2.85                 | 0.43  | 18.9       | 3.5                  |
| 110-14         | 129.1    | 2.75                 | 0.41  | 18.1       | 2.9                  |
| 196-17         | 62.7     | 2.35                 | 0.41  | 18.4       | 3.4                  |
| 3306           | 129.3    | 2.25                 | 0.38  | 18.0       | 3.2                  |
| 3309           | 117.4    | 2.15                 | 0.42  | 18.7       | 3.3                  |
| 4010           | 132.3    | 1.85                 | 0.44  | 17.7       | 3.5                  |
| 5BB            | 112.9    | 2.40                 | 0.46  | 18.2       | 3.5                  |
| Riparia Gloire | 74.2     | 2.75                 | 0.38  | 19.3       | 3.5                  |
| 삼목묘            | 65.2     | 3.40                 | 0.48  | 17.0       | 2.4                  |

<sup>z</sup> 누적수량

<sup>y</sup> 극소 1점, 소 2점, 중 3점, 심 4점, 극심 5점

<sup>x</sup> 청적색 1점, 적자색 2점, 자색 3점, 자흑색 4점, 흑색 5점

## (2) 내한성

포도나무가 겨울철에 기온과 지온의 강하에 견디는 정도를 내한성(耐寒性, Cold Hardness)이라 하는데, 내한성이 강할수록 동해(凍害)에 견디는 힘이 강하다. 캠벨얼리 품종은 미국종으로 내한성이 강하여 경기도와 강원도 북부 일부 지역을 제외하면 노지 상태에서 월동이 가능하나, 거봉 등 대립계 포도 품종과 유럽종은 내한성이 약하여 중부 이북 지역에서는 겨울철에 땅에 묻어야 한다. 포도나무가 동해를 받는 주요 부위는 지상부의 눈과 지하부의 뿌리로 지하부의 동해는 대목을 사용함으로써 동해를 어느 정도 방지할 수 있다.

동해에 강한 품종과 대목은 수피(樹皮)의 세포가 작고 조밀하며, 도관이 작고 밀도가 낮다. 또 뿌리의 수피 용적률이 작고 물관의 용적률이 큰 품종이 내한성이 강하다. 대목 자체의 내한성과 접목 시 접수의 내한성에 미치는 영향은 정확히 일치하지는 않으나 비슷한 경향을 보인다. 내한성이 아주 강한 대목 품종들로는 루페스트리스 세인트 저지, 3309, 5BB, 420A, 188-08 등이 있으며, 3306, 1202, 5C, 8B, SO4 등도 강하나 글로아르, 101-14 등은 약하다. 그러나 미국 미시간대학교에서는 5A, 3309, 3306이 강하고, 5C,

SO<sub>4</sub>, 글로아르는 약하다고 하였으며, 5BB는 중 정도라고 하였다. 또 SO<sub>4</sub>를 대목으로 사용하여 접목하면 접수 품종의 내한성이 중 정도로 올라간다고 하였다.

## 2. 과수의 전정

전정이란 목표로 하는 수형의 유지, 결실 부위 확보, 결과 수령(樹齡)의 연장, 결실량 조절, 병충해 피해 가지 제거 등 여러 가지 목적으로 문제가 되는 가지를 자르거나 세력을 조절해주는 작업을 말한다. 전정 방법은 전정 목적에 따라 여러 가지로 나눌 수 있다. 전정 정도는 수세, 결과 습성, 생장 습성, 결실량, 나무의 밀집 정도 등에 따라 달라진다.

### 1) 과수의 기본 수형

과수의 수형은 나무를 전정하여 나타난 수체의 최종 모습으로 성목기에 접어든 과수의 골격을 말한다. 수체 각 부분의 기능이 최대로 발휘되어 최고 품질의 과실을 조기에 다수확할 수 있게 하는 것이 수형 구성의 목적이라고 할 수 있다. 이러한 목적을 이루기 위해서는 주어진 공간을 최대한 입체적으로 활용하여 최대의 엽면적을 확보하는 동시에 일조를 최대로 받도록 가지를 배치하여 광합성을 극대화함으로써 품질 좋은 과실이 많이 달리도록 하고, 최대한 생력화·기계화·자동화할 수 있는 수형으로 만들어야 한다.

수형은 재식거리에 따라 크게 달라지는데, 과거 거목 소식 재배 체계(Extensive System)에서는 개심형(開心形, Open Center Type)이 많이 적용되었고, 현재 밀식 재배 체계(Intensive System)에서는 세장방추형(細長紡錘形, Slender Spindle Bush Type), 코돈(Cordon Type), 왜성 피라미드(Dwarf Pyramid Type), 주상형(柱狀形, Pillar Type) 등의 수형이 적용된다. 과수의 수형에는 기본 수형이 세 가지 있는데, 주간형(主幹形, Central Leader Type), 개심형, 변칙주간형(變則主幹形, Modified Leader Type)이 그것이다(그림 5-2).



그림 5-2 과수의 기본 수형

## 2) 특수 수형

### (1) 코돈형

코돈(Cordon)이란 프랑스어로 밧줄이라는 뜻이다. 정원용으로 가장 많이 이용되는 수형으로 주간 거리를 75~90 cm로 밀식할 수 있다. 코돈형은 수직형, 사립형, 수평형 세 가지가 있다(그림 5-3). 수직 코돈형(Vertical Cordon)은 주간을 직각으로 유인하는 것으로 주간 상부의 생육이 너무 강해 하부가 빈약해지고 결실이 잘 안 되기 때문에 사립 코돈형이 많이 사용된다. 사립 코돈형(Oblique Cordon)은 주간을 45°로 눕혀 유인하는 것이다. 수평 코돈형(Horizontal Cordon)은 철선을 2단으로 가설하고, 첫해에 원



그림 5-3 코돈형 수형의 종류

줄기 위에 3개의 가지를 분지하고, 2년째에 가지 2개는 양측으로 눕혀 한 가지는 곧게 세워 상단 철선 높이에서 다시 2개의 원가지를 분지해 양측으로 유인하고, 이 4개의 원가지 위에 곁가지와 열매가지를 배치하는 방법이다.

## (2) 2지 코돈형의 형태

2지 코돈형(Bilateral Cordon)에서는 주간을 지상 1 m 높이에서 절단해 측지를 분리하여 세력이 강한 새 가지 2개를 각각 어긋나게 키운 뒤 지상부에 가까운 첫 번째 철선으로 유인한다. 6~8개 단초를 각 코돈 위에 배치하고 단초에서 나온 줄기를 두 번째 철선에 유인하여 결실한다. 이 수형은 결실 부위가 넓게 퍼지고 착방 면적이 넓어져 수확 작업이 간편해지는 장점이 있다(그림 5-4).

코돈형도 지역에 따라 1주지 수평 코돈형, 2철선 유인 수평 코돈형, 2주지 수평 코돈형, 2사립주지형, 사립주지 2단형 등 여러 가지 형태로 변형·발전하였다.

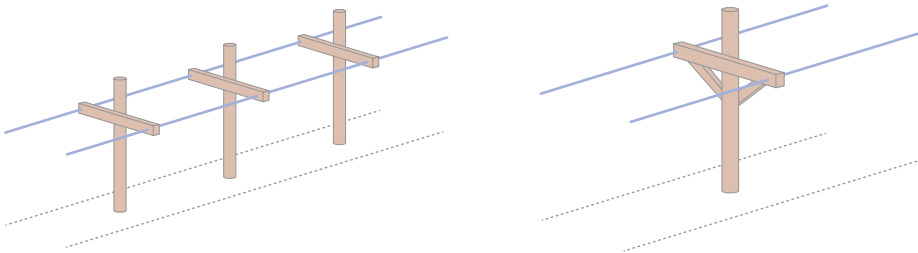


그림 5-4 2지 코돈형 수형

## 3) 포도나무의 수형

포도 같은 덩굴성 과수는 가지, 잎, 과실 등을 스스로 지탱할 수 없기 때문에 덩이나 울타리가 필요하다. 포도의 수형은 크게 울타리식, 평덕식, 그루식 등으로 나뉜다. 수형은 강우 시기, 강수량, 온도 등의 기후 조건과 경사도, 배수 상태, 비옥도 등의 토양 조건, 그리고 수세와 결과 습성에 따라 수형 구성 비용, 재배 용이성, 작업 효율 등을 고려하여 선택한다.

울타리식이 가장 많이 이용되는데, 지형, 수세 등 여러 조건에 따라 열간과 주간 거리



를 조절할 수 있어 기계화에 유리하고, 주간의 높이, 새 가지의 유인 방향, 결과모지의 배치 방법과 길이 등을 재배 조건에 맞도록 여러 가지로 변형하여 사용할 수 있으며, 지주 설치 비용도 적게 든다. 하지만 바람이 심한 곳에서 새 가지가 부러지거나 한쪽으로 쏠리기 쉽다. 열매어미가지(結果母枝)의 전정을 단초전정 위주로 하므로 수세 조절이 어렵고 강전정에 의한 수세 강화로 착립 불량, 성숙 지연 등이 일어나기 쉽다.

평덕식은 강우량이 많고 생육 기간에 태풍 피해가 우려되는 지역에서는 많이 이용하는데, 수관의 안정과 과습에 의한 피해 감소 등의 이점이 있으나 대형 기계의 투입이 어렵고, 작업도 불편하며, 지주 설치 비용이 많이 들거나 수형 구성이 어렵다.

캠벨얼리 같은 품종은 수관의 확장성이 비교적 작고 밑부분의 눈에서도 꽃눈 분화가 양호하여 단초전정이 가능해 수형 구성이 쉽고 빨리 완성되는 웨이크만식, 니핀식 일자형 수형이 적당하다. 수세가 강한 거봉 등 4배체 품종의 경우, 중초나 장초 전정이 가능하고 수관 확대가 용이한 덕식의 X자형, H자형 수형이나 울타리식의 니핀식, 라이어(Lyre)식 수형이 유리하다(그림 5-5, 그림 5-6, 그림 5-7).

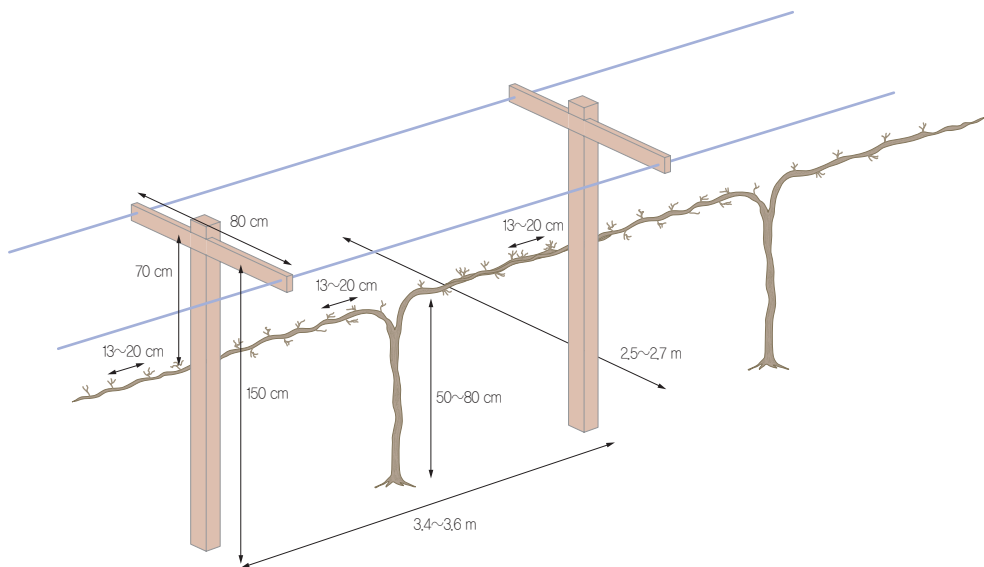


그림 5-5 웨이크만식 수형

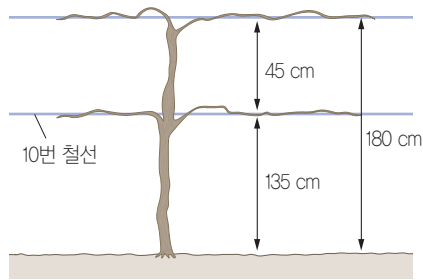


그림 5-6 니핀식 수형

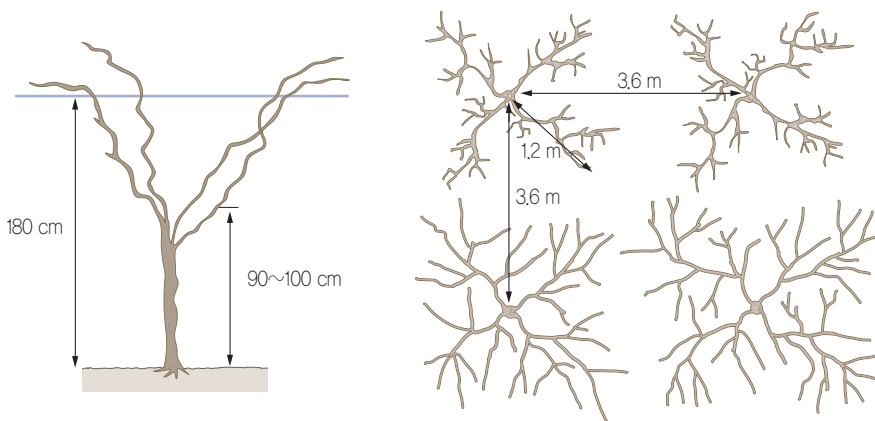


그림 5-7 축소 X자형 수형

### 3. 과원의 토양 관리

#### 1) 토양 표면 관리

과원의 토양 표면 관리는 수형이나 지역의 특성을 고려하여 가장 합리적인 방법을 선택하는 것이 좋다. 김을 매거나 제초제를 뿌려 풀을 제거하는 청경법과 쪼, 산야초, 톱밥, 비닐, 왕겨 등으로 피복하는 멀칭법, 풀을 기르는 초생법이 있다. 이 중에서 표토 관리 방법은 과수원의 여건이나 농가의 능력에 맞게 선택해야 한다. 토양 표면 관리법에는 여러 가지 방법이 있으나 과수원의 위치, 토성(土性), 수확기 등에 따라서 2~3가지 방법을 절충하거나 한 가지 방법을 택한다. 토양 표면 관리에 따른 포도의 품질을 보면,

검정비닐로 피복한 구가 당도가 높고 산도가 낮았다. 부초구는 청경구에 비해서 숙기가 지연되었으며 일립중(一粒重)은 다른 처리보다 컸다(표 5-3).

표 5-3 델라웨어 포도의 토양 표면 관리에 따른 과실 품질

| 토양 표면<br>관리법 | 처리 기간 중<br>평균지온(℃) | 일립중(g) | 당함량(%) | 산함량(%) | 숙기<br>(착색 기준) | 식미 |
|--------------|--------------------|--------|--------|--------|---------------|----|
| 부초           | 21.4               | 1.7    | 16.2   | 1.32   | 3~4일 지연       | 불량 |
| 청경           | 27.3               | 1.6    | 18.0   | 1.14   | —             | 보통 |
| 검정비닐 피복      | 30.7               | 1.5    | 19.4   | 0.99   | 4~5일 촉진       | 양호 |

### (1) 청경재배

청경재배는 나무 외에 모든 식물을 제거하여 과원을 깨끗하게 관리하는 재배법을 말한다. 청경하게 하는 데에는 김을 매서 잡초가 자라지 못하게 하는 방법과 제초제를 뿌려 잡초가 자라지 못하게 하는 두 가지 방법이 있다. 제초제는 노동력이나 비용을 생각할 때 가장 경제적이거나 토양의 미생물상이 변하고 토양 물리성도 악화되어 종합적으로 보면 불리하다. 생육기에 잡초가 죽게 되면 잡초에 살고 있던 응애가 나무로 올라가게 되므로 제초제를 부분적으로 살포하여 이를 막는 것이 중요하다.

### (2) 초생재배

과원에 일년생이나 다년생 풀 또는 자연적으로 자라는 잡초를 키우는 것이 초생재배이다. 과원에서 자연적으로 자라는 풀들은 과원 토양의 수분 조건에 따라 변하게 된다. 초생재배는 나무 밑에서 재배하기 때문에 일조가 부족해도 잘 자랄 수 있는 풀이나 병충해를 옮기지 않는 풀들을 골라서 재배해야 한다. 잡초의 경우, 억새, 쭉, 메꽃처럼 심근성에 영년생인 것은 피해야 하며 덩굴성인 실새삼, 칩 등도 피해야 한다.

호밀의 경우는 예초 시기에 따라 환원되는 질산태 질소의 양이 다른데, 생육일이 20일 지나 베면 10 a당 19 kg, 40일에는 8.4 kg, 성숙기인 85일에는 0.84 kg이 되돌려진다. 베는 시기가 늦을수록 유기물로서 효과는 크게 되는데, 5월 상순에 베면 호밀의 건물중은 10 a당 500~600 kg이 된다. 잡초를 방제하기 위해서 호밀을 심는다면, 10 a당 10~15 kg을 가을에 살포하여 다음 해에 베면 되고 쓰러뜨려 다시 일어나지 못하게 할

때는 과종량을 늘리는 것이 효과적이다.

### (3) 멀칭재배

멀칭재배를 할 경우 벚짚, 왕겨, 풀 등을 덮어주는 방법과 보온덮개나 비닐 등을 피복하는 방법을 생각할 수 있다. 멀칭재배는 토양 침식을 방지하고 토양 수분을 유지하기 위해서나 풀의 발생을 억제하기 위해서 한다. 또 유기물 재료인 벚짚이나 풀 등을 피복하면 비료를 공급하는 효과와 토양 유기물 함량을 높이는 이점을 얻을 수 있다. 그러나 잡초 방지를 위한 짚 멀칭을 하려면 10 a당 1,000 kg의 벚짚이 필요하므로 경제적으로 부담된다. 따라서 최근에는 보온덮개를 이용해 나무 밑 잡초를 방지하고 수분 유지 효과를 얻고 있으나, 보온덮개를 뒤집어주지 않으면 보온덮개 위에 풀이 자라나 곤란을 겪게 된다.

### (4) 절충재배

절충재배는 청경재배, 초생재배, 멀칭재배를 혼합하여 이용하는 것으로, 예를 들면, 나무와 나무 사이는 초생을 하고 수관 하부는 깨끗이 관리하거나 수관 하부는 멀칭재배를 하고 나무와 나무 사이는 청경재배를 하는 것이다. 그러나 어느 방법도 절대적이지 못하므로 과원의 위치나 토양조건, 나무 상태 등을 고려하여 선택하는 것이 바람직하나 나무 밑은 보온덮개나 벚짚을 피복하고 골 사이는 화본 등을 심어 토양 침식을 방지하고 유기물 공급자로 이용하는 것이 가장 효과적인 방법이다.

## 2) 토양 수분 관리

토양 수분 관리는 토양 관리 중에서 다른 어느 작업보다도 포도나무 생육에 영향을 가장 많이 주는 작업으로 정밀 작업이 요구된다. 과원마다 토성과 지형 등이 다르므로 개별적으로 방법을 선택해야 하는데, 우리나라는 강수량이 강우 시기나 지역에 따라 많이 다르기 때문에 관수와 배수를 적절히 활용하여 물을 합리적으로 관리해야 한다.



### (1) 배수

배수는 명거와 암거 두 가지로 구분하여 실시할 수 있다. 명거배수는 설치 작업이 간편하고 비용이 적게 든다. 그러나 과수원 표토에 고랑이 생기기 때문에 과원 작업에 지장을 줄 수 있다. 암거배수는 토성과 지하수위에 따라 다르나 일반적으로 1 m 깊이에 설치하는데, 지하수위가 문제가 되지 않고 토양 중의 물을 제거할 때는 윗부분의 너비를 45~75 cm로 하여 60 cm 깊이에 설치한다. 간격은 식토에서는 깊이의 8배, 양토에서는 12배 정도로 지형을 고려하여 설치하면 효과를 볼 수 있다. 그러나 논을 과원으로 전환한 곳에서는 장마철에 과원 주위에 먼저 명거배수 또는 암거배수를 실시하여 물이 과원 주위에서 과원 내로 유입되지 않도록 차단하는 것이 중요하다.

### (2) 관수

포도는 내건성과 내수성이 강한 과종이지만, 생육 기간에 수분이 부족하면 광합성이 저해되어 가지의 신장이 나빠지고 낙엽이 발생하며 당도도 떨어진다(표 5-4).

표 5-4 관수 처리가 ‘캠벨얼리’ 포도의 수체 생육, 수량, 과실 품질에 미치는 영향

| 5일 간격 관수량 | 결과지 신장량<br>(cm) | 결과지당 낙엽수<br>(매) | 수량(kg/10 a) | 과실 품질   |            |
|-----------|-----------------|-----------------|-------------|---------|------------|
|           |                 |                 |             | 우량과율(%) | 당도(° Brix) |
| 무관수       | 5.8             | 8.0             | 6,730       | 34      | 13.4       |
| 5 mm      | 12.8            | 3.9             | 6,510       | 34      | 13.8       |
| 12.5 mm   | 17.9            | 5.3             | 6,593       | 33      | 14.2       |
| 20 mm     | 21.1            | 6.6             | 7,725       | 62      | 14.6       |

\* 관수 시기: 7월 하순~8월 중순

성숙기에 수분을 적절히 공급하면 과실 성숙이 좋고 당도가 증가하며 과립중이 증가하여 품질이 향상된다. 또 관수를 하여 토양 수분을 적절하게 유지하면 열과가 방지되고 각종 양분이 원활하게 흡수되어 과실이 충분히 비대해지고 당도와 착색이 좋아져 품질이 향상된다(그림 5-8).

관수 방법은 표층 살수와 점적관수 방법이 있으나 관수 시기, 관수량 및 토성과 과수원의 위치에 따라 다르기 때문에 여건에 맞추어 하는 것이 합리적이다. 즉, 과원이 경사

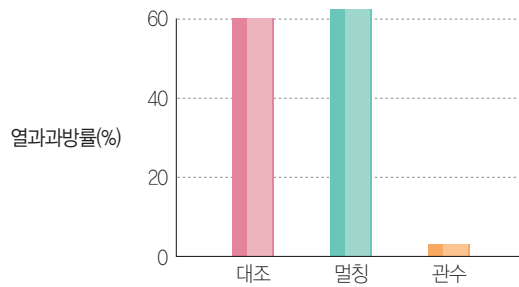


그림 5-8 관수 처리가 포도의 열과에 미치는 영향

가 있거나 점질 토양인 경우 점적관수가 효과적이거나 사질 토양과 경사가 없는 과원에서 는 표층 살수 방법이 관수 효과를 높일 수 있다. 특히, 사질 토양에 토심이 얇은 땅 또는 보수력이 없는 사질 토양은 생육기에 건조하면 조기낙엽, 성숙 장애, 열과 등의 장애가 발생하여 적절한 수분 관리가 필요하고 수확 2주 전에는 관수를 중단해 당도를 높여야 한다. 관수를 하지 않다가 수확기에 갑자기 관수할 경우나 한발 상태로 관리되다가 수확기에 비가 오는 경우에는 열과가 많이 발생하는데, 수확할 때까지는 수분이 부족하지 않도록 관리해 토양 수분의 변화에 과실이 민감하게 반응하지 않도록 주의한다.

#### ① 관수 시기

5월 중하순부터 6월 중순까지가 1차 한발기이고, 9월부터 10월까지가 2차 한발기이다. 낙엽과수에서 1차 한발기는 생육이 왕성한 시기이고, 2차 한발기는 나무가 이듬해를 위해 양분을 보충하는 시기이나 품종에 따라 성숙기와 겹치는 경우도 있다. 따라서 1차 한발기의 한발 피해가 2차 한발기의 피해보다 크다. 생육기에 7~10일간 20~30 mm의 강우가 없으면 관수를 시작하는 것이 일반적이다. 관수를 하다가 중단하고 다시 관수 하게 되면 갑자기 과실이 팽창하기 때문에 열과 증상이 심할 수도 있다. 따라서 토양 중 수분 함량을 정확히 알 수 없는 경우에는 7~10일 간격으로 비가 오지 않으면 관수를 하는 것이 좋다(표 5-5).

토양 수분 함량을 정확히 알지 못하여 과습이나 건조 피해를 받을 수 있으므로 토양 수분을 측정하는 센서를 이용하여 토양 수분 함량에 맞춰 자동으로 물을 줄 수도 있다.

표 5-5 과원의 1회 관수량과 관수 간격

| 토양  | 관수량(mm) | 관수 간격(일) |
|-----|---------|----------|
| 사질토 | 20      | 4        |
| 양토  | 30      | 7        |
| 점토  | 35      | 9        |

## ② 관수량

관수량은 과원 규모나 수원(水源) 확보 상태에 따라 수분 관리에서 가장 중요한 것으로 정확하게 계산하고 예측해야 한다. 앞으로는 수자원 부족 현상이 심하게 나타날 수 있으므로 정량의 관수로 과실을 생산하는 것이 중요하다. 사과나무를 기준으로 생육 중 증발되는 수분의 양은 5~7 mm/일로 예측되는데, 과원의 증발산량을 하루 5~7.5 mm를 기준으로 하여 재식거리별 점적관수에서 시간당 소요되는 물량은 다음과 같다(표 5-6).

표 5-6 사과나무 한 주당 재식거리별 점적관수 소요량(단위: L/hr)

| 재식거리(m) | 과원의 증발산량(mm/일) |      |      |
|---------|----------------|------|------|
|         | 5              | 6.25 | 7.5  |
| 4×2.5   | 2.1            | 2.6  | 3.1  |
| 4×5.0   | 4.2            | 5.2  | 6.3  |
| 4×6.0   | 7.5            | 9.5  | 11.0 |

\* 시간당 점적관수 소요량: 증발산량 ÷ 주수 ÷ 24시간

이와 같은 산출 방법은 재배 농가의 정확한 판단이 필요하며, 앞에서 언급한 토양 수분 센서를 이용할 때는 원하는 토양 수분 장력에 맞추기만 하면 되기 때문에 가장 과학적인 방법이라고 할 수 있다. 일반적으로 과원의 적당한 토양 수분 장력은 -30 kPa이다.

## ③ 관수 방법

관수 방법은 토양과 지형에 따라 또는 수원(水源)의 양과 수질에 따라 다를 수밖에 없다. 그러므로 과원의 여건인 지형과 토성, 수원의 확보 상태와 농가의 규모, 기술 수준 등에 따라 다르게 된다(표 5-7).

표 5-7 관수 방법의 선택 기준

| 구 분   | 고랑관수   | 살수법      | 점적관수     |
|-------|--------|----------|----------|
| 지형    | 평탄지    | 평탄지~급경사지 | 평탄지~급경사지 |
| 토성    | 양질~식양토 | 사질~양질    | 모든 토성    |
| 관수량   | 풍부, 양질 | 중        | 소~중      |
| 규모    | 조방재배   | 대규모      | 소규모      |
| 기술 수준 | 중      | 고        | 고도집약     |

#### 가. 살수법

이 관개법은 압력이 가해진 물을 노즐로 분산시켜서 빗방울이나 안개 모양으로 살수하는 것으로 스프링클러법이라고도 한다. 살수법에는 고정식과 이동식이 있으며 살수하는 높이에 따라 수상식과 수하식이 있다. 수상식은 물방울의 부착 또는 공기 습도의 상승으로 병해 발생을 조장하는 단점이 있으나, 수하식보다 살수 반경을 넓힐 수 있다. 살수법은 평지에서 좋고 경사지에서도 시행이 가능하나 살포 기자재와 가압 장치를 시설해야 하므로 비용이 많이 들고 수질이 나쁜 곳에서는 여과장치를 설치해야 한다는 단점이 있다. 관수량은 10 a당 15,000 L/hr로 표면관수보다 적고 물방울에 의한 지표막 형성도 어느 정도 방지할 수 있다.

#### 나. 점적관수

수도관에 연결된 미세한 관(2 mm 정도)을 나무 밑에 배치하여 나무가 필요로 하는 만큼 물을 한 방울씩 일정한 속도로 계속 관수하는 방법으로 물 소비가 적다. 점적관수는 일시적인 과습이나 건조 없이 식물 생육에 알맞은 토양 수분 상태를 계속 유지할 수 있으므로 나무가 잘 자란다. 토양이 굳거나 담수 상태로 되는 일도 적다. 그러나 이 관수법은 설치 비용이 많이 들고 수질이 나쁜 곳에서는 여과장치를 해야 한다. 과원에 점적관수할 때는 일정 수압(1.5 kg/cm<sup>2</sup>) 이상 되면 경사도(15% 내외)에 관계없이 일정하게 방출되는 압력 보상형 점적호스나 점적단추를 사용해야만 균일하게 관수할 수 있다. 최근에는 점적관수를 이용하여 비료 성분을 공급하는 관비(fertigation)방법을 이용하여 시비 효율을 높이고 있다.



### 3) 시비

시비는 포도 재배에서 가장 조심해서 관리해야 할 작업이다. 양질의 포도를 해마다 균일하게 생산하는 데 필요한 나무를 정상적으로 키우기 위한 기초 작업이기 때문이다. 포도나무는 덩굴성 작물로 적립성인 사과나 배보다 시비하기가 어렵다. 즉, 양분의 과부족에 민감하고 수세 조절이 쉽지 않으며 수량의 변화 폭도 크다. 품종에 따라서 수량 차이가 무척 심하고 농가 차이도 심하여 개별적으로 처방하는 것은 무리가 있다. 토양 중의 양분 함량과 지역의 관행적인 시비량을 알아보고 토양과 식물체를 분석하여 과부족을 검정한 뒤 시비하는 것이 가장 바람직하다.

#### (1) 비료의 시기별 흡수량

질소 흡수는 개화기(5월 말~6월 초)부터 급격히 늘어나기 시작해 새 가지 생장이 정지되기까지 계속된다. 질소는 새 가지 생장이 왕성하고 포도알이 급격히 비대하는 6월부터 7월 말까지 가장 필요하며, 이후에는 완만하게 흡수된다.

포도나무의 인산 흡수량은 질소나 칼륨에 비해서 적으며 미결실수는 더욱 적다. 인산은 질소나 칼륨처럼 급격히 흡수되는 시기는 없으나 포도알의 발육이 일시적으로 둔화되는 경색기에 비교적 많이 흡수된다. 칼륨은 착립과 더불어 흡수량이 증가하는데, 특히 경색기 이후 포도알 비대기에 다량 흡수된다. 칼슘은 또한 6월 이후 계속 흡수되며 그 양이 질소보다 많아진다. 과방이 커짐에 따라서 질소, 칼륨은 7월 초순 이후 급격히 과방 내로 흡수되는데, 특히 칼륨이 많이 흡수되며 인산은 천천히 흡수된다.

#### (2) 시비량

시비량은 토양 중의 양분 함량과 양분의 이용률을 고려하여 정해야 한다. 기본적인 관수와 시비량을 기준으로 하되 토양 중의 양분 함량이 증가하는 정도를 고려하여 시비량을 가감한다. 시비량은 표준 수량을 기준으로 한 전체 시비량을 말하는 것으로, 유기질 비료나 유기물이 투입되면 그 양을 고려해야 하나, 일반적으로 농가들은 화학비료와 유기물을 따로 생각하는 경우가 많아 과다 시비가 되어 수세를 안정시키는 데 어려움이 있다(표 5-8, 표 5-9, 표 5-10).

표 5-8 토양 유기물 함량에 따른 질소 성분 시비량(단위: kg/10 a)

| 수령(년)  | 토양 중 유기물 함량(g/kg) |       |       |
|--------|-------------------|-------|-------|
|        | 15 이하             | 16~25 | 26 이상 |
| 1~2    | 2.5               | 2.0   | 1.5   |
| 3~4    | 6.5               | 4.0   | 3.0   |
| 5~10   | 10.5              | 8.5   | 6.5   |
| 11년 이상 | 19.5              | 15.5  | 11.5  |

표 5-9 토양 유효인산 함량에 따른 인산 성분 시비량(단위: kg/10 a)

| 수령(년)  | 토양 유효인산(mg/kg) |         |         |        |
|--------|----------------|---------|---------|--------|
|        | 200 이하         | 201~400 | 401~600 | 601 이상 |
| 1~2    | 1.5            | 1.0     | 1.0     | 1.0    |
| 3~4    | 4.0            | 3.0     | 2.0     | 2.0    |
| 5~10   | 6.5            | 5.0     | 4.0     | 3.0    |
| 11년 이상 | 10.6           | 8.5     | 6.5     | 3.0    |

표 5-10 토양 치환성 칼륨 함량에 따른 칼륨 성분 시비량(단위: kg/10 a)

| 수령(년)  | 토양 치환성 칼륨 함량(g/kg) |           |          |         |
|--------|--------------------|-----------|----------|---------|
|        | 0.3 이하             | 0.31~0.60 | 0.61~1.0 | 1.01 이상 |
| 1~2    | 1.5                | 1.0       | 1.0      | 1.0     |
| 3~4    | 4.0                | 3.0       | 2.0      | 2.0     |
| 5~10   | 8.0                | 6.5       | 5.0      | 3.0     |
| 11년 이상 | 15.6               | 12.5      | 8.0      | 3.0     |

### (3) 시비 시기

시비한 거름은 토양에서 분해되어 뿌리가 뻗어 있는 범위까지 확산되어야 나무가 거름을 이용한다. 시비한 거름이 분해되어 뿌리가 흡수할 수 있는 상태로 되는 데 걸리는 시일은 거름의 종류, 지온, 강우량 등의 조건에 따라 다르지만, 속효성 거름이라도 최소 2~3주일은 걸린다. 따라서 거름이 필요한 시기 이전에 충분히 시용해야 한다. 그러나 관비로 시용할 경우는 흡수·이용되는 시간이 3~4일밖에 걸리지 않기 때문에 시비량과 주는 시기에 주의가 필요하다.

### ① 밑거름

낙엽 직후부터 해빙기까지 주는 거름으로 질소는 전체 시비량의 60~70%를 차지하고, 인산은 전량 밑거름으로 주며, 칼륨은 50% 정도를 준다.

### ② 덧거름(웃거름)

우리나라의 강우 분포를 보면 6~8월에 몰려 있어 이 시기에 토양 중의 질소와 칼륨의 손실이 많다. 6~7월 장마기는 새 가지와 과실의 생장이 가장 왕성한 시기로 거름 흡수량도 급격히 증가하므로 부족하기 쉬운 질소와 칼륨을 사용하여야 한다. 질소는 연간 사용량의 20~30%, 칼륨은 포도알 비대기에 다량 필요하기 때문에 40%를 사용한다.

### ③ 가을 거름

수확 후 속효성 거름을 사용하면 결실로 쇠약해진 나무의 세력이 회복되고 탄소동화 작용도 촉진되어 양분이 많이 축적된다. 가을 거름은 겨울철 내한성과도 관련이 있고, 이듬해 봄의 발아, 새가지 신장, 개화, 결실에도 큰 영향을 미치므로 매우 중요하다. 그러나 가을 거름을 너무 많이 주면 2차 생장이 일어나 축적된 양분을 소모하므로 나무 세력이 왕성할 때는 질소질 거름은 사용하지 않으며 요소를 엽면 시비하기도 한다. 시비량은 질소와 칼륨의 연간 사용량의 10% 범위에서 조절한다.

### ④ 엽면 살포

엽면 살포는 토양 중에 양분이 없거나 일시적으로 흡수가 되지 않아 생리장해가 발생할 때 긴급 처방으로 이용하는 방법이다. 엽면 시비는 일시적인 효과를 얻는 것이므로 장기적으로 사용할 방법은 아니다. 잎에서 흡수되는 양분은 잎의 구조, 영양 상태, 기상 조건, 엽령, 살포 용액의 농도와 pH, 계면활성제 사용 유무에 따라 달라진다. 또 잎의 뒷면으로 흡수가 잘되므로 고루 묻게 살포를 잘해야 한다. 살포 후 비가 내리면 잎 표면에 서 유실이 많으므로 다시 살포해야 한다.

## 4) 토양 개량

포도나무는 영년생 작물로 재식 후 수령이 증가할수록 토양의 영향을 더 많이 받는다. 이는 뿌리의 깊이가 포도나무 생육에 영향을 많이 주기 때문이다. 다시 말하면 포도원 토양은 표토뿐만 아니라 심토도 포도 재배에 적합해야 한다.

### (1) 토양 개량의 목표

과원의 토양 개량은 심경, 유기물 시용 등의 물리성 개선과 관수, 배수 등의 방법으로 하는 것으로, 석회 투입 등에 의해 화학성을 개선하는 것을 말한다. 토양 물리성 개량 방법으로는 심경과 폭기식 심토파쇄가 있으며 심경은 농가에서 거의 하지 않는다.

### (2) 심토파쇄에 의한 물리성 개량

#### ① 처리 방법

폭기식 심토파쇄기는 기종에 따라 차이는 있으나 파쇄 반경을 고려해 심토파쇄기에 부착된 공기주입기를 통해 압력 10 kg/cm<sup>2</sup> 내외의 공기를 주입하는 것이다. 심토파쇄기 공기 주입봉은 길이가 40~60 cm로, 일시에 압축 공기를 보내기 때문에 심층에 균열이 일어나 공극률이 늘어난다. 수관 하부에 2~3 m 간격으로 처리하여 처리된 부위가 서로 연결돼 배수 효과를 촉진해야 하기 때문에 토성에 따라 2.0~2.5 m 간격으로 처리한다.

#### ② 처리 시기

폭기식 심토파쇄기에 의한 심토파쇄 작업은 뿌리 손상이 적으므로 생육이 왕성한 시기를 제외하고 계절에 관계없이 실시할 수 있으나 심경하는 시기인 이른 봄에서 토양이 녹는 시기인 4월까지가 적기이다. 여름에는 장마 후기에 배수를 고려하여 실시할 수 있으나 처리 후 비가 오지 않을 때는 한발 피해를 받을 수 있으므로 물 관리를 세심하게 해야 한다.

#### ③ 인력 절감 효과

폭기식 심토파쇄기는 1회 작업 시간이 30초 이내이며, 경운기 부착형의 경우 1일 0.5~1 ha를 처리할 수 있어 인력을 절감하는 토양 물리성 개량 방법이다.

#### ④ 폭기식 심토파쇄기의 종류

폭기식 심토파쇄기에는 부착형, 일체형, 휴대용이 있다. 부착형과 일체형은 심토파쇄와 동시에 석회를 심층에 공급할 수 있으나 휴대용은 심토파쇄만 가능하다. 부착형과 일체형은 휴대용에 비하여 가격이 워낙 비싸 농가 실정에 맞는 기종을 선택하여 이용하는 것이 효과적이다(그림 5-9).





그림 5-9 심토파쇄기의 종류

### ⑤ 물리성 개량 효과

폭기식 토양 처리를 하면 기상(氣相)이 현저히 증가하고 단위 부피당 뿌리의 밀도가 높아진다. 통기성에서도 혼층구, 혼층구+배수구 처리보다 좋아져 물 빠짐이 좋고 근권 부위도 넓혀져 포도 생육에 도움이 된다(표 5-11).

표 5-11 배 과원 심토 처리별 토양 물리성 개량 효과

| 구분                            | 무처리   | 혼층구   | 혼층구+배수관 | 폭기식 파쇄 |
|-------------------------------|-------|-------|---------|--------|
| 경도(mm)                        | 26.0  | 25.4  | 23.4    | 24.6   |
| 가비중(g/cm <sup>3</sup> )       | 1.41  | 1.34  | 1.32    | 1.28   |
| 통기성(cm/sec)                   | 1.14  | 2.09  | 2.66    | 1.32   |
| 고상(%)                         | 53.21 | 50.53 | 49.99   | 48.45  |
| 액상(%)                         | 28.21 | 23.17 | 25.26   | 22.66  |
| 기상(%)                         | 18.58 | 26.30 | 24.75   | 28.89  |
| 뿌리밀도(mg/350 cm <sup>3</sup> ) | 70    | 150   | 530     | 570    |

\* 농토배양기술(1992)

### (3) 화학성 개량

포도나무는 pH가 6.5 정도, 석회포화도가 60% 이상은 되어야 잘 생육한다. 토양 화학성을 개량하기 위해 석회와 유기물은 심경 후 혼합하여 사용하고 인산질 비료도 과원 전체 토양에 혼합되도록 전층시비(全層施肥)를 한다. 토양 검정에 따른 시비가 합리적이나 해마다 150~300 kg/10 a 정도를 pH가 6.5 정도 될 때까지 시용하며 산도 교정과

함께 마그네슘 결핍을 방지하기 위하여 고토석회를 2~3년마다 주는 것이 좋다.

일반적으로 1970년대에서 1980년대 초반까지는 붕소 결핍에 따른 화진, 과육흑변 현상이 나타났으나 요즘은 원예용 복비나 과수 전용 복합비료를 다량 사용해 과다증상과 과비에 따른 질소 과다 등 양분 불균형 축적으로 피해가 많이 나타나고 있다.

## 4. 포도 병해별 피해 증상과 방제 대책

포도는 영년생 작물로 월동기 방제의 개념이 필요하다. 이를 위해 전년도에 발생하여 나무의 줄기, 거친 껍질, 낙엽 등에서 월동하고 있는 병원균을 제거하거나 초기 밀도를 낮추는 작업이 필요하다.

과원 내 수관이 지나치게 복잡하면 바람과 햇볕이 잘 통과되지 않아 수관(樹冠) 내 온도가 올라가고 강우 후 빗물이 쉽게 마르지 않아 습도가 높게 유지되어 병이 많이 발생한다. 이때 바람과 햇볕이 잘 통하도록 관리하면 병의 발생률을 낮추는 효과가 있다. 한편, 토양이 과습해지면 나무가 약하게 자라고 병에 대한 내성도 약해지므로 배수 관리를 철저히 해야 한다. 또 질소를 과다하게 시비하면 나무가 도장하거나 연약하게 자라서 병에 약해지므로 유기물 과다 사용도 피해야 한다. 특히, 완전히 부숙되지 않은 유기물을 시용할 때는 주의해야 한다.

### 1) 갈색무늬병(褐班病, Leaf spot)

#### (1) 피해 증상과 발생 생태

잎에 흑갈색의 점무늬가 생기고 갈색으로 변하여 조기에 낙엽이 된다. 5~6월 강우로 형성된 분생포자는 잎의 뒷면에 있는 기공을 통하여 침입해 15일의 잠복기간을 거쳐 병반을 형성한다. 7월이나 해에 따라서는 6월 말부터 발생하며 8~9월에 가장 많이 발생한다.

#### (2) 방제 대책

수세가 약한 나무에 잘 발생하므로 질소가 많지 않도록 비배 관리를 하고 수관 내부

에 햇빛이나 바람이 잘 통하도록 관리해야 한다. 또 배수 등에 유의해야 하며 전염원이 되는 낙엽은 긁어모아 태워야 한다. 봄철 나무가 발아하기 전에 석회유황합제를 살포한다. 친환경방제를 실시하는 경우, 병이 발생하기 전부터 석회보르도액을 살포하면 병을 효과적으로 방제할 수 있다.



잎의 앞면



잎의 뒷면

그림 5-10 갈색무늬병

## 2) 꼭지마름병(房枯病, Black rot)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

꼭지마름병은 보트리오페리아 도티데아(*Botryosphaeria dothidea*)라는 병원균이 원인이 된다. 주로 과실이 익어갈 무렵 과실과 열매꼭지에 발병하는데, 대립계(大粒系) 포도가 특히 피해를 심하게 받는다.



그림 5-11 꼭지마름병

### (2) 방제 대책

비배 관리를 합리적으로 하고 배수에 유의하여 나무의 세력을 잘 유지한다. 병든 포도송이는 바로 제거하고 봉지재배나 비가림재배를 한다. 약제 방제는 장마기에 예방 위주로 철저히 해야 하나 잠복기가 길기 때문에 성숙기에 발병하면 방제하기 곤란하므로 1차 전염을 막는 것이 중요하다.

### 3) 노균병(露菌病, Downy mildew)

#### (1) 피해 증상과 발생 생태

여름부터 가을에 걸쳐 발생하며 주로 잎에 발생하나 새순과 과실이 피해를 받기도 한다. 잎에서의 병반은 초기에는 윤곽이 확실하지 않은 담황록색으로 나타나지만 이 부분을 햇빛에 비춰보면 마치 기름이 뻗 것처럼 보인다. 늦게 감염된 포도알은 시들고 갈색으로 변하며 결국 미라처럼 되어 열매꼭지에서 떨어진다.

#### (2) 방제 대책

병원균이 피해 낙엽에서 월동하므로 낙엽은 되도록 모두 모아 매몰하거나 태워버린다. 수관 하부를 쪼이나 비닐로 피복하여 빗물이 튀어 전염되는 것을 막는다. 질소 비료를 과다 사용하지 말고 저항성 품종인 미국종이나 교배종을 심는다. 발아 전에 석회유황합제를 살포하여 예방하는데, 생육기에 발병하면 방제하기 어려우므로 감수성 품종에서는 발병 전 예방 약제를 살포해야 한다.



잎의 앞면



잎의 뒷면

그림 5-12 노균병

### 4) 새눈무늬병(黑痘病, Bird's eye rot)

#### (1) 피해 증상과 발생 생태

봄철 비가 자주 오면 조식이 경화되기 전 어린 잎, 줄기, 덩굴손, 과실에 발생한다. 잎에서는 처음에는 가장자리가 적갈색 또는 보랏빛인 연회색 점무늬가 생겼다가 나중에 융합되는데, 특히 잎 뒷면의 잎맥 인접부 우묵한 곳에 많이 발생한다.



## (2) 방제 대책

병든 가지, 과실, 덩굴손 등을 제거하여 전염원을 줄이고, 질소비료를 과용하지 않도록 하며 수세를 충실하게 관리한다. 비에 의해 병원균이 비산되므로 비가림재배로 병 발생을 줄인다. 월동 직후 발아 전에 석회유황합제를 살포한다.



과실



가지

그림 5-13 새눈무늬병

## 5) 잿빛곰팡이병(灰色黴病, Gray mold rot)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

봄에 꽃과 신초가 감염되어 갈색으로 변하며 마른다. 늦은 봄이나 꽃이 피기 전에는 크고 부정형의 검붉은 반점이 잎에 나타난다. 감염된 꽃은 부패·건조되어 떨어진다. 성숙한 과실에서는 상처 또는 표피를 통해 직접 침입하여 전체 포도송이를 감염시킨다.



그림 5-14 잿빛곰팡이병

### (2) 방제 대책

병든 가지나 잎을 땅에 묻거나 태워 월동 병원균의 밀도를 낮춘다. 질소비료 과용으로 잎이나 가지가 너무 무성하지 않도록 하고, 수관 내부까지 공기와 햇빛이 잘 통하도록 관리한다. 병이 발생하기 좋은 조건이면 약제를 살포하는데, 약제는 예방적으로 살포해야 효과가 있다. 약제는 개화 직전부터 낙화 직후까지 살포해야 하며 병원균이 약제에 내성이 생기는 것을 막기 위해서 작용 기작이 다른 약제를 번갈아 살포한다.

## 6) 탄저병(炭疽病, Ripe rot)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

포도알이 콩알 정도 크기일 때부터 발생하는데 담갈색 또는 흑갈색의 파리똥 모양의 작은 반점이 생긴다. 성숙함에 따라 병반이 점차 확대되며 윤문을 만들기도 한다. 여름철에 비가 잦은 우리나라에서는 해마다 많이 발생하는 병으로 방제를 소홀히 하면 포도를 거의 수확하지 못할 정도로 치명적인 피해를 준다.



그림 5-15 탄저병

### (2) 방제 대책

탄저병 발생 정도는 포도원의 재배 환경과 관리 방법에 따라 차이가 크다. 따라서 철저한 포장 관리와 더불어 약제를 충분히 살포해야 한다. 비가림 시설은 이 병의 방제에 매우 효과적이다. 빗물에 전염되므로 늦어도 포도알이 콩알만 한 크기가 되는 6월 말까지 봉지 씌우기를 끝낸다. 월동 병원균을 방제하기 위해 포도나무 발아 전에 석회유황 합제를 살포한다. 생육기의 약제 살포는 발아 후부터 10~15일 간격으로 하되 7~8월에 비가 잦으면 7~10일 간격으로 한다.

## 7) 흰가루병(白粉病, Powdery mildew)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

신초, 잎, 꽃송이, 과립 등에 발생하며, 심한 경우 발아 후부터 신초 전체가 말라 위축된다. 과방에서는 유과기부터 성숙기까지 감염되어 과병, 과립 등에 회백색 곰팡이를 만든다. 극히 약한 시기에 발병하면 과립은 발육하지 못하고 낙과하거나 약간 발육한 뒤 기형화하여 갈라지고 미숙한 채 경화되어 이른바 돌 포도가 된다. 병든 부위 또는 눈의 인편 등에 붙어 균사상태로 월동하고 다음 해 개화기를 전후하여 포자를 형성해 어린잎을 전염시킨다. 그늘진 부위나 연한 조직을 가해하는데, 개화기부터 가을에 걸쳐 새 가지, 꽃송이, 노출된 잎의 뒷면, 수관에 가려진 잎과 과실에 발병한다.

## (2) 방제 대책

병반이 있는 가지는 제거하고 병든 포도알은 발병 초기에 따 버린다. 통풍이 불량한 과원에서 심하게 발생하므로 전정과 순치기로 바람과 햇빛이 잘 통하도록 관리한다. 병든 가지는 병원균의 월동 장소이므로 제거하고 피해 낙엽은 모두 모아 땅속 깊이 묻거나 불에 태운다. 월동 이후 석회유황합제를 나무 전체에 살포하고 과경에 발병되는 것을 방지하기 위해서 과립이 밀착되기 전에 보르도액을 살포한다.



과실



잎

그림 5-16 흰가루병

## 8) 줄기혹병(Crown gall)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

지표면 뿌리 주변을 비롯하여 가지와 줄기에 침입하는 병이다. 처음에 작은 혹 같은 것이 생겨 이것이 점차 커지면서 굳고, 표면에는 주름이 생기면서 농갈색으로 변한다. 땅속에 퍼져 있던 병원균이 묘목의 접목부나 뿌리의 상처를 통해 침입해서 발병하며, 빗방울의 비산에 따라 다른 상처 부위로 침입해 줄기에도 발병하게 한다.



그림 5-17 줄기혹병

### (2) 방제 방법

주로 묘목에 의해 전염되므로 묘목을 구입할 때 특히 주의해야 하며, 뿌리에 혹이 붙어 있는 것은 구입하지 말아야 한다. 포도원에서 이 병이 발견되면 나무를 뽑아 태우고

그 부위에 있던 흙은 파낸 뒤 가능하면 다른 흙으로 객토한다. 이 병은 나무의 새로운 상처로 침입하므로 특히 뿌리 부위가 상처를 받지 않도록 조심하고 뿌리를 가해하는 해충을 구제한다. 겨울철 땅에 묻는 품종은 비닐이나 피복 재료로 싸서 묻는다. 토양에서는 포도나무를 재배하지 말고 다른 작물을 재배하는 것이 좋다.

## 5. 포도 충해별 피해 증상과 방제 대책

국내 포도원에서 발생 밀도가 높고 피해가 많아 살충제 등을 살포하여 방제해야 할 정도로 문제가 되는 해충은 10여 종이다. 이들의 피해 정도는 포도 재배 방식에 따라 약간 차이가 있다. 노지 포도원에서는 꽃매미, 큰유리나방, 포도유리나방, 애무늬고리장님노린재, 포도호랑하늘소 등의 피해가 많으나, 시설 포도원에서는 응애류, 가루깍지벌레, 포도들명나방 등의 발생량이 상대적으로 많다. 한편, 애매미충류와 총채벌레류는 노지와 시설 포도원에서 모두 피해가 많으므로 발생 초기부터 철저히 방제해야 한다.

### 1) 꽃매미(Lantern fly)

#### (1) 피해 증상과 발생 생태

약충과 성충이 잎과 줄기에서 즙액을 빨아먹어 수세를 크게 떨어뜨리고, 배설물에 의해 과실에 그을음병이 유발되어 상품 가치가 떨어진다. 1년에 1회 발생하며 알 덩어리로 포도나무 줄기나 지주 등에서 월동한다. 월동 알은 4월 하순경부터 부화하여 6월 상순이면 대부분 부화한다. 약충(애벌레)은 4회에 걸쳐 탈피한 뒤 7월 하순부터 성충이 된다. 성충은 나무의 줄기에서 즙액을 빨아먹고 살아가다가 9월 하순경부터 교미한 뒤 월동 알을 낳는다.

#### (2) 방제 방법

꽃매미는 약제에 대한 감수성이 매우 높아 살충제를 살포하면 쉽게 방제할 수 있다. 그러므로 월동 알이 부화되는 5월 중하순에 약제를 살포하여 초기 밀도를 낮춰야 한다. 이 해충은 이동 능력이 뛰어나서 야산이나 다른 과수원에서 계속 유입되므로 약제를 지



속적으로 살포해야 하는 어려움이 있다. 그러므로 될 수 있으면 다른 과수원과 동시에 약제를 살포하는 것이 좋고 인근 야산에 자생하는 가중나무에도 약제를 살포하거나 나무를 제거해야 피해를 줄일 수 있다. 방제 약제로는 스톨네트, 타스타, 모스피란, 세베로, 코니도, 아타라, 스미치온 등이 있다.



알 덩어리

약충

성충

그림 5-18 꽃매미

## 2) 큰유리나방(Red-necked clearwing moth)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

유충이 포도 줄기를 갉아먹어 수세를 크게 떨어뜨리고, 심하면 나무 전체가 말라 죽는다. 피해 양상이 박쥐나방과 비슷하여 오인하기 쉽다. 1년에 1회 발생하며, 다 자란 유충으로 땅속에서 월동한다. 봄에 번데기가 되며 6월경부터 성충이 발생한다. 성충은 포도 줄기에 알을 낳고 부화한 유충이 줄기 속으로 들어가 지속적으로 가해한 뒤 가을에 다 자라면 땅속으로 이동하여 아몬드 모양의 고치를 짓고 월동에 들어간다.

### (2) 방제 방법

방제시기를 놓치면 유충이 줄기 속에서 가해하기 때문에 약제의 효과를 기대하기 어렵다. 그러므로 노지 포도의 경우에는 성충이 산란한 알이 부화하는 6월 하순에서 7월 상순에 약제가 줄기에 충분히 묻도록 살포해야 한다. 큰유리나방 유충의 피해를 받은 줄기에는 배설물이 다량 배출되어 있으므로 이 부분을 칼, 가위 등으로 파헤쳐 유충을 잡아 죽이는 것이 효과적이다. 현재 큰유리나방에 등록된 약제는 없으나 포도에 등록된



유충



성충



피해 가지

그림 5-19 큰유리나방과 피해 모습

나방류 방제약제(뚝심, 스미치온, 메프치온, 알타코아 등)를 이용하여 방제한다.

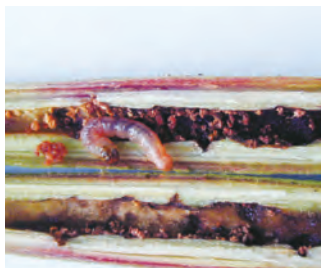
### 3) 포도유리나방(Grape clearwing moth)

#### (1) 피해 증상과 발생 생태

유충이 신초 속을 파먹어 들어가는데, 유충이 들어 있는 부분은 줄기가 볼록하게 부풀어 오른다. 피해 받은 가지의 잎은 말라 죽고 과실은 상품성이 떨어진다. 1년에 1회 발생하며 노숙유충으로 피해 가지 속에서 월동한다. 월동 유충은 4월 중하순부터 번데기가 되고 5월 중순에서 6월 중순에 성충이 나타난다. 성충은 잎자루의 밑부분에 1개씩 알을 낳으며, 알에서 부화한 유충은 신초 속으로 파먹어 들어간다. 유충이 자람에 따라 피해 가지는 점차 방추형의 혹으로 변한다.

#### (2) 방제 방법

방제 적기는 성충이 산란한 알이 부화하는 6월 상중순이다. 전정할 때 방추형으로 부풀어 오른 피해 가지를 제거하여 불에 태워야 한다. 포도에 등록된 나방류 방제 약제를 이용하여 방제한다.



유충



성충



피해 신초

그림 5-20 포도유리나방과 피해 모습

#### 4) 볼록총채벌레(Chilli thrips)

##### (1) 피해 증상과 발생 생태

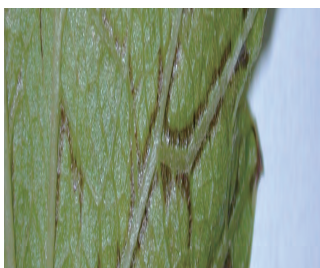
약충과 성충이 포도의 잎, 줄기, 과실을 가해하며, 특히 어린 과실에 피해가 크다. 피해를 받은 어린잎에는 작은 반점이 생기며 심하면 잎이 오그라든다. 잎이 심하게 피해를 받으면 뒷면이 갈색으로 변하고 표피가 코르크화한다. 과실이 피해를 받게 되면 회백색 또는 갈색의 부스럼딱지 같은 반점이 생기고 과경도 변색되기 때문에 상품 가치가 크게 떨어진다. 성충이나 번데기로 거친 나무껍질 밑, 낙엽 아래, 얇은 토양 속에서 월동한다. 연간 발생 횟수는 지역에 따라 달라 따뜻한 지역에서는 7~8회, 추운 지역에서는 5~6회 발생한다.

##### (2) 방제 방법

방제 적기는 개화 전부터 낙화 후까지 약 1개월이며 밀도가 높은 경우에는 7월 중순에 추가로 약제를 살포해야 한다. 성충은 주로 신초의 어린잎에 모여 가해하고 산란하기 때문에 불필요한 신초는 빨리 없애야 하며, 신초의 생육을 조장하는 다비재배를 피해야 한다. 방제 약제로는 팬텀 등이 있다.



성충



피해 잎



피해 과실

그림 5-21 볼록총채벌레와 피해 모습

## 5) 애무늬고리장님노린재(Pale green plant bug)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

약충과 성충이 어린잎과 과실을 가해한다. 어린잎이 피해를 받게 되면 즙액이 빨린 부위의 조직이 죽어 바늘로 찌른 것처럼 갈색으로 변하지만, 나중에 잎이 자라면서 이 부위에 구멍이 크게 생기고 전체 잎은 너덜너덜해지거나 기형이 된다. 개화 전후 또는 착립기에 흡즙 피해를 받게 되면 꽃송이가 말라 죽거나 과피흑변, 코르크화, 소립과 증상이 나타난다.

휴면 중인 포도 눈의 인편 틈에서 알로 월동하고 이듬해 봄에 신초가 3 cm 정도 자랄 무렵인 3~4엽기에 알에서 부화한다. 부화한 약충은 신초 끝부분에 있는 잎을 가해하다가 꽃송이가 출현하면 과방을 가해한다. 1세대 성충은 5월 하순에서 6월 상순, 2세대 성충은 6월 하순에서 7월 중순, 3세대 성충은 8월 중순에 나타난다. 8월 중순 이후에 1~2세대가 더 발생하는 것으로 추정된다. 포도원 내 또는 과원 주변에서 서식하던 성충은 10월 중순경 포도나무로 이동하여 월동 알을 낳는다.

### (2) 방제 방법

방제 적기는 발아기(3~4엽기)부터 꽃송이 형성기이며 심하게 발생하면 이 기간에 2회 정도 방제가 필요하다. 현재 등록된 약제로는 청실홍실, 캡처, 팬텀, 바이넷(바이스타), 코니도 등이 있다.





성충



피해 잎



피해 과실

그림 5-22 애무늬고리장님노린재와 피해 모습

## 6) 애매미충류(Grape leafhopper)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

약충과 성충이 잎과 과실에서 즙액을 빨아 먹는다. 잎 뒷면에서 번식·가해하게 되면 잎이 엽록소를 잃어 하얗게 변하며 광합성 능력이 떨어져 과실의 착색과 성숙이 불량해진다. 심하게 발생하면 과실에 그을음병을 유발해 상품 가치를 크게 떨어뜨린다.

과거에는 포도에 주로 발생하는 애매미충은 두점박이애매미충(포도쌍점애매미충)으로 알려져 있었으나, 최근 조사한 결과에 따르면 우리나라에서 발생하는 애매미충류는 이슬애매미충, 이마점애매미충, 검은볼애매미충 등이며, 이 중에서 이슬애매미충이 가장 큰 피해를 주는 것으로 밝혀졌다. 애매미충은 성충으로 낙엽 속, 잡초 밑, 거친 껍질의 틈에서 월동한다. 연 3회 발생하는데 1세대는 6월에서 7월, 2세대는 8월, 3세대는 9월에 나타난다.

### (2) 방제 방법

방제 적기는 월동 성충이 활동하는 발아기(4월 중순)부터 다음 세대의 새로운 성충이 나타나는 6월 중하순 이전까지이므로 이 기간에 볼록총채벌레와 함께 방제하는 것이 좋다. 현재 등록된 약제로는 바람탄, 만장일치, 코니도, 빅카드, 톱소리, 스미치온 등이 있다.



약충



성충



피해 잎

그림 5-23 애매미총류와 피해 모습

## 7) 포도호랑하늘소(Grape borer)

### (1) 피해 증상과 발생 생태

유충이 눈 부분으로 뚫고 들어가 목질부를 가해하기 때문에 윗부분이 말라 죽는다. 5월경 가해 부위에서 수액이 흘러나와 초기 발생을 확인할 수 있다. 피해가 계속되면 가지가 쉽게 꺾인다. 연 1회 발생하고 피해 가지 속에서 어린 유충 형태로 월동한다. 4월 상순부터 월동 유충이 활동하며 줄기 내부로 먹어 들어간다. 줄기 내부에서 번데기가 되며 7월 하순경부터 성충이 발생하여 9월 중순까지 계속된다. 성충은 줄기마디의 눈과 잎자루 틈새에서 산란한다. 알에서 부화한 유충은 눈을 통해서 표피 밑의 목질부에 알게 먹어 들어가 형성충을 가해하다가 3 mm 정도 크기의 유충으로 월동에 들어간다. 이 해충은 배설물을 가지 밖으로 배출하지 않고 구멍에 그대로 두기 때문에 외관상 발견하기 어렵다. 피해를 입은 가지 표피가 검게 변한다.

### (2) 방제 방법

방제 적기는 성충의 발생 최성기인 8월 상순에서 9월 중순과 부화 유충이 가지 속으로 먹어 들어가는 시기인 10월 상순이다. 전정할 피해 가지를 과수원 주위에 그대로 두면 발생 원이 되기 때문에 불에 태워야 하며, 전정할 때 표피가 검게 변한 부위를 칼로 잘라 유충을 잡아 죽이는 것이 좋다. 현재 등록된 약제로는 메프치온, 스미치온 등이 있다.



유충



성충



피해 줄기

그림 5-24 포도호랑히늘소와 피해 모습

## 6. 포도 생리장애의 원인과 대책

포도의 생리장애는 당의 재분배, 수분의 이용 관계, 영양 물질의 공급기능 장애 등으로 일어난다. 포도 생육 초기의 발아 장애에 속하는 것으로는 휴면 증상, 주아괴사현상 등이 있고, 결실과 관련된 장애로는 꽃떨이현상, 성숙 장애, 방고증상 등이 있다. 영양 성분의 과부족에 따른 장애로는 질소의 과다 및 결핍, 칼륨 결핍, 마그네슘 결핍, 붕소 결핍 증상이 과실이나 잎에 나타난다. 그 밖에 기온이나 수분 조건과 같은 환경이 부적합하여 과실이나 잎에 나타나는 장애로는 열과, 일소, 잎 시들음 증상, 축과 증상 등이 있다.

### 1) 꽃떨이현상[花振現狀]

수분과 수정의 장애로 정상 과립이 부족해서 온다. 정상 꽃을 피운 포도나무의 꽃떨이현상은 당의 재분배 장애로 시작되며 시기에 따라 다른 모습을 보인다. 과립이 떨어지는 현상은 과립 크기가 1~2 mm일 때 색깔이 벌어지고 생장이 멈추면서 일어난다. 소과경이 붙은 상태에서 과립이 떨어지거나 과정에 붙은 채로 마른다. 꽃떨이현상이 일어난 과정은 정상과립이 소수이고 소과립이 건조 상태로 혼합되어 있다.

#### (1) 발생 원인

꽃떨이현상은 화기의 불완전, 불수정 및 수정 후 배의 퇴화 등으로 정상적인 개화, 수



소과립이 떨어지는 증상



소과립이 과경에 붙은 채로 마른 증상

그림 5-25 꽃떨이현상

정이 일어나지 않았기 때문에 나타나는데, 그 원인으로는 유전적 원인, 기상적 원인과 영양학적 원인 등을 들 수 있다.

#### ① 유전적 원인

결실률이 낮은 품종이 착립 불량인 주원인은 화분의 형태적 이상, 주두의 구조적 결함, 배낭과 배주의 불완전, 품종에 따라서는 배주의 퇴화라고 하는데, 개화기 거봉의 완전 배주율은 48%로 가장 낮았고 캠벨얼리와 다노레드는 70% 이상이다. 주요 재배 품종의 화분 발아율이 6% 이상이면 정상적인 결실이 가능하므로 꽃떨이현상의 원인은 화분보다 배주의 발육 불량일 경우가 많다.

#### ② 기상적 원인

포도의 개화와 수정은 개화기 기상에 크게 영향을 받는다. 개화기의 강우, 저온, 강풍 등은 꽃가루 발아율을 떨어뜨려 정상적인 수정을 방해하며 개화기 이후 일조 부족이나 저온 역시 배주 발달을 억제하여 결실이 불량해진다. 거봉은 개화기에 다소 고온을 요하므로 시설재배의 경우 야간온도는 15℃ 이상, 주간온도는 30℃ 정도가 알맞으며, 저온에서는 결실이 불량한 경우가 많다. 시설재배는 주간에 고온으로 되기 쉬워 결실을 저해하는 요인이 될 수 있다. 개화기에 비가 오면 기온이 낮고 다습하여 결실이 불량하게 되기 쉽다.

#### ③ 영양학적 원인

수정된 배가 떨어지는 꽃떨이현상은 영양학적 기작에 따른 것이다. 떨어진 과립은 탄



수화물이 부족한 것이므로 영양을 공급해 과립 탈락을 피할 수 있다. 꽃떨이현상은 환상박피에 따른 통로 기능 방해, 조기낙엽 등으로 배의 삼투압이 약해져 일어난다. 잎의 겹침으로 생기는 성엽의 황화증상은 광합성 물질의 양을 감소시킨다. 일조 부족, 저온 등 외부 조건이 불량해도 광합성이 줄어들며, 경작이나 토양의 습윤 상태로도 악화될 수 있다. 발아 후 개화기까지 포도나무의 생장과 발육은 주로 지난해 수체 내에 축적된 저장양분에 의존한다. 저장양분이 부족하면 새 가지와 뿌리의 생장도 불량해지고 화기의 분화, 발달에 아주 나쁜 영향을 미친다.

조기낙엽, 결실 과다, 질소 과다 등 저장양분의 축적을 나쁘게 하는 재배 관리는 화기 발달에도 지장을 준다. 그래서 송이가 작아지고 화기의 배주 및 꽃가루의 발육이 불량해져 개화, 수정이 순조롭지 못해 착립이 불량해진다.

수세가 안정된 포도나무는 개화기 무렵부터 신초 생장이 서서히 둔화되는데 질소를 과다 시비하거나 강전정을 하면 개화기에도 신초가 계속 웃자란다. 그러면 체내의 저장양분과 잎에서 형성된 동화양분이 대부분 신초 생장에 사용되고 꽃송이로 이행되는 양분이 줄어들게 되어 배주와 꽃가루 등의 화기가 정상으로 발육하지 못한다. 따라서 개화와 수정이 불량하게 되고 수정된 배도 발육이 불완전하여 포도알이 떨어지거나 작은 무핵과(無核果)가 달리게 된다. 개화기 꽃잎이 정상으로 떨어지지 않고 씨방에 붙어 있거나 꽃잎 일부가 약간 찢어진 채 수술에 의해 위로 묻혀 다갈색으로 변하게 된다. 이와 같이 꽃잎이 정상으로 떨어지지 않으면 수분과 수정이 되지 않아 개화 후 곧 떨어지거나 씨가 없는 소과립(小果粒)으로 되어 착립이 불량해지기도 한다. 이 소과립은 무핵과라고도 하는데, 크기가 다양하다.

## (2) 방지 대책

꽃떨이현상은 여러 가지 원인으로 일어나는데 조기낙엽, 질소 과다 시비, 결실 과다 등을 피해 수체 내 저장양분이 충분히 축적되도록 해서 화기가 잘 발달되게 해야 한다. 강전정, 밀식, 질소 과다 시용에 따른 개화기 신초의 웃자람은 꽃떨이현상을 불러오므로 세력이 강한 신초는 개화 전 4~5일경에 신초 끝부분을 순지르기하거나 질소 과다 시용을 억제하고 단근처리를 하여 수세를 안정시킨다.

화기가 충실하게 발달하려면 수체 내에 저장양분이 충분하도록 과다 결실을 피하고 생육 후기까지 잎을 잘 관리하여 조기낙엽이 되지 않도록 병충해 방지에 유의해야 한

다. 이와 아울러 토양이 과습하거나 건조하지 않도록 관리해야 한다. 특히 미량원소 중 붕소는 화기 발달에 중요한 역할을 하므로 결핍되지 않도록 미리 토양에 시용하거나 개화 1~2주 전에 0.2%액을 엽면 시비한다.

개화기 강우에 의한 저온다습은 결실에 불리한데 피복재배는 결실을 안정시켜준다. 피복재배의 경우, 시설 내 환경 조건이 결실에 알맞도록 온도를 25℃ 내외로 관리하고 실내 습도는 다소 건조한 것이 좋다. 개화기 잿빛곰팡이병이 꽃송이에 발생하면 결실이 매우 나빠지므로 개화 전에 적당한 살균제를 살포한다. 이 병은 특히 시설재배에서 많이 발생하는 경향이 있으므로 시설 내 공기가 과습하지 않도록 관리한다.

## 2) 열과(裂果)

성숙기 가까이 되면서 과피가 파열되는 현상으로 비가 올 때 많이 나타나며 품종에 따라 정도 차이가 크다. 열과된 과립에서 과즙이 흘러내리면서 주위의 과립이 연쇄적으로 터지고 벌이나 파리 등 과즙을 빨아먹는 곤충이 모여 과피를 오염시킨다. 또 잿빛곰팡이병이나 탄저병이 심하게 발병하여 품질을 크게 손상시킨다. 심한 경우에는 과방축이 연화되면서 방고증상이 나타나 피해가 극심해진다.



그림 5-26 열과 발생

### (1) 발생 원인

성숙기의 강우가 열과의 직접적 원인이다. 뿌리나 송이에 과다 흡수된 수분 때문에 포도알 내부의 팽압이 증가되어 과피의 탄력성을 증가하면 과피의 가장 약한 부분이 파열되어 열과되는 것으로 알려져 있다. 포도알이 밀착되는 품종에서 과피가 열과되는 것은 큐티클(cuticle)층의 발달이 불량하고 포도알 비대 기간 중 상호 접촉에 따른 미세한 균열 때문이라 한다. 열과의 발생 정도는 수세와 밀접한 관계가 있다. 질소를 과다하게 사용하여 신초가 웃자라거나 강전정, 밀식 때문에 수관이 복잡해지면 수관 내부의 광선 투과가 불량해져 과피 발육이 나빠지고 과피가 연약해져 쉽게 열과된다. 열과 정도는 토성과도 관계가 있는데 일반적으로 보수력이 좋고 토양 수분도 적합한 사양토에서 덜

발생하며 강우에 따라 건습 차이가 심한 사질토에서 열과가 심하게 발생한다.

## (2) 방지 대책

포도나무를 튼튼하게 생육시켜 과실 표피가 강하게 하는 것이 열과를 방지하는 데 무엇보다 중요하다. 질소 비료가 과다하면 나무가 연약하게 도장되고 포도알이 급격하게 비대해지거나 과피가 연약해지므로 시비에 유의해야 한다. 과다 결실이 안 되도록 전체 수량은 물론 송이마다 알맞은 크기로 다듬어 결실을 조절하는 것이 중요하다. 또 수관 내부까지 투광과 통풍이 잘되도록 신초를 적당히 솎아 과피의 강도를 높인다.

과립이 밀착하는 품종은 알숙기를 하여 열과를 방지한다. 봉지 씌우기도 비가 내릴 때 과피를 통한 직접적인 수분 흡수를 막아 열과를 어느 정도 줄일 수 있으나 뿌리에서 흡수되는 수분에 더 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 토양의 수분양이 급격히 변화되지 않게 하는 것도 열과 방지 효과가 좋다고 알려져 있다. 가물 때는 관수를 하고 짚이나 비닐 멀칭을 하여 토양의 수분양 변화를 막아야 한다. 비가림재배와 지표면 비닐 멀칭을 동시에 하면 토양 수분양의 급격한 변화를 줄여 병이 덜 발생하고 열과도 현저히 줄어들며, 과실의 당도가 높아지고 수량도 많아진다. 관수와 배수를 적절히 하여 토양 수분 변화량을 줄이는 것도 중요하다.

## 3) 방고증상(房枯症狀)

착색기 이후 과방의 줄기 부분이 갈변·고사하여 과립이 마르거나 떨어지는 현상이다. 증상이 가벼우면 착색이 불량하고 당도가 낮아 품질이 떨어지고, 수확할 때 탈립이 되기 쉽다. 이와 유사한 피해로 과축괴사 현상과 잿빛곰팡이병에 의한 증상이 있다.

### (1) 발생 원인

복합적인 요인이 관여하는 것으로 알려져 있는데, 질소 과다 시용, 결실 과다, 척박한 토양 조건, 밀식, 칼륨 및 고토 결핍, 수분의 과·부족, 신초의 도장 등으로 과경이 약화된 상태에서 병원균이 침입해 나타나는 현상으로 추정한다. 골든 킨 포도의 증상 발생 주의 엽병을 분석한 결과, K/Mg, K/Ca+Mg 비율이 낮았으며 방고 증상이 발현된 수축에서는 방고병균(*Physotheca baccae*)과 백부병균(*Coniothyrium dilpodiella*)이 검출

되었다. 이 증상은 품종이나 대목의 종류에 따라 발현 정도가 다른데, 유럽계 포도에서 심하며 다른 품종에서도 흔히 발생한다.

## (2) 방지 대책

결과량을 조절하여 과다 결실되지 않게 하고 과방이 큰 품종은 알맞은 크기로 다듬어 준다. 질소 비료를 과다 시용하거나 늦게 시용하지 않음으로써 도장이나 늦자람이 나타나지 않도록 하고 토양 수분을 적절히 조절한다. 특히 마그네슘 결핍은 과축괴사현상과 관련이 깊다고 하므로 결핍되지 않도록 한다. 신초가 많으면 그늘이 저서 약하게 생장하므로 알맞게 솎아준다.

## 4) 축과증상(縮果症狀)

결핵기 무렵 과립 표피에 흑갈색 반점이 나타나 점점 커지는데 손가락으로 누른 것처럼 쑥 들어가 있다. 과육이 자라면서 코르크화된 부분과 과육 사이에 공극이 생긴다.



그림 5-27 축과증상

## (1) 발생 원인

축과병은 고온기에 발생하는데 일부 세포가 수분 부족으로 고사하는 원인으로 알려졌으나, 최근 연구 결과 수분 부족뿐만 아니라 생장 중기를 중심으로 과실의 발육 생리와 관련하여 에틸렌 등 호르몬 불균형, 칼슘 부족 등과 관련된 것으로 밝혀졌다. 과실의 수분 부족은 뿌리에서 흡수하는 수분양보다 잎에서 증산하는 수분양이 많아 수분이 과실로부터 잎으로 탈취되는 데 기인한다. 따라서 직사광선을 받지 않는 과립뿐만 아니라 봉지를 씌운 과방에서도 나타난다.

## (2) 방지 대책

배수, 심경, 유기물의 보급 등 토양 관리에 유의하고 도장되지 않도록 특히 질소 과용을 피하고 밀식과 강전정인 안 되도록 관리해야 한다. 장마 중에 물이 고이는 곳이 없도



록 하고 건조할 경우 관수를 한다. 도장성인 신초는 적심을 하여 증산양이 많지 않도록 한다.

## 5) 잎 갈색반점증상

과다 결실에 따른 수세 약화로 발생하는데 잎의 중앙부 햇빛이 비치는 곳에 나타난다. 엽록체가 파괴되었거나 내용물을 사용하여 축적된 탄수화물이 적은데도 재생산을 하지 않아 나타난다. 과다 결실로 포도가 잘 익지 않으며 가지가 쉽게 갈변한다. 이듬해에 발아가 늦어지며 겨울 추위에 얼어 죽기도 한다. 어린 나무가 더욱 예민한데, 과다 생산과 칼륨 성분 부족으로 나타나는 것으로 알려져 있다. 성숙기 잎의 앞면에 갈색 얼룩이 갑자기 생기며 뒷면은 녹색 그대로 있다. 얼룩은 엽신 전체로 퍼지며 결국 잎 전체가 갈색이 되면서 시들어 떨어진다. 포도잎 갈색반점증상은 엽소 증상과 같이 오는데, 아직도 연구를 더 해야 한다.



그림 5-28 포도잎의 갈색반점과 엽소 증상

### (1) 발생 원인

과다 결실하거나 포도알이 빨리 커지는 품종 등에 잘 나타난다. 광합성 효율이 줄어들고 수세가 강하거나 생장기 동안 토양의 과습 등으로 생긴다고 알려져 있다.

### (2) 방지 대책

예방에 주력하는데, 특히 유목의 경우 과다 결실을 피하고 재식 전에 칼륨질 비료를 사용하며 질소 과다 사용을 하지 않는다. 갈색반점증상이 시작된 밭에서는 전정을 짧게 하고 칼륨비료를 사용하며 1년 이상 지난 뒤 질소비료를 사용한다.

## 6) 휴면증상(休眠症狀)

발아가 되어도 포도의 눈이 트지 않거나 늦게 발아되고, 발아되더라도 신초 생장이 불량해지며 심한 경우 신초가 말라죽는 증상이다. 재식 후 2~3년 된 유목에서 잘 나타

나므로 3년병이라고도 한다.

### (1) 발생 원인

질소 과잉이나 강전정 등에 의한 신초의 웃자람, 조기낙엽, 결실 과다, 척박한 토양으로 인한 수체 내의 저장양분 축적 불량으로 가지의 등숙이 나쁜 상태에서 저온이나 건조 피해를 받아 발생한다.

### (2) 방지 대책

가급적 내한성이 강한 품종을 재배하고 웃자람이나 늦자람이 일어나지 않도록 질소 과용, 밀식, 강전정을 피한다. 어린 나무는 결실량을 조절하여 수세가 떨어지지 않도록 한다. 나무를 튼튼하게 키우기 위하여 과다 결실이 되지 않도록 한다. 특히 질소비료가 과다하지 않게 균형 시비를 하여 생육 후반기에 신초의 경화가 잘되고 저장양분이 충분히 축적된 상태로 겨울을 나도록 하는 것이 중요하다.

조기낙엽이 안 되도록 갈반병, 노균병, 흑두병 등의 방제를 철저히 하고 마그네슘이나 미량 요소가 결핍되지 않도록 균형 시비를 한다. 또 배수 등 토양 관리를 잘하여 잎이 늦게까지 충실하게 유지되도록 하는 것이 중요하다. 겨울 동안 건조하면 관수를 하고 내한성이 약한 품종은 피복하거나 땅에 묻어서 월동하는 것이 안전하다. 가지숙기나 유인을 잘하여 잎은 물론 새 가지까지 햇빛이 잘 닿게 한다.

추운 지역에서는 땅에 묻는 것이 가장 효과적이다. 특히 세력이 왕성한 유목의 경우 휴면 증상이 예상되므로 2~3년은 묻어주어야 한다. 방한 자재를 이용하여 원줄기를 추위에서 보호하는데, 벚짚으로 원줄기를 싸서 보온하고 건조를 막는 것이 실용적이다. 맨 윗부분은 물이 스며들지 않도록 비닐로 싸는 것이 효과적이다.

## 7) 마그네슘 결핍

마그네슘이 부족하면 신초 기부 잎의 주맥(主脈)을 중심으로 좌우 엽맥 사이에 엽록소가 퇴색하여 황화(黃化)되고, 심하면 황화된 부분의 조직이 죽는 백화(白化) 현상이 나타난다. 그러나 백화 현상은 마그네슘 결핍 특유의 증상은 아니며, 다른 필수 무기성분의 결핍으로도 나타난다. 증상이 더욱 진행되면 엽맥 주위에만 엽록소가 남아 있고

다른 부분은 모두 황록화 또는 황백화한다. 일단 마그네슘 결핍 증상이 나타나면 잎사귀 내에 마그네슘 농도가 높아져도 회복되지 않는다.

증상은 과실 비대 초기인 6월 하순에서 7월 상순경에 시작되어 비대 성숙기인 8월 중순부터 9월 상순에 이르러 빠르게 진전된다. 증상이 나타난 잎은 기형이나 소엽(小葉)으로 되지는 않는다. 마그네슘 결핍이



그림 5-29 포도잎의 마그네슘 결핍증상

심하게 나타난 포도나무에서 과방을 조사한 결과, 과립의 크기나 수량은 정상 잎과 같으나 당도가 낮고 착색이 불량하며 숙기가 지연되었다. 성숙기 과축이 갈색으로 변하고 말라 죽어 포도알의 성숙이 불량해지고 탈립되기도 하는 과축괴사현상도 마그네슘 결핍이 원인인 것으로 알려져 있다.

### (1) 발생 원인

마그네슘은 식물체 내에서 단백질이나 효소와 결합하여 중요한 생리작용을 하고 엽록소 구성성분이 되어 녹색식물의 광합성 과정에서 중요한 역할을 한다. 마그네슘이 부족하면 엽록소가 생성되지 않고 광합성 작용이 감퇴한다. 강우량이 많은 해에 많이 발생하고 빗물에 성분이 용탈되기 쉬운 사질토에서 더욱 심하게 발생한다. 마그네슘 결핍을 강산성 토양병이라고 하는데 토양에 마그네슘 성분이 많아도 산성 토양에서는 흡수가 되지 않아 결핍 증상을 나타낸다. 마그네슘 결핍의 주요 원인은 토양 중 가급태(可給態) 마그네슘 유실에 의한 부족, 토양 중 치환성 칼륨 또는 칼슘의 과잉, 기타 비배관리의 영향 때문이다. 사질 토양에 마그네슘을 다량 사용하면 칼륨 유실을 촉진한다.

### (2) 방지 대책

마그네슘이 부족한 나무에 마그네슘을 공급하는 방법으로는 엽면 살포를 하는 것과 토양 시용을 하는 것이 있다. 황산마그네슘 2~3%액을 10~15일마다 2~3회 엽면 살포하면 시비 효과를 빠르게 볼 수 있다. 엽면 살포를 하면 흡수는 신속하게 되나 흡수량에 제한을 받으므로 응급 대책으로는 이용하되 근본적으로 해결하려면 토양 시용을 해야 한다. 유기질 비료를 토양 시용하여 토양 이화학적성을 개선하거나 10 a당 고토석회를

200~300 kg 사용하면 토양 산도를 교정하면서 마그네슘 공급 효과도 얻을 수 있다. 칼륨비료의 과다 사용을 억제하고 퇴비 등 유기물을 많이 사용하는 것도 효과적이다.

## 8) 붕소 결핍

개화기에 부족하면 화관의 탈락이 불량하여 수정을 방해하고 결실이 불량하여 꽃떨이현상의 원인이 된다. 신초 생장이 불량하며, 잎은 연황색으로 작고 과실은 경핵기 무렵부터 종자 주위의 과육이 갈변하고 코르크화하는 과육흑변증상을 보이는데, 심하면 과피도 경화된다. 때로는 종자가 과립 밖으로 나오기도 한다. 피해 포도는 착색이 늦게 시작되며 완전 착색이 되지 못한 채 포도알이 딱딱해진다. 심한 경우에는 나무 전체에 나타나며, 한 나무에서도 일부 송이만 흑변되거나 일부 포도알만 장애를 보이기도 한다.



그림 5-30 포도알의 과육흑변증상

### (1) 발생 원인

척박한 개간지나 모래땅에 심은 포도나무에서 발생하기 쉬운데, 이는 이들 토양에 본래 붕소 함량이 적고 붕소를 사용하더라도 용탈되기 쉬워 결핍되는 경우가 많기 때문이다. 해에 따라 가뭄이 심하면 뿌리의 가용성 붕소 흡수가 억제되어 결핍이 촉진되기도 한다. 그 밖에 유기물 부족, 배수 불량, 석회 과다 사용 등으로 붕소가 잘 흡수되지 않아 자주 발생한다.

### (2) 방지 대책

이른 봄에 붕사를 10 a당 2~3 kg 사용하며, 생육기 붕소 결핍이 예상되면 붕산 0.3% 액을 10~15일 간격으로 2~3회 엽면 살포한다. 붕소 결핍으로 잎이 황화된 경우에도 엽면 살포를 하면 2주 정도 지나 잎 색깔이 녹색으로 서서히 회복된다. 석회를 다량 사용하면 붕소가 불가급태로 되어 부족해지기 쉬우므로 석회는 붕사를 함께 사용하는 것이 안전하다. 근본적으로는 유기물을 공급해 토양을 개량하고 가뭄에 붕소 흡수가 억제되기 쉬우므로 관수를 하여 뿌리의 흡수 기능이 떨어지지 않도록 한다.



## 9) 물포도증상

### (1) 발생 원인

물포도증상은 거봉 같은 대립계 포도에서 성숙기에 많이 발생한다. 정상적인 과실과 과립 탄력성은 비슷하나 과립 경도가 매우 낮고 과립이 작다. 또 당도가 낮고 착색이 불량하여 과육이 물같이 변하는 특징이 있다. 물포도증상은 지난해과다 결실로 성숙기의 신초 생장이 불량한 나무나 배수가 불량한 과원의 나무에서 많이 발생한다.



그림 5-31 물포도증상

물포도증상이 발생한 과원은 정상 과원과 비교할 때 토양에는 유기물, 질소, 인산, 칼륨 함량이 많고 칼슘, 마그네슘 함량은 적으며, 잎에는 인, 칼륨 성분이 많다. 수세가 약한 나무는 과방과 과립이 작고 당도가 낮으며 안토시아닌이 적은데, 이런 나무에서 물포도증상이 심하게 나타나는 경향을 보인다.

### (2) 방지 대책

물포도증상을 줄이려면 배수가 잘되게 하여 뿌리 발달을 좋게 하고, 적정량의 결실로 수세를 건전하게 유지하는 재배 관리가 중요하다. 또 질소 및 칼륨 시비량은 표준을 넘지 않도록 주의해야 하며, 마그네슘 함량이 부족하지 않도록 관리해야 한다.

## 7. 앞으로의 포도 재배 관리

### 1) 자연의 순환

녹색식물은 햇빛과 엽록소의 도움으로 광합성을 시작하여 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )와 물( $\text{H}_2\text{O}$ )에서 당을 합성한다. 잎에서 생성된 당은 자당(sucrose)으로 수액을 따라 포도알로 이동한다. 자당은 산에 의해 포도당(glucose)과 과당(fructose)으로 가수분해된다. 나무에 달려 있는 포도는 햇빛과 온도에 의해 성숙하여 질적으로 최고에 달한다. 포도는 수확된 순간부터 화학적·생화학적 변화가 일어나므로 가공할 때까지 질을 유지하

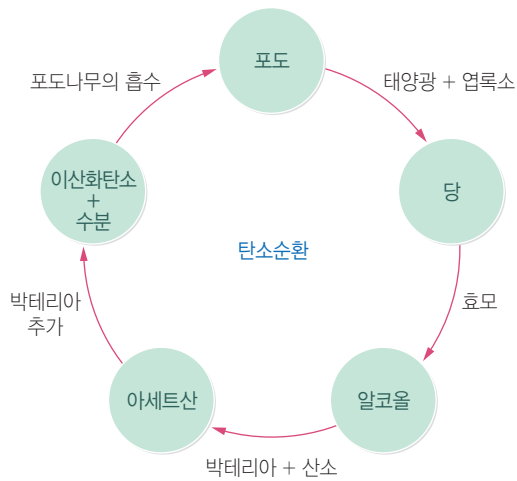


그림 5-32 탄소순환

는 것이 중요하다. 일단 생산된 포도주는 질을 유지하기가 더 어렵다. 포도주는 탄소순환(carbon cycle)이라는 자연계 순환과정의 일부이다(그림 5-32).

## 2) 테루아의 이해

테루아(terroir)는 토양과 관련되어 있다는 의미로, 포도주 생산과 관련되어 사용되는 용어는 아니다. 토양(earth)보다는 포도주의 질에 영향을 주는 포도원의 지리적인 면을 말한다. 테루아는 기후, 토양 유형, 토양 구조(topography), 인위적인 것 등의 영향을 포함한다. 즉, 포도의 질이나 포도주의 질을 변경할 수 있는 모든 외부 요소를 포함한다.

## 3) 합리적인 포도 재배

포도나무는 크게 자라지만 병해충 등의 영향을 쉽게 받는 민감한 식물이다. 많은 나라에서는 포도나무에 유기생명체를 죽이는 인위적인 물질을 주기적으로 주었으나 이러한 방법은 환경을 파괴해왔다. 포도나무나 환경을 존중하면서 병해충과 싸워야 하는데, 프랑스에서는 테라비티스협회(L'association Terra Vitis, 지속가능한 포도재배를 추구하

는 전국적인 조직)의 지원을 받는다. 포도원을 관찰하고 상태를 모니터링하는 것이 이들의 기초 활동이다. 이들은 어느 정도의 병해충은 받아들이지만 정도를 넘으면 처리를 한다. 처리 기록은 모두 남기며 모든 과정에서 이력추적(履歷追跡, traceability)을 할 수 있다.

#### 4) 유기농 포도 재배

‘유기농 포도주’보다 ‘유기적으로 생육된 포도로 만들어진 포도주’라는 정의가 옳다. 충(蟲)이나 진균, 잡초를 관리하는 데 전적으로 자연적 방법을 이용한다. 유기 재배를 하려면 자연농법기술(natural farming techniques)이 가장 중요하다. 제초제, 살충제, 살균제, 화학비료를 사용하지 않고 자연적 물질을 사용하는 것만 인정되기 때문이다. 이산화황은 산화방지제, 살균제로는 허용되나 일반 포도주보다 소량만 사용해야 한다. 유기농 포도원이 다른 포도원에서 사용하는 화학 물질의 오염 피해를 받지 않으려면 자연 재배지나 숲에서 유리되어야 한다. 인증된 유기생산물은 다음과 같은 믿음에 기초한다.

- 유해 합성 화학 물질이 토양에 적어도 3년간 사용된 적이 없다.
- 무독성, 환경친화적 물질을 작물 재배에 사용해왔다.
- 무독성 장비, 위생 체계, 병해 관리 방법을 사용해왔다.
- 병입 과정에서 금지 물질에 노출되지 않았다.

재배 관리에서 병입까지 전 과정은 국가의 주기적 관찰과 공인 기관의 정밀 조사 아래 행해져야 한다.

#### 5) 바이오다이내믹 포도 재배

사람의 간섭보다는 자연에 중점을 둔 최상의 농사법이다. 1924년 오스트리아 농학자이자 과학자인 루돌프 슈타이너(Rudolph Steiner)가 처음 주장하였다. 기본 운영은 인간이 잘못 간섭해 어느 단계에서 병들게 된 전체 농장을 본다. 인간이 공급하는 인위적인 비료나 살균제는 금지한다. 자연물질을 사용한 관리는 우주의 리듬과 바른 시기와 관련된다. 소뿔[牛角] 속에서 발효된 우분(牛糞) 같은 다소 비정상적인 물질을 사용하기

때문에 이런 방법은 비난받기 쉽다.

‘제1회 세계 바이오다이내믹 포도주 포럼’이 2004년 오스트리아에서 열렸을 때 정의된 바이오다이내믹에 대한 설명은 다음과 같다.

이 방법은 전체 농장 단위에서 지구와 환경의 역동적인 리듬을 연계하는 특별히 발전된 준비물을 사용하는 것을 포함한다. 바이오다이내믹(biodynamic)은 살아 있는 토양과 자연의 안 보이는 에너지 안에 좀 더 진전된 행위이다. 이런 에너지 세계의 관련 때문에 바이오다이내믹은 테루아의 가능성을 높이도록 돕는다. 바이오다이내믹의 포도 재배 기본 원리 몇 가지는 받아들이기 어렵지만 이 시스템을 활용하면 최고 수준의 포도주가 생산된다. 재래방식(conventional)에서 지속가능한 방식(sustainable)을 거쳐 유기농(organic)으로 가며 자연과 우주의 조화를 생각하는 방식(biodynamic)으로 이해와 연구가 필요하다.









CHAPTER 6

# 과실주 제조

과실의 구성성분 / 포도주 제조

## 과실주 제조

### 1. 과실의 구성성분

과실의 구성성분은 종류와 숙성 정도에 따라 현격한 차이를 보인다. 과실의 건량(dry weight)은 10~20%를 차지하며 주요 성분은 당분과 유기산인 반면 질소화합물과 지방은 소량 차지한다(표 6-1). 색소와 아로마 성분은 향유적 가치로 의미가 있고, 비타민과 무기질은 영양학적 가치가 있다.

표 6-1 과실의 구성성분(단위: %)

| 과실 종류 | 건량   | 당분   | 산도*    | 불용성 성분 | 펙틴  | 회분  | pH  |
|-------|------|------|--------|--------|-----|-----|-----|
| 구아버   | 22.0 | 4.9  | —      | —      | 0.7 | —   | —   |
| 단맛 체리 | 18.7 | 12.4 | 0.7(M) | 2.0    | 0.3 | 0.6 | 4.0 |
| 신맛 체리 | 14.7 | 9.4  | 0.7(M) | 1.6    | 0.3 | —   | 3.4 |
| 대추야자  | 80.0 | 61.0 | —      | —      | —   | 1.8 | —   |
| 딸기    | 10.2 | 5.7  | 0.9(C) | 2.4    | 0.5 | 0.5 | —   |
| 레몬    | 11.7 | 2.2  | 6.0(C) | —      | —   | 0.5 | 2.5 |
| 망고    | 19.0 | 14.0 | 0.5    | —      | 0.5 | —   | —   |
| 바나나   | 26.4 | 18.0 | 0.4(M) | —      | 0.9 | 0.8 | 4.7 |

(계속)

| 과실 종류 | 건량   | 당분   | 산도*    | 불용성 성분 | 펙틴  | 회분  | pH  |
|-------|------|------|--------|--------|-----|-----|-----|
| 반얀    | 22.0 | 16.0 | 0.4(C) | —      | 0.6 | —   | —   |
| 배     | 17.5 | 9.8  | 0.2(M) | 3.1    | 0.5 | 0.4 | 3.9 |
| 복숭아   | 12.9 | 8.5  | 0.6(M) | —      | —   | 0.5 | 3.7 |
| 블랙베리  | 19.1 | 5.0  | 0.6(C) | 9.2    | 0.7 | 0.5 | 3.4 |
| 블랙커런트 | 19.7 | 6.3  | 3.2(C) | 5.9    | 1.1 | 0.6 | 3.3 |
| 레드커런트 | 16.4 | 5.1  | 2.3(C) | 5.9    | 0.7 | 0.6 | 3.0 |
| 사과    | 16.0 | 11.1 | 0.6(M) | 2.1    | 0.6 | 0.3 | 3.3 |
| 산딸기   | 13.9 | 4.5  | 1.8(C) | 5.1    | 0.4 | 0.5 | 3.4 |
| 살구    | 12.6 | 6.1  | 1.6(M) | 1.6    | 1.0 | 0.6 | 3.7 |
| 오렌지   | 13.0 | 7.0  | 0.8(C) | —      | —   | 0.4 | 3.3 |
| 자두    | 14.0 | 7.8  | 1.5(M) | 1.3    | 0.9 | 0.5 | 3.3 |
| 자몽    | 11.4 | 6.7  | 1.3(C) | —      | —   | 0.5 | 3.3 |
| 파인애플  | 15.4 | 12.3 | 1.1(C) | 1.5    | —   | 0.4 | 3.4 |
| 파파야   | 11.0 | 9.0  | 0.1    | —      | 0.6 | —   | —   |
| 포도    | 17.3 | 14.8 | 0.4(T) | —      | —   | 0.5 | 3.3 |

\* 산도는 사과산(M), 구연산(C), 주석산(T)으로 환산

## 1) 질소화합물

일반적으로 과실에는 질소화합물이 0.1~1.5% 포함되어 있으며, 그중 단백질이 35~75%를 차지하고 유리 아미노산도 다량 함유되어 있다.

### (1) 단백질, 효소

과실의 단백질은 주로 효소로, 탄수화물 대사에 관여하는 효소(amylase, cellulase, phosphorylase, saccharase, aldolase), 지방 대사에 관여하는 효소(lipase, lipoxygenase), 단백질 대사에 관여하는 효소(protease, transaminase), 그 밖의 효소(ribonuclease, esterase, catalase, peroxidase, phenoloxidase) 등으로 구성되어 있다.

### (2) 유리 아미노산

평균적으로 수용성 질소화합물이 유리 아미노산의 50% 정도를 차지하며, 아미노산은

과실에 따라 구성성분이 달라 성분을 분석해 과실의 특징을 알 수 있다.

표 6-2 과실의 유리 아미노산(단위: %)

| 과실 종류   | 아스파라진 | 글루타민 | 세린    | 트레오닌 | 프롤린 | 알라닌  | 히스타민  | 아르지닌   |
|---------|-------|------|-------|------|-----|------|-------|--------|
| 건포도     |       | 17   | 5     |      | 8   | 17   |       |        |
| 그레이프프루트 | 470   | 280  | 310   |      |     |      | 76    |        |
| 레몬      | 19~60 | 6~35 | 12~28 |      |     | 1~31 |       | 25~106 |
| 바나나     | 5~10  |      |       |      |     |      | 10~15 |        |
| 배       | 10    | 10   | 11    | 2    | 14  | 9    |       | 27     |
| 사과      | 21    | 15   | 10    | 3    | 2   | 7    |       |        |
| 포도      | 3     | 13   |       | 6    | 31  | 9    |       |        |

### (3) 아민

과실에는 방향족 아민과 지방족 아민 등이 있으며 아민의 일부는 아미노산의 탈카복실 및 알데하이드의 아미노화와 아미노전이 반응을 통해 생성되기도 한다.

표 6-3 과실의 아민 구성

| 과실 종류   | 아민                                                                                                                                                                                                    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 그레이프프루트 | feruloylputrescine                                                                                                                                                                                    |
| 레몬      | tyramine, synephrine, octopamine                                                                                                                                                                      |
| 바나나     | methylamine, ethylamine, isobutylamine, isoamylamine, dimethylamine, putrescine, spermidine, ethanolamine, propanolamine, histamine, 2-phenylethylamine, tyramine, dopamine, noradrenaline, serotonin |
| 사과      | methylamine, ethylamine, propylamine, butylamine, hexylamine, octylamine, diethylamine, spermine, spermidine                                                                                          |
| 아보카도    | tyramine, dopamine                                                                                                                                                                                    |
| 자두      | dopamine                                                                                                                                                                                              |
| 파인애플    | tyramine, serotonin                                                                                                                                                                                   |



## 2) 탄수화물

### (1) 단당류

과실 속의 단당류는 대부분 포도당과 과당으로 구성되어 있으며, 그 밖의 단당류는 미량 존재한다. 과실의 단당류는 과실 종류에 따라 구성이 다르게 나타나며 일부 과실에서는 아라비노스(arabinose)와 자일로스(xylose)가 발견되기도 한다.

표 6-4 과실의 당류 구성(단위: %)

| 과실 종류    | 포도당  | 과당   | 자당  |
|----------|------|------|-----|
| 그рей프프루트 | 2.0  | 1.2  | 2.1 |
| 대추야자     | 32.0 | 23.7 | 8.2 |
| 딸기       | 2.6  | 2.3  | 1.3 |
| 레드커런트    | 2.3  | 1.0  | 0.2 |
| 블랙커런트    | 2.4  | 3.7  | 0.6 |
| 레몬       | 0.5  | 0.9  | 0.2 |
| 바나나      | 5.8  | 3.8  | 6.6 |
| 반얀       | 5.5  | 4.0  | 0.0 |
| 배        | 2.2  | 6.0  | 1.1 |
| 복숭아      | 1.5  | 0.9  | 6.7 |
| 블랙베리     | 3.2  | 2.9  | 0.2 |
| 사과       | 1.8  | 5.0  | 2.4 |
| 산딸기      | 2.3  | 2.4  | 1.0 |
| 살구       | 1.9  | 0.4  | 4.4 |
| 오렌지      | 2.4  | 2.4  | 4.7 |
| 자두       | 3.5  | 1.3  | 1.5 |
| 체리       | 5.5  | 6.1  | 0.0 |
| 파인애플     | 2.3  | 1.4  | 7.9 |
| 포도       | 8.2  | 8.0  | 0.0 |

## (2) 이당류

자당(sucrose)은 이당류로 과실에 함유된 대표 성분이지만 그 양은 미미한 편이다. 말토스(maltose)는 포도, 바나나에 미량 포함되어 있으며 멜리비오스(melibiose), 라피노스(raffinose), 스타키오스(stachyose) 등도 미량 함유되어 있다. 체리, 포도 등에는 자당이 거의 없는 반면 살구, 복숭아, 파인애플 등에는 자당이 포도당, 과당보다 많이 함유되어 있다.

## (3) 다당류

모든 과실에는 셀룰로스(cellulose), 헤미셀룰로스(hemicellulose), 펜토산(pentosan), 펙틴(pectin)이 들어 있으며 이들 다당류를 구성하고 있는 성분은 포도당(glucose), 갈락토스(galactose), 마노스(mannose), 아라비노스(arabinose), 자일로스(xylose), 람노스(rhamnose), 과당(fructose), 갈락투론산(galacturonic acid), 글루쿠론산(glucuronic acid) 등이다. 다당류는 숙성 중에 특히 펙틴 성분 변화가 많으며 과실이 숙성됨에 따라 수용성 펙틴 성분은 증가하는 반면 불용성 펙틴 성분은 감소하는 현상이 나타나고 전체 펙틴 성분은 감소한다. 전분도 과실이 숙성됨에 따라 점차 감소하게 되는데 숙성된 바나나의 전분 함량은 예외적으로 3% 이상 된다.

## 3) 지질

과실의 지질은 0.1~0.5%의 아주 적은 양으로 주로 과피와 씨에 있다. 과실의 지질은 당지질, 인지질, 카로티노이드, 트리테페노이드 등이 주요 성분이다.

### (1) 카로티노이드

카로티노이드(carotenoid)는 과실에 널리 들어 있는 성분이다. 특히 레몬류, 복숭아, 참외 등의 과실에서는 색소를 구성하는 중요한 성분이며, 각 과실을 판별하는 데 주요한 지표가 된다.

표 6-5 과실의 카로티노이드(단위: mg/kg)

| 과실 종류 | 함량      | 카로티노이드                                                                                   |
|-------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 복숭아   | 27      | $\zeta$ -carotene, $\alpha$ -carotene, $\alpha$ -carotene, 3-hydroxy- $\alpha$ -carotene |
| 참외    | 20~30   | $\zeta$ -carotene, $\alpha$ -carotene, $\alpha$ -carotene, lutein, violaxanthin          |
| 포도    | 1.8     | lycopene, $\alpha$ -carotene, lutein, violaxanthin                                       |
| 배     | 0.3~1.3 | $\zeta$ -carotene, $\beta$ -carotene, lutein, lutein-5,6-epoxid, neoxanthin              |

## (2) 트리터페노이드

트리터페노이드(triterpenoide) 중에 리모노이드(limonoid), 쿠쿠비타신(cucurbitacin)은 고미성분으로, 주요한 성분으로 볼 수 있다. 리모노이드는 과실과 씨에 함유되어 있으며 리모닌(limonin)은 오렌지와 그레이프프루트의 씨, 즙, 과육에 함유되어 있다. 비고미성분인 리모닌모노락톤(limoninmonolacton)이 중성 pH에서는 안정화된 결합을 유지하다 산성 pH에서는 고미성분인 다이락톤 리모닌(dilacton limonin)으로 전환되어 가공상 문제점을 유발하기도 한다. 쿠쿠비타신은 고미 및 비고미 성분 형태로 존재하며 과실과 씨에 분포되어 있다.

## 4) 유기산

과실의 주요 유기산은 L-사과산과 구연산이며 씨 있는 과실은 주로 사과산, 딸기류 및 아열대 과실은 구연산이 많이 함유되어 있다. 주석산은 포도에만 국한되어 함유되어 있다. 그 외 대부분의 유기산은 시스-아코니트산(*cis*-aconitic acid), 석신산(succinic acid), 피루브산, 푸마르산, 글리콜산, 글리옥살산, 아이소구연산, 젖산, 옥살로아세트산, 옥살산, 2-옥소글루타르산 등이 소량 존재한다. 페놀산 그룹에서는 퀸산(quinic acid) 외에 커피산(caffeic acid), 시킴산(shikimic acid), 글루쿠론산(glucuronic acid) 등이 중요하다.

표 6-6 과실의 유기산(단위: mval/100 g)

| 과실 종류 | 주요 산 |       | 기타 산 |       |
|-------|------|-------|------|-------|
|       | 산 종류 | 농도    | 산 종류 | 농도    |
| 구아버   | 구연산  | —     | 사과산  | —     |
| 구즈베리  | 구연산  | 11~14 | 사과산  | 10~13 |
|       |      |       | 사과산  | 1~2   |
| 딸기    | 구연산  | 10~18 | 사과산  | 1~3   |
|       |      |       | 석신산  | 0.1   |
|       |      |       | 퀸산   | 0.1   |
| 산딸기   | 구연산  | 24    | 사과산  | 1     |
| 레드커런트 | 구연산  | 21~28 | 사과산  | 2~4   |
|       |      |       | 석신산  | —     |
|       |      |       | 옥살산  | —     |
| 블랙커런트 | 구연산  | 43    | 사과산  | 6     |
| 레몬    | 구연산  | 73    | 사과산  | 4     |
|       |      |       | 퀸산   | —     |
| 바나나   | 사과산  | 4     | —    | —     |
| 배     | 사과산  | 1~2   | 구연산  | —     |
| 복숭아   | 사과산  | 4     | 구연산  | <4    |
| 사과    | 사과산  | 3~19  | 퀸산   | —     |
| 살구    | 사과산  | 12    | 구연산  | 12    |
|       |      |       | 퀸산   | 2~3   |
| 야자대추  | 구연산  | —     | 사과산  | —     |
|       |      |       | 초산   | —     |
| 오렌지   | 구연산  | 15    | 사과산  | 3     |
|       |      |       | 퀸산   | —     |
| 자두    | 사과산  | 6~11  | 퀸산   | —     |
| 체리    | 사과산  | 5~9   | 구연산  | —     |
|       |      |       | 퀸산   | —     |
|       |      |       | 시킵산  | —     |
| 포도    | 주석산  | 1.5~2 | 사과산  | 1.5~2 |
| 파인애플  | 구연산  | 6~20  | 사과산  | 1.5~7 |



## 5) 페놀화합물

페놀화합물은 과실에 널리 분포되어 있으며 색소와 맛에 영향을 미친다. 가공 중에는 금속화합물을 형성하여 색소 변화를 가져온다. 타닌 성분은 덜 익은 사과에서 나타나는 떼은맛에 영향을 주며 플라바논(flavanone)은 감귤류에 쓴맛을 준다. 페놀화합물은 단백질과 결합해 과즙의 혼탁을 일으키기도 한다.

표 6-7 과실의 페놀(단위: %)

| 과실 종류 | 농도        |
|-------|-----------|
| 배     | 0.4       |
| 복숭아   | 0.03~0.14 |
| 사과    | 0.1~1     |
| 자두    | 0.2~1.4   |
| 체리    | 0.2       |
| 포도    | 0.1~1     |

## 6) 비타민

과실은 비타민을 제공하는 역할을 하며 특히 비타민 C와 프로비타민(provitamin)이 풍부하다.

표 6-8 과실의 비타민 C(단위: mg/100 g)

| 과실 종류   | 농도    | 과실 종류 | 농도    |
|---------|-------|-------|-------|
| 구아버     | 300   | 복숭아   | 7     |
| 그레이프프루트 | 40    | 블랙베리  | 15    |
| 딸기      | 60    | 사과    | 2~10  |
| 산딸기     | 25    | 살구    | 7~10  |
| 레드커런트   | 40    | 아세로라  | 1,300 |
| 블랙커런트   | 210   | 오렌지   | 50    |
| 레몬      | 50    | 자두    | 3     |
| 멜론      | 25~35 | 체리    | 5~8   |
| 바나나     | 10~30 | 파인애플  | 25    |
| 배       | 4     |       |       |

## 2. 포도주 제조

포도주 제조는 포도 수확 후 포도가 양조장에 도착하면서 시작된다. 양조의 첫 단계에서는 포도의 잎이나 줄기를 제거한 뒤 제경과 파쇄 등을 거치게 된다.

백포도주 제조 시에는 압착된 포도에서 자연히 흘러나오는 자연 유출 포도즙(free run juice)을 일반적으로 압착으로 흘러나오는 포도즙과 혼합한다. 특히 자연 유출 포도즙과 1차 압착 포도즙을 혼합하여 발효에 이용한다. 2차 및 3차 압착 포도즙은 일반적으로 별도로 발효한다.

적포도주 제조 시에는 과피 접촉을 연장하여 실시하며 알코올 발효와 동시에 진행된다. 효모에 의해 생성된 알코올은 포도의 안토시아닌과 타닌 성분의 추출을 증진하며, 이 페놀 성분이 적포도주의 색상, 맛, 아로마 등의 기본 특성과 숙성에서의 특징을 준다. 부분발효 또는 완전발효 후에는 자연 유출 포도즙과 압착 포도즙을 혼합하는데 그 비율은 제조하고자 하는 포도주 유형에 따라 달라질 수 있다.

로제포도주는 적포도를 원료로 과피 접촉을 짧게 하여 제조하며 파쇄즙을 차가운 온도에서 색소가 충분히 침출될 때까지 과피 접촉을 진행하는데 일반적으로 12~24시간 소요된다. 발효는 자연 유출 포도즙과 압착 포도즙을 혼합하여 진행한다. 발효가 종료되면 젖산발효를 진행하는 경우가 있다. 특히 저온 재배 지역에서 자란 포도로 포도주를 제조할 때 젖산발효는 유용할 수 있다.

적포도주는 대부분 젖산발효를 거치는데 백포도주는 일반적으로 아로마가 약하기 때문에 젖산발효로 생성된 아로마에 의해 바람직하지 않은 아로마가 생성될 확률이 높고, 백포도주의 산도는 포도주에 신선한 맛을 부여하기 때문에 젖산발효를 일부 포도주에서만 실시한다. 고온 재배 지역에서 자란 포도로 포도주를 제조할 때는 일반적으로 젖산발효를 하지 않는다. 발효된 포도주는 몇 주 내지 몇 달 동안 숙성된 뒤 정제과정을 거치는데, 이 과정에서 고형물이 숙성조 바닥에 침전됨으로써 자연 청징이 이루어진다. 이 침전물은 효모, 박테리아, 타닌, 단백질, 칼륨, 주석산, 크리스털 등으로 이루어져 있다. 이 침전물이 포도주에 오래 남아 있으면 이취와 미생물적 부패 등이 발생할 수 있다.

정제과정을 거친 포도주에는 불용성 단백질이 남아 있어 병입 후 혼탁해질 우려가 있으므로 청징제 등을 이용하여 청징을 한다. 이 과정에서 포도주에 과도하게 함유되어 있는 타닌 성분이 제거돼 포도주 맛이 부드러워진다. 일반적으로 포도주의 청징과 안정

화를 위해 냉각 후 여과과정을 거친다. 병입할 때는 미생물 오염과 산화를 방지하기 위해 아황산을 첨가한다. 포도주는 몇 달 또는 몇 년 동안 숙성시킨 뒤 맛의 조화를 위해 블렌딩을 거쳐 병입한 후 출하한다.

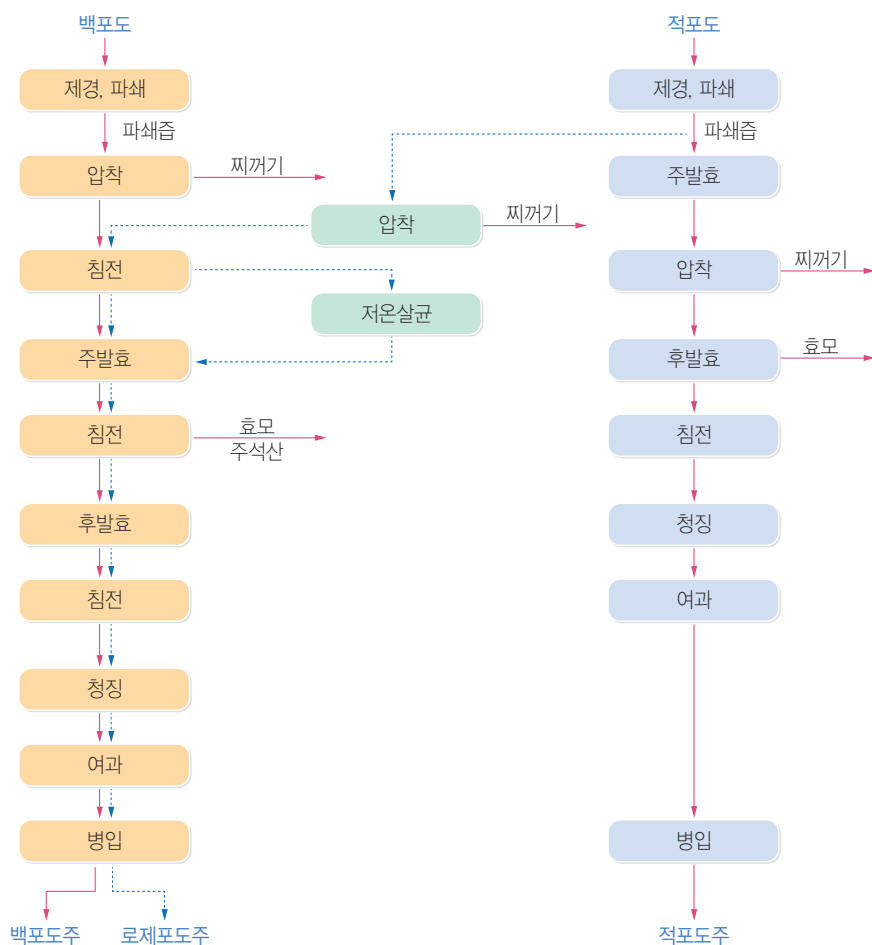


그림 6-1 포도주 제조 공정

## 1) 포도 수확

### (1) 수확 시기

포도 재배자는 먼저 포도의 적절한 수확 시기를 정해야 하는데, 그 전에 포도로 테이블 포도주를 만들지 고급 포도주를 만들지를 고려하고, 포도주의 가치를 특정 향기에 들지 색깔에 들지 등을 결정해야 한다. 포도 숙성 관련 당도와 산도의 비율, 주석산과 사과산의 비율, 그 밖의 포도 분석을 통한 수치상 상관관계 등을 통해 포도 숙성 정도를 판단할 뿐이며, 포도 수확 중에도 기후 상황이 변하므로 포도 숙성 시점을 정해주는 절대적인 수치를 알기는 매우 어렵다. 그러므로 재배지의 기후 특성과 품종 그리고 재배자의 경험을 바탕으로 수확 시기를 결정하는 것이 중요하다.

포도 수확 작업은 아직까지 완전 자동화가 어려워 수작업이 동반되기 때문에 포도 수확에 고비용이 투자될 수밖에 없다. 양질의 포도주를 제조하려면 포도가 건조해야 하므로 포도를 비울 때 수확해서는 안 된다. 밤이슬에 젖어 있는 포도 표면의 수분을 증발시키기 위해 이른 아침에 수확하는 것도 피해야 한다.

포도 수확 시 위의 기본 사항을 지키지 않으면 당도에서 손실을 볼 수 있다. 포도는 일반적으로 날카로운 가위로 수확하며, 땅에 떨어진 포도나 곰팡이에 감염된 포도는 따로 분리하여 전처리과정을 거쳐 사용한다. 우박이나 곤충 때문에 상한 포도도 따로 전처리를 해서 사용할 수 있으나 수확과정에서 분리하는 데 비용이 많이 들어가므로 실제 포도주 가공에는 제외한다.

포도 수확 시 완숙 포도를 비완숙 포도와 분리하여 수확할지 완숙·비완숙 구분 없이 수확할지 고려해야 한다. 이러한 결정의 판단 기준은 양질의 포도즙을 얻을 수 있는지에 달려 있다. 수확된 포도는 일반적으로 작은 트랙터를 이용해 운반하는데 그 방법은 포도원의 행넓이, 비탈각도, 기술력 등에 달려 있다.

포도를 운반할 때 포도원에서 파쇄한 후 압착장으로 이송하는 방법과 파쇄하지 않고 압착장으로 이송하는 방법 두 가지가 있다. 전자의 경우 운반 부피가 줄어들어 운반 기구의 공간을 최대한 활용할 수 있으며 포도 효소의 작용에 따른 포도즙 용해로 압착이 용이하고 최적의 아로마를 유지할 수 있는 반면, 포도즙의 산화, 고온에서 발효가 시작되는 문제가 발생할 수 있다. 후자의 경우 포도 종류와 질에 따라 사전 분리가 가능하며 산화나 발효 가능성이 없는 장점은 있으나 압착 전 포도즙을 저장해둘 보조탱크를 추가

로 준비해야 한다.

## (2) 수확 방법

과거에는 수작업으로 수확하였으나 비용 문제가 있어 근래에는 기계로 수확한다. 수확 기계의 투입은 포도원의 형태와 행넓이에 따라 달라진다. 줄이 풍부하고 부패된 포도를 수확할 때 기계 수확은 적당하지 않다. 기계로 빠르게 수확하면 압착장의 로드가 걸릴 수도 있으며 품질에 부정적인 영향을 미쳐 유럽 포도원의 경우 기계 수확을 모든 포도원에 도입하지 않으며, 일부 포도원은 기계 수확이 금지되어 있다.

기계로 수확할 때의 장점은 노동시간이 헥타르당 3~7시간으로 수작업할 때의 헥타르당 230~350시간에 비해 현저히 줄며, 노동 인원에 관계없이 최적의 기후 조건에서 단시간에 포도를 수확할 수 있다는 것이다. 반면 포도를 선택적으로 분리·수확할 수 없으며 비오는 날에는 땅이 젖어 작업이 어렵고 포도원 경사가 25% 이상인 경우 사용할 수 없다. 아이스 와인용 포도의 경우 특별한 방법으로 수확한다. 포도 재배자는 새의 침입이나 포도가 씻겨나가는 것을 막기 위해 포도에 비닐을 씌워야 한다. 특히 완숙된 신선한 포도를 비닐로 잘 보호해야 양질의 아이스 와인을 만들 수 있다.

아이스 와인을 만들기 위해서는 28브릭스 이상의 당도가 필요하며 포도가 얼어 있어야 한다. 이때 온도가 최소한 5시간 이상 영하 7℃ 이하로 유지되어야 하는데, 이 온도는 포도를 이송하거나 압착할 때도 계속 유지되어야 한다. 압착하면 마찰열 때문에 포도가 녹을 수 있으므로 압착 전에는 파쇄하지 않는다.

## (3) 포도 반입

포도가 양조장에 반입되면 여러 방법으로 하역하는데, 포도 품질에 영향을 미치지 않아야 하며 양조장의 노동력 상태와 경제성을 고려해 하역 방법을 결정한다. 소규모 양조장의 경우 흡입 장치를 이용하거나 포도 통을 전기밧줄로 이송하여 투하하는 방법을 이용한다. 대기업에서도 투하장치를 이용하나 포도 통 자체를 깔때기에 직접 투하하는 방법을 이용한다. 포도를 주의 깊게 다루지 않으면 미세 혼탁물과 콜로이드 성분이 생성되어 나중에 침전에 어려움을 겪게 되고 결국 포도즙이나 포도주에 미세 성분이 증가하게 된다.



#### (4) 제경

하역된 포도는 제경과정을 거치는데 이는 포도 알갱이를 포도 줄기에서 분리하는 작업을 말한다. 미숙 포도보다는 완숙 포도가 줄기에서 쉽게 분리된다. 제경은 보통 적포도주 제조 시 실시하는데, 이는 포도껍질과 씨앗에 있는 다량의 타닌이 포도주에 스며들어 쓴맛을 주기 때문에 줄기에 들어 있는 타닌 성분이 포도주에 들어가는 것을 막아 쓴맛이 심하게 나지 않도록 하기 위함이다. 타닌 성분이 적포도주에 과다하게 들어 있으면 포도주 맛이 쓰며 숙성 기간도 연장해야 한다.

제경하는 또 다른 이유는 용량과 부피를 줄여 전체 작업량을 줄이려는 것이다. 그러나 압착 시 포도 줄기의 과쇄즙이 사방으로 퍼지는 것을 막아 수율을 높이는 효과가 있기 때문에 제경을 함으로써 압착 수율이 떨어지는 부정적 측면도 있다. 예를 들면 포도즙이 풍부한 실바너 품종의 경우 제경 후 압착을 하면 압착 수율이 떨어지는 현상을 관찰할 수 있다. 또한 제경은 포도즙의 혼탁물 생성을 유도하는 부정적 측면도 있다. 적포도주와 달리 백포도주를 만들 때는 제경을 생략하는 것이 좋은데, 제경에 따른 압착수율의 저하를 상쇄하려고 압착 강도를 높이고 압착 시간을 늘리게 됨으로써 혼탁물이 늘어나 오히려 타닌 성분이 많아져 백포도주에 쓴맛을 주게 되기 때문이다.

#### (5) 파쇄

파쇄는 과피, 포도즙, 과육, 씨 등의 분리를 유도하기 위해서 하는데, 파쇄를 하면 포도에 들어 있는 효소들이 유리된다. 예를 들면 펙틴분해효소(pectinase)에 의해 펙틴이 분해되고, 에스터가수분해효소(esterase)에 의해 아로마가 증진되어 고체 성분이 이를 통해 용해되는데, 이때 포도즙 구성성분에는 변화가 없다. 그러나 아이스 와인이나 발포성 와인을 만들거나 포도를 통째로 압착하는 등의 경우에는 예외적으로 파쇄를 생략한다.

샴페인을 제조할 때 기주 포도주로 사용할 포도즙은 파쇄를 생략하고 줄기를 제거한 뒤 바로 압착기에 투입한다. 이렇게 함으로써 소량의 폴리페놀과 효소만을 함유한 혼탁물이 거의 없는 포도즙이 만들어져 나중에 제조된 발포성 와인이 산화에 덜 민감하게 반응하게 된다. 물론 이와 같은 제조법은 수율이 저하되는 부작용이 있지만 품질 면에서는 긍정적이어서 최근에는 일반 포도주 제조에도 유사한 방법을 도입하고 있으며, 그

대표적인 것이 통압착 방식이다. 이 방식은 발포성 와인을 만들 때 사용하는 백포도주나 기주 포도주를 만들 때 이용하며, 유럽 등지에서 전통적으로 흔히 쓰이는 방식이다. 이 방식으로 만든 백포도주는 타닌 성분이 적어 산화가 덜 일어난다. 또 적포도 품종으로도 발포성 백포도주를 만들 수 있게 된다.

상과뉴 방식에 따라 제조된 발포성 포도주에는 산화방지제인 아황산을 투입하지 않는다. 포도 수확과 운송 작업도 수작업으로만 하며 발포성 와인 클레망을 만들 때 통압착 방식을 이용한다. 이렇게 하면 불필요한 성분이 적게 나오고, 타닌 성분이 덜 나오며, 산화효소의 작용이 줄어든다. 적포도의 경우 색소 침출이 줄어들고 미세 침전물이 최소화되어 포도주 여과를 용이하게 하는 장점이 있다. 반면 수율과 당을 제외한 엑기스 성분, 포도즙의 아로마가 줄어들고 압착시간이 길어지는 단점이 있다. 포도를 파쇄할 때 파쇄기 톱니바퀴가 일정한 간격을 유지하게 하여 씨가 파괴되는 것을 피해야 한다.

#### (6) 압착

압착은 파쇄즙으로부터 포도즙을 분리하는 공정을 말한다. 백포도주를 만들 때는 파쇄즙을, 적포도주를 만들 때는 부분 발효된 파쇄즙을 압착하게 된다. 압착공정은 일반적으로 공정 효율과 작업 용이성 등을 고려하여 구축하며 압착공정 자체가 포도주 품질에 미치는 영향은 미미하다. 압착할 때는 크게 기계식, 수압식, 기압식 3가지 공법을 이용하며 각각의 방법은 다시 연속적·비연속적 압착 방식으로 나뉜다. 즉, 기계식 방법의 비연속적 압착 방식은 우선 파쇄즙을 압착기로 이송해 압착한 다음 압력을 낮춰 다시 압착하는 방식을 말한다. 수압식을 이용할 때는 압력을 최대 16 bar까지 가할 수 있다.

바구니형 수직 압착기의 특징은 구조상 압착층이 형성되고 압착 경로가 연장되어 자연 여과층이 형성되며, 이로써 압착 후 맑고 투명한 포도즙을 얻을 수 있다는 것이다. 기압식은 압착기 내부에 설치된 고무호스로 압축공기를 불어넣은 뒤 파쇄즙을 2~6 bar의 압력으로 압착하여 포도즙을 얻는 방식이다. 이는 압착 효율이 비교적 낮으며 포도즙에 혼탁물이 생기는 단점이 있다. 압착수율은 경제성과 관계되는데, 몇 킬로그램의 포도가 몇 킬로그램의 파쇄즙으로 바뀌는지를 알면 포도즙을 얼마나 얻을 수 있는지 계산할 수 있다. 물론 줄기를 제거하지 않은 파쇄즙은 파쇄 전의 포도 양과 같으나 줄기를 제거한 파쇄즙은 파쇄 전 포도 양보다 통상 3~7% 적다.

〈표 6-9〉는 수확 연도와 파쇄즙 상태에 따른 포도즙의 수율을 나타낸 것이다. 진한 파쇄즙의 경우 100 kg의 파쇄즙에서 적포도 압착 후에 75.7 L(=80.8 kg)의 포도즙을, 같은 연도의 100 kg의 파쇄즙에서 백포도 파쇄즙 압착 후에는 71.4 L(=75.8 kg)의 포도즙을 얻게 된다. 또 다른 연도의 묽은 파쇄즙의 경우 100 kg의 파쇄즙에서 적포도 압착 후에 81.3 L(=86.2 kg)의 포도즙을, 같은 연도의 100 kg의 파쇄즙에서 백포도 파쇄즙 압착 후에 78.1 L(=83.3 kg)의 포도즙을 얻게 된다. 따라서 당도 차이는 연도별 또는 파쇄상태에 따라 다소 차이가 있지만 압착수율에는 큰 차이가 없다.

일반적으로 100 kg의 포도에서는 70~80 L의 포도즙을, 제경한 파쇄즙 100 L에서는 75~85 L의 포도즙을, 제경하지 않은 파쇄즙 100 L에서는 73~83 L의 포도즙이 나오는 것으로 알려져 있다. 제경하지 않은 파쇄즙에서 100 L의 포도즙이 얻어지면 18~36 kg의 찌꺼기가 남게 되며, 압착수율이 낮을수록 찌꺼기 양은 늘어난다. 또 압착수율은 압착기보다는 파쇄즙 상태에 달려 있는 반면, 포도즙의 구성성분은 압착 기술에 달려 있다고 볼 수 있다.

표 6-9 파쇄즙의 상태에 따른 포도즙의 수분

| 파쇄즙 상태 | 당도<br>(°Brix)     | 파쇄즙의 양<br>(포도즙 1,000 L 생산 기준) |       | 포도즙의 양<br>(파쇄즙 100 kg 기준) |      |
|--------|-------------------|-------------------------------|-------|---------------------------|------|
|        |                   | kg                            | L     | kg                        | L    |
| 진함     | 적포도 파쇄즙<br>(15.9) | 1,320                         | 1,240 | 80.6                      | 75.5 |
|        | 백포도 파쇄즙<br>(15.0) | 1,400                         | 1,320 | 75.8                      | 71.4 |
| 묽음     | 적포도 파쇄즙<br>(14.8) | 1,230                         | 1,160 | 86.2                      | 81.3 |
|        | 백포도 파쇄즙<br>(16.4) | 1,280                         | 1,200 | 83.3                      | 78.1 |

〈표 6-10〉은 압착 후 포도즙의 구성성분을 나타낸 것이다. 1차 포도즙(free run must)의 경우 압착 없이 자연 상태에서 흘러내린 포도즙을 말하는데, 전체적으로 압착 포도즙, 과압착 포도즙과는 다른 구성성분을 나타낸다. 1차 포도즙은 당분, 가용성분, 산도에서 압착 포도즙과 큰 차이가 없으나 과압착 포도즙은 당분과 산도가 1차 포도즙에 비

해 현저히 감소한 것을 알 수 있다. 압착이 진행될수록 미네랄과 타닌 성분이 증가하며, 그에 따라 회분 양과 가용성 성분이 증가하지만 같은 시기에 당도는 큰 변화가 없다는 것을 알 수 있다.

특히 3차 과압착 포도즙의 가용성 성분이 2차 과압착 포도즙보다 현저히 증가한 것을 알 수 있는데 가용성 성분에는 포도주 품질을 떨어뜨리는 성분이 포함되어 있을 수 있고 3차 과압착 포도즙은 수득률이 1%밖에 안 되어 전체 수득률에 비하면 의미 없는 수치이다. 과압착을 진행하면 할수록 타닌 성분이 증가하므로 수율 면에서 큰 의미 없는 3차 과압착은 실시하지 않는 것이 양질의 포도주를 만드는 데 타당하다고 할 수 있다.

표 6-10 압착에 따른 포도즙의 구성성분

| 구분                               | 비당가용 성분(g/L) | 수득량(L) | 총산도(g/L) | 회분(g/L) | 당도(°Brix) | 당분(g/L) |
|----------------------------------|--------------|--------|----------|---------|-----------|---------|
| 1차 포도즙<br>(free run must)        | 21           | 60     | 7.5      | 3.4     | 19.8      | 194     |
| 압착 포도즙<br>(press must)           | 22           | 25     | 7.7      | 3.4     | 19.7      | 192     |
| 1차 과압착 포도즙<br>(1st pressed must) | 22           | 10     | 6.5      | 3.8     | 19.6      | 191     |
| 2차 과압착 포도즙<br>(2nd pressed must) | 25           | 4      | 5.4      | 4.9     | 19.5      | 187     |
| 3차 과압착 포도즙<br>(3rd pressed must) | 31           | 1      | 5.1      | 5.6     | 19.1      | 176     |
| 계                                | 22           | 100    | 7.3      | 3.6     | 19.5      | 193     |

## 2) 포도즙 처리

### (1) 아황산 처리

포도즙에 대한 아황산 처리 목적은 산화효소인 폴리페놀옥시데이스(polyphenol-oxidase) 불용화와 불필요한 미생물 억제라고 할 수 있다. 폴리페놀옥시데이스 효소는 색소를 산화해 포도즙 색소를 갈색으로 변하게 하며, 타닌 성분 형성을 용이하게 한다. 백포도주의 경우 갈색화로 인한 변색은 발효로 일정 부분 복원이 가능하나 적포도주의 경우는 색소 복원이 불가능하다. 이 산화효소는 특히 부패한 포도에 분포되어 있어 백

포도에서는 매우 밝은색을, 적포도에서는 갈색을 띠게 한다.

변색 형성을 유도하는 산화효소에는 두 가지가 있다. 하나는 모든 포도에 분포하는 타이로시네이스(tyrosinase)이며, 또 하나는 부패한 포도에만 서식하는 곰팡이균인 보트리티스 시네라(*Botrytis cinerea*)를 통해 생성되는 락케이스(laccase)이다. 두 효소는 형태학뿐 아니라 공정에서도 차이를 보이는데, 특히 락케이스는 불활성화하기가 어렵다. 타이로시네이스의 경우 40 mg/L SO<sub>2</sub> 조건에서는 90%, 80 mg/L SO<sub>2</sub>에서는 100% 불활성화하는 반면 락케이스는 80 mg/L SO<sub>2</sub>에서도 10% 정도만 불활성된다. 따라서 두 효소는 70℃에서 몇 분 동안 열처리를 통해 불활성화하는 것이 가장 효과적인 방법이다.

아황산의 효과는 이산화황이 산소분자와 결합하여 산화를 방지하는 것이 아니라 산소분자의 포도즙 이동을 억제함으로써 그 효과가 나타나는 것이다. 불필요한 미생물을 억제할 목적으로도 아황산 처리를 하는데, 일반적으로 박테리아, 특히 초산균과 젖산균은 효모보다는 아황산에 더 민감하게 반응한다. 포도, 파쇄즙, 포도즙을 가공할 때는 초산균이 매우 쉽게 번식하므로 아황산은 유용한 보조제라 할 수 있다. 따라서 세균 번식을 차단하기 위해 100 mg/L SO<sub>2</sub>를 포도즙에 첨가하는 경우가 있으나 발효 전 투입된 아황산은 효모 발효 때문에 생성된 아세트알데하이드(acetaldehyde)에 고정되어 결국 결합형 이산화황으로 존재해 총이산화황 함량을 늘려 최종 포도주의 이산화황 최소 잔류량을 초과할 수 있다.

따라서 발효 전 포도즙에 첨가되는 아황산의 양은 50 mg/L를 초과해서는 안 된다. 이산화황이 세균 번식을 억제하려면 유리형 이산화황으로 존재해야 한다. 유리형 이산화황은 특히 pH가 낮을수록, 즉 산도가 높을수록 효과가 크며 pH 3(강산)에서 pH 4(약산)로 변함에 따라 그 효과는 1/10로 줄어든다. 따라서 산도가 낮은 포도즙에 아황산 처리를 해 세균 번식을 막는 데는 어려움이 따를 수 있다. 포도즙에 아황산을 첨가할 때 소규모 산업체에서는 메타중아황산칼륨(potassium metabisulfite)을 액상으로 만들어 사용한다. 대규모 산업체에서는 메타중아황산칼륨을 다량 사용하면 비경제적이므로 아황산을 사용하며 병 살균이나 오크통 보존을 위해서도 아황산을 사용한다.

일반적으로 대규모 산업체에서는 자동계량 펌프를 통해 아황산을 정확히 첨가하며, 첨가된 아황산이 포도즙에 골고루 녹아들게 하는 것이 매우 중요하다. 보통 아황산이 과다 첨가되는 것을 피하기 위해 발효 전 50 mg/L SO<sub>2</sub> 이상 포도즙에 존재하지 않도록 한다. 최근 소비자의 포도주 소비 형태를 보거나 「식품위생법」을 보아도 이산화황이 적



게 함유된 포도주가 유통되는 것을 원하기 때문에 포도즙에 아황산을 다량 첨가하는 것은 바람직하지 않다.

결국 포도주 제조자가 기존의 레시피에 따라 아황산을 첨가하기보다는 증류법을 이용해 발효 전 총이산화황을 측정해 더 첨가할 수 있는 아황산의 양을 정하는 것이 효과적이다. 현재까지 고온살균으로 포도즙을 살균하는 방법을 제외하고는 아황산 처리로 포도즙을 살균하는 것이 가장 안전하고 확실한 방법이다. 특히 부패한 포도에 서식하는 세균을 억제하는 수단으로 아황산을 첨가하면 효과적이다.

## (2) 활성탄 처리

활성탄은 본래 원치 않는 색소나 맛과 향에 부정적 영향을 미치는 성분들을 제거할 목적으로 사용된다. 일반적으로 활성탄에는 색소 교정용 활성탄과 이취(off flavour) 제거용 두 가지가 있으나 통상 이취 제거용 활성탄이 사용된다. 이 활성탄은 특히 동결 포도, 낙과 포도, 곰팡이에 감염된 포도, 우박이나 곤충 피해를 입은 포도, 환경오염에 노출된 포도 등에 이용된다. 활성탄 처리를 통해 포도즙의 이취를 제거할 수 있으나 포도즙의 유용한 성분도 동시에 활성탄과 결합되어 제거되는 부작용도 고려해야 한다.

활성탄 처리를 할 때 첨가하는 양을 결정해야 하는데, 이때 어려운 점은 포도즙의 당분이 이취를 마스킹하여 이취 정도를 사전에 정확히 측정할 수 없다는 것이다. 따라서 활성탄 첨가량은 경험상으로 결정해야 하는데 통상 50~100 g/hL를 투입한다. 발효 전에 활성탄은 반드시 제거해야 한다. 또 포도즙에 분포되어 있는 혼탁물을 완전히 제거하면 나중에 정상 발효과정에 방해를 받으므로 활성탄 처리로 포도즙이 과도하게 청징되지 않도록 유의해야 한다.

처리 후 활성탄은 자연 침전되거나 분리기를 통해 제거되는데, 일부는 포도즙에 잔존하여 발효탱크에 묻혀 들어가 특히 백포도주 색깔을 일부 착색한다. 잔존한 활성탄은 앙금거르기와 여과를 통해 제거한다. 유럽 일부 국가에서는 적포도 파쇄즙과 포도즙에는 활성탄 사용을 금하고 있다. 활성탄은 포도즙의 색소나 이취에 이상 징후가 발견되었을 때만 색소와 이취 교정용으로 사용한다. 또 활성탄은 일반적으로 발효 후에 생성된 부산물들과 결합해 유효한 성분을 감소시킬 수 있으므로 포도주보다는 포도즙에 첨가하며, 포도즙 청징 공정을 통해 제거되게끔 청징 공정 전에 포도즙에 투입하고 가능하면 포도주에 포함되지 않도록 해야 한다.

### (3) 청징

청징은 포도즙 속의 불순물, 흙 성분, 잔류농약 성분 등을 함유하고 있는 굵은 혼탁물을 제거하기 위해서 한다. 혼탁물이 일정 부분 제거된 청징 포도즙은 최적의 발효 상태를 보인다. 일반적으로 청징은 백포도주를 만들 때 발효 전에 포도 맛을 강화하기 위해서 한다. 포도즙에 고형물이 다량 함유되어 있는 것은 바람직하지 않지만 과도한 청징으로 미세 혼탁물까지 제거해 불완전 발효가 되지 않도록 해야 한다.

여과나 원심분리를 하면 지방산과 스테롤이 90% 제거된다. 이에 따라 알코올 발효는 늦어지고 젖산발효는 저해되며 효모 활성이 줄어들게 되어 발효 중에 초산이 과도하게 생성될 수 있다. 포도즙의 부유물은 젖산발효를 촉진하기 때문에 일정량의 부유물은 이롭다. 백포도즙의 부유물은 0.1~0.5%가 바람직하지만 최적의 부유물 농도는 포도 품종과 포도주 유형에 따라 달라질 수 있다. 일반적으로 부유물 농도가 0.1~0.5%이면 발효는 순조롭게 진행되고 적당량의 에스테르와 고급 알코올이 생성된다. 통상 백포도즙은 자연 상태에서 12시간 정도 청징하는데 청징을 강화하기 위해 벤토나이트나 칼륨 카세인염을 첨가하기도 한다.

청징제로 흔히 벤토나이트를 사용하지만, 주요 지방산인 팔미트산(palmitic acid), 리놀레산(linoleic acid), 리놀렌산(linolenic acid), 스쿠알렌, 스티그마스테롤(stigmasterol),  $\beta$ -시토스테롤 등이 제거되는 부작용이 있다. 칼륨 카세인염을 사용할 경우에는 폴리페놀만 제거된다. 또 다른 청징 방법으로는 부유선광법(floation)이 있다. 공기나 질소를 불어넣어 가스가 표면으로 떠오르면 부유물이 공기방울 표면에 붙게 되는데 이것을 제거하는 것이다. 부유선광법은 다른 청징 방법에 비해 여러 장점이 있는데, 특히 원하는 청징 정도를 조절할 수 있다.

원심분리법은 장비가 비싸지만 청징할 때 포도즙이 최소로 손실되고 청징 속도가 빠르다. 미세혼탁물에 효모가 발효하는 데 필수적인 성분이 들어 있는지, 미세혼탁물이 이산화탄소와 결합해 발효를 촉진하는 역할을 하는지 등 미세혼탁물이 발효에 미치는 긍정적인 면을 아직까지 학술적으로 밝히지 못하고 있다. 그러나 미세혼탁물이 아로마 형성에 기여해 포도주 품질에 영향을 미치므로 과도한 청징은 피해야 한다. 특히 현대 포도주 제조장에서는 수평형 실린더로 압착하여 공정을 단축하고 기계화로 짧은 시간 안에 파쇄즙을 많이 압착할 수 있으나 그에 따라 굵고 미세한 혼탁물이 다량 만들어져

청징 시설을 따로 설치해야 한다.

청징 작업은 일반적으로 자연 침전하거나 분리기를 사용하는 두 가지 방법으로 한다. 자연 침전은 중력을 이용해 혼탁물을 침전시키는 방법으로, 대개 수직 탱크에서 침전시킨다. 침전 온도가 낮을수록, 침전 시간이 길수록 침전은 강하게 나타나지만 제조장의 노동력 구조상 긴 시간 하기에는 문제가 있으며 자연 침전을 오래하면 그사이 발효가 시작돼 침전된 혼탁물이 또다시 발효액에 혼입되는 문제가 생긴다.

특히 부패한 포도를 사용했을 때나 더운 기후 조건에서 침전을 실시하면 발효가 즉시 시작되어 자연 침전을 수행할 수 없다. 더욱이 자연 침전물에는 고형분뿐 아니라 액체도 다량 함유되어 있어 이 액체를 다시 얻기 위해서는 노동력과 시간이 많이 필요하다. 자연 침전 시간은 정해져 있지 않지만 일반적으로 약한 침전은 4~6시간, 보통 침전은 6~12시간, 강한 침전은 12~24시간이 소요된다.

자연 침전할 때 아황산 처리를 하면 침전 속도를 높일 수 있으나 포도주에 이산화황 함유량이 많아지므로 하지 않는 것이 좋다. 청징의 또 다른 방법인 분리기는 분리 찌꺼기에 액체가 거의 남아 있지 않으므로 액체를 회수하는 작업은 하지 않아도 되지만 대규모 제조장에서는 여과를 통해 남아 있는 액체를 회수하기도 한다. 분리기를 통해 걸러진 찌꺼기는 포도원에 뿌려 수질 오염을 막아야 한다.

분리기는 원심력을 이용하기 때문에 짧은 시간에 포도즙을 많이 청징할 수 있으나 청징을 과하게 하지 않도록 유의해야 한다. 과도한 청징으로 불완전 발효가 되면 이른바 만넛트 맛이 나타나고 발효 중 아세트알데하이드가 과도하게 생성되어 결국 이산화황 함유량이 늘어나는 문제를 유발한다. 때로는 자연 침전과 분리기를 혼용해서 분리기 사용 횟수를 줄일 수도 있다.

#### (4) 산도와 pH 조절

포도즙은 발효 전에 산도와 pH 조절이 필요하며 산성화(acidification)된 포도즙은 부패균 증식을 억제한다. 일반적으로 pH가 낮은 포도즙으로 발효할 때 아로마가 더 생성된다. 포도주의 총산은 대부분 5.5~5.8 g/L 정도이고 백포도주의 경우 일반적으로 적포도주보다 산도가 높다. 또 백포도주의 경우 pH가 3.1~3.4, 적포도주의 경우 3.3~3.6이다. 발효 중에 생성된 주석산 때문에 포도주의 pH가 높아지므로 발효 전의 포도즙 pH를 낮게 하는 경우도 있다. 산도는 포도주의 신선감과 색소 안정 및 숙성, 부패균 억

제에 중요한 요소이다.

산도가 낮고 pH가 높을 경우 유기산을 첨가해 산도와 pH를 조절할 수 있다. 이때 유기산으로는 분해에 덜 민감하고 과도한 칼륨 침전을 유도하는 주석산을 주로 사용한다. 주석산 대신 젖산을 사용하기도 하는데, 젖산은 신맛뿐 아니라 보디감을 준다. 구연산도 철의 안정성을 용이하게 하므로 유기산으로 첨가하지만 젖산균에 분해되어 포도주에 좋지 않은 성분인 다이아세틸의 농도를 높인다. 산성화는 주로 사과산이 높고 숙성 말기에 과도하게 대사되는, 고온에서 재배된 포도에 적용한다.

한편 감산(deacidification)은 포도즙의 산도가 높을 때 이를 줄이는 작업이다. 감산은 유럽 북부 지역이나 아시아 지역에서 포도주의 품질을 높이기 위해 매우 중요한 공정이다. 산도가 높고 pH가 낮은 포도즙을 감산할 경우, 산도가 낮고 pH가 높은 포도즙과 섞는 방법과 탄산칼슘이나 탄산칼륨 등으로 중화하는 방법이 있다. 특히 이러한 지역에서 기후 변화에 따라 숙성이 늦어져 산도가 높아진 포도로 만든 포도주는 맛이 조화롭지 못하다.

독일, 프랑스, 오스트리아 지역에서는 오래전부터 감산이 허용되었다. 1972년 빈티지의 미숙과를 분석한 결과를 보면(표 6-11), 당도, 총산도, 주석산을 분석하였는데, 주석산 비율을 총산도 대비 %로 나타냈다. 표에서 보듯이 총산도에서 주석산을 제외한 수치가 곧 사과산임을 알 수 있다. 또 주석산 농도는 품종에 따라 다르며 총산도가 증가할수록 주석산 비율은 감소한다. 따라서 미숙과에서는 사과산의 비율이 높아지는 것을 알 수 있다. a 지역과 b 지역의 당도가 동일함에도 총산도 수치는 서로 다르게 나타났으며 평균적인 주석산 수치는 두 지역에서 차이가 거의 없는 것을 알 수 있다.

표 6-11 포도 품종에 따른 주석산 함량

| 품종     | 당도<br>(° Brix) |      | 총산도<br>(g/L) |      | 주석산<br>(g/L) |     | %  |    |
|--------|----------------|------|--------------|------|--------------|-----|----|----|
|        | a              | b    | a            | b    | a            | b   | a  | b  |
| 루렌더    | 17.5           | 20.5 | 15.9         | 14.0 | 6.6          | 6.4 | 42 | 46 |
| 리슬링    | 16.6           | 15.2 | 18.3         | 20.5 | 6.9          | 7.5 | 38 | 37 |
| 뮐러트루가우 | 18.4           | 17.0 | 8.7          | 11.4 | 4.6          | 5.3 | 53 | 46 |
| 실바너    | 15.2           | 15.2 | 13.7         | 17.8 | 5.2          | 6.9 | 38 | 39 |
| 평균     | 16.9           | 17.0 | 14.1         | 15.9 | 5.8          | 6.6 | 43 | 42 |

1973년 빈티지는 포도 숙성이 빨리된 경우로, 총산도 대비 주석산 비율이 1972년에 비해 현저히 증가했다. 실바너의 총산도 비율은 1973년 9월 1일에 15.5 g/L를 나타내 비교적 높은데도 주석산이 차지하는 비율은 증가했다. 특히 뮐러트루가우의 경우, 주석산이 높고 총산도는 낮게 나타나 감산이 필요 없는 상태이다. 숙성이 진행됨에 따라 총산도와 주석산은 감소하였으나 총산도 대비 주석산의 비율은 평균적으로 증가했음을 알 수 있으며 더운 기후 조건에서는 사과산이 주석산보다는 숙성이 진행됨에 따라 더 빨리 분해되는 것을 알 수 있다.

기후 조건에 따라 숙성 시기가 늦어지거나 숙성이 늦게 되는 포도 품종에서는 사과산이 높고 주석산은 낮게 되며 비교적 숙성이 늦은 리슬링의 1965년, 1972년, 1982년 빈티지의 경우 특히 사과산이 증가하고 주석산이 감소함으로써 감산해야 하는 문제를 야기한 바 있다. 일반적으로 총산도가 포도즙 10~12 g/L일 경우 감산하는 것이 품질에 좋다.

표 6-12 포도 품종에 따른 주석산 함량

| 품종      | 1973년 9월 1일 빈티지 |              |              |     | 1973년 9월 18일 빈티지 |              |              |     |
|---------|-----------------|--------------|--------------|-----|------------------|--------------|--------------|-----|
|         | 당도<br>(°Brix)   | 총산도<br>(g/L) | 주석산<br>(g/L) | (%) | 당도<br>(°Brix)    | 총산도<br>(g/L) | 주석산<br>(g/L) | (%) |
| 루렌더     | 15.0            | 10.0         | 5.3          | 53  | 15.5             | 8.0          | 5.2          | 65  |
| 리슬링     | 14.5            | 16.0         | 9.7          | 61  | 15.5             | 14.9         | 8.4          | 56  |
| 뮐러트루가우  | 15.2            | 10.7         | 7.9          | 74  | 15.7             | 8.5          | 7.0          | 82  |
| 바이스부르군더 | 15.5            | 13.3         | 8.0          | 60  | 15.9             | 12.6         | 6.8          | 54  |
| 실바너     | 12.7            | 15.3         | 8.9          | 58  | 14.8             | 10.3         | 7.3          | 71  |
| 흑셀레베    | 16.1            | 9.2          | 7.7          | 84  | 16.6             | 9.2          | 7.1          | 77  |
| 평균      | 14.8            | 12.4         | 7.9          | 65  | 15.7             | 10.6         | 7.0          | 66  |

## (5) 중화처리

감산할 때는 일반적으로 탄산칼슘을 이용해 중화하며 다음과 같은 화학적 반응을 거친다.





감산은 이산화탄소와 물(탄산수), 중화를 통해 생성된 주석산칼슘이 분리됨으로써 이루어진다. 즉, 주석산 150 g을 중화하려면 탄산칼슘 100 g이 필요하고, 주석산 1 g을 중화하려면 탄산칼슘 0.67 g이 필요하다. 예를 들어 포도즙이 2,400 L이고 총산도가 13 g/L일 때 산도를 10 g/L로 감산해보자. 즉 총산도를 3 g/L 감산하고자 할 때 100 L당 3 g/L만큼 감산하려면  $0.67 \times 3 \times 100 = 210$ (g) 탄산칼슘이 필요하다. 그리고 2,400 L를 감산하려면  $24 \times 210 = 4,824$ (g)의 탄산칼슘을 첨가하면 된다. 감산하기 위한 탄산칼슘 첨가량은 주석산 양에 비례하며, 첨가하는 탄산칼슘 양이 중화해야 할 주석산 양보다 과다하면 잔존하는 탄산칼슘은 가용성 칼슘이 된다. 이때 탄산칼슘이 포도주에 200 mg/L 이상 존재하면 맛으로 느껴져 포도주 품질이 떨어지게 된다.

탄산칼슘은 개폐 상태에서 장기간 보관하면 이취의 원인이 되므로 주의해야 한다. 교반기가 부착된 개방형 용기에서 감산을 실시하면 감산과정에서 생성되는 이산화탄소로 인한 포도즙 넘침을 막을 수 있다. 또 생성되는 이산화탄소의 농도는 발효 시 생성되는 이산화탄소의 농도보다 훨씬 열어서 안전상 문제는 없다고 볼 수 있다.

포도즙에서 탄산칼슘이 용해되면 감산과정이 종료된 것이다. 감산으로 생성·침전된 크리스털은 발효탱크에 모여 있다가 발효 후 앙금거르기(racking) 과정 때 효모와 함께 제거된다. 탄산칼슘을 이용한 감산과정에서는 단지 주석산만 제거할 수 있으며, 백포도즙의 경우 총산도가 10 g/L 이하로 떨어지면 젖산발효가 증진되어 재차 감산되므로 주의해야 한다. 반면 적포도 파쇄즙이나 포도즙의 경우 총산도가 10 g/L 이하로 떨어져도 무방하다.

## (6) 복염처리

탄산칼슘을 이용한 감산에서는 주석산만 제거되므로 사과산은 제거할 수 없으나 복염처리로는 주석산과 사과산을 동시에 제거할 수 있다. 이때 주석산과 사과산이 같은 비율로 제거되는 것이 아니라 약 7:3 비율로 제거된다. 복염을 이용한 감산처리에서는 중화처리에서와 같이 탄산칼슘 양을 계산하고 개방형 탱크로 이송한 뒤 일부 포도즙을 탱크에 서서히 투입해 녹이는데, 일부 포도즙의 양은 다음과 같이 계산한다.

예를 들어 부피가 2,000 L, 총산도 18 g/L를 함유하는 포도즙을 11 g/L로 감산하고자 할 때, 즉 7 g/L를 감산하고자 할 때, 7 g/L는 18 g/L의 39%에 해당하므로 2,000 L의 39%에 해당하는 780 L가 일부 포도즙이 된다. 계산된 탄산칼슘 9,380 g에 포도즙 780 L를

넣고 교반기를 이용해 아주 서서히 녹이는데, 탄산가스 거품이 많이 일어나면 거품이 사라질 때까지 기다렸다가 다시 포도즙을 투입하는 방식으로 계속 녹인다. 이때 탄산칼슘에 포도즙을 투입하여 녹이는 것이므로 반대로 작업하면 안 된다. 또 pH를 측정해야 하는데, pH가 4.5 이하로 떨어지지 않도록 유의해야 한다. pH가 4.5 이하로 떨어졌다는 것은 포도즙을 탄산칼슘에 너무 빨리 녹였다는 의미이므로 녹이는 속도를 조절해야 한다.

감산이 끝나면 탱크 바닥에는 가느다란 바늘 형태로 염 크리스털이 형성되는데, 이 염 크리스털은 분리기나 규조토 여과를 이용하여 제거한다. 그다음 감산된 포도즙을 감산하지 않은 포도즙 1,220 L와 혼합하면 감산된 포도즙에 과잉 잔존하는 칼슘 때문에 중화처리 시처럼 주석산 칼슘이 형성되어 감산이 되고, 발효 후 탱크 바닥에 침전된 주석산 칼슘은 거르기를 통해 제거된다.

중화처리 방식은 총산도의 30% 정도를 감산할 수 있지만 염침전 처리 방식은 주석산과 사과산을 동시에 제거할 수 있어 총산도를 50%까지 감산할 수 있다. 그러나 감산처리 과정이 복잡하고 분리기나 규조토 여과기를 추가로 설치해야 하며 섬세한 기술이 요구된다. 염침전 처리 방식은 일반적으로 총산도가 15 g/L 이상일 때 사용하며 총산도가 15 g/L 이상이면 이 방식이 유일한 감산 방법이다. 이 방식은 또한 포도즙 감산에만 이용하며 포도주는 주석산 함량이 이미 현저히 줄어든 상태이기 때문에 포도주 감산에는 효과적이지 않다.

## (7) 보당

보당(capitalization)은 포도즙의 당도가 낮아 제조될 포도주의 알코올 함량을 높일 목적으로 한다. 유럽의 경우 보당이 필요 없는 고온 지역에서 하는 보당은 불법이지만 당도가 낮은 저온 지역에서는 정부의 통제 아래 보당이 허가되어 있다. 유럽에서는 포도주 재배 지역에 따라 보당 기준을 법으로 정해 가능하면 포도 자체에 함유되어 있는 당을 최대한 활용해서 포도주의 천연적인 맛과 풍미를 유도한다.

보당할 때는 설탕을 포도주스에 녹인 뒤 발효 2~3일 지난 다음 투입한다. 이로써 효모 증식을 강화하고 설탕으로 인한 발효 저하를 방지하는 효과가 있다. 보당하면 알코올 함량이 늘어나고 글리세롤, 석신산, 2,3-뷰테인다이올(2,3-butanediol) 등이 생성된다. 또 포도주 아로마에 중요한 에스터 함량은 늘어나는 반면 다른 성분은 감소하게 된

다. 보당을 하면 리슬링 같은 몇몇 포도 품종에서는 미숙과에서 비롯되는 풋풋한 맛을 줄여주는 효과는 있지만 포도 품종 본래 특성의 부족한 부분을 보충해주지는 못한다.

최근에는 당이 부족한 포도에 보당을 하지 않고 포도주 고유의 특성을 살리려는 기술이 시도되고 있다. 그중 역삼투압 기술을 이용하면 포도즙의 포도향을 농축할 수 있다. 멤브레인을 통해 포도즙의 수분을 탈취해 포도향과 당분을 분리하는 방식이지만 이로써 알데하이드와 에스터 같은 주요 포도향이 손실되는 단점이 있다. 보당을 대체하는 다른 방법인 냉동적출(cryoextraction)은 미숙한 포도나 비를 맞아 부풀어 오른 포도 등에 응용한다. 이 방법은 스위트한 테이블 와인을 제조할 때 당분과 향을 강화하려는 목적으로도 사용한다. 냉동적출 방식은 기술적으로는 아이스 와인 제조 방식과 유사해 먼저 포도를 냉동, 파쇄, 압착한다. 포도 속의 수분이 얼음을 형성할 때 용해된 성분은 점차 잔존액에 농축된다.

과숙한 포도는 미숙한 포도보다 서서히 얼기 때문에 과숙한 포도일수록 포도즙을 추출하기가 용이하다. 냉동 온도가 영하 15℃ 이하이면 농축을 증가시킬 수 있지만 일반적으로 영하 5~영하 10℃이면 수분을 제거하는 데 충분하다. 보당을 대체하는 또 다른 방법은 실온에서 진공을 걸어 포도즙을 농축시키는 엔트로피 농축기(entropic concentrator)를 이용하는 것이다.

#### (8) 농축

농축 포도즙은 포도즙의 수분을 증발시켜 제조한 것으로 흔히 포도주스를 만들 때 사용한다. 농축 정도에 따라 반농축액과 완전 농축액으로 구분하며, 완전 농축액의 경우 당도가 62브릭스까지 높아진다. 농축액의 장점은 부피가 1/4로 줄어 수송비와 저장비가 절약되고 보존성이 우수하다는 점이다. 농축액은 유럽 일부 국가의 경우, 테이블 와인을 만들 때만 보당용으로 허용하지만 고품질 포도주에는 사용이 금지되어 있다. 보당용 농축액은 설탕보다 가격이 비싸 경제성도 없다. 아이스 와인도 포도를 얼려 농축한 것이지만 농축액으로 간주하지 않으며, 독일 아이스 와인(Eiswein)의 경우 자연 상태의 동결 포도를 이용한 포도주를 아이스 와인으로 간주할 뿐 인공적으로 동결시킨 포도를 이용한 포도주는 아이스 와인으로 간주하지 않는다.

### (9) 효소제 첨가

피노 누아르와 같은 일부 포도 품종은 표준화된 양조로 안토시아닌의 30% 정도만 추출되어 색도가 어두운 적포도주가 될 수 있다. 이때 포도주 색도를 개선하기 위해 저온침출법, 압착기법 변화, 효소 또는 타닌 첨가 등 다양한 기법이 동원될 수 있다. 효소제는 일반적으로 포도주 청징, 탈색, 탈알코올화, 아로마 강화, 안토시아닌 유리화를 강화할 목적으로 사용한다. 펙티네이스 효소제는 포도즙의 청징과 여과력을 위해 압착 후 첨가하는데 콜로이드성인 펙틴은 여과를 막히게 하며 부유물의 침전을 방해한다. 펙티네이스는 대부분 백포도주를 만들 때 첨가한다.

펙틴 라이에이스(pectin lyase)가 주성분인 펙티네이스는 포도 펙틴에 작용하여 많은 메탄올을 유리시키는 반면 폴리갈락투로네이스(polygalacturonase)나 펙틴 메틸 에스테레이스(pectin methyl esterase)로 구성되어 있는 펙틴 효소제는 메탄올을 소량 유리화한다. 보트리티스에 감염된 포도의 경우 점성 물질인 글루칸이 다량 함유되어 있어 글루카네이스가 함유된 펙티네이스 효소제를 사용하기도 한다. 또 터펜 또는 비아이소프레노이드(norisoprenoid) 같은 아로마 성분의 유리화를 원할 경우  $\beta$ -글루코시데이스를 함유한 펙티네이스를 사용한다.

열처리한 포도즙에서는 발암성 물질인 에틸카바메이트(우레탄)가 종종 발견되는데 이는 에탄올과 요소가 반응하여 생성되는 부산물이다. 요소는 아르지닌(arginine)의 대사산물로 생성되기도 하고 질소를 첨가했을 때나 포도원의 질소 비료 때문에 생성되기도 한다. 에틸카바메이트는 요소를 제거하거나 발효 중에 적절한 효모를 사용함으로써 농도를 줄일 수 있으나 효소제인 유레이스(urease)를 첨가하는 것도 하나의 방법이다.

## 3) 발효 공정

### (1) 개요

1680년 레벤후크(Anton van Leeuwenhoek)가 처음으로 현미경을 통해 효모와 포도주 주석 및 보트리티스 균체를 관찰하였으나 효모의 역할과 기능은 전혀 모르는 상태였다. 1789년 라부아지에(Antoine Laurent Lavoisier)는 당의 최종산물이 알코올과 이산화탄소라는 것을 입증하였고, 1810년 게이 뤼삭(Gay-Lussac)은 발효 공식을 제시하였다.



1818년 에릭스레벤(Dorothea Christiane Erxleben)은 발효 중 모양이 둥근 미생물이 존재하는 것을 발견했고, 1837년 쿼어징(Kuerzing)은 초산균과 초산 형성을 밝힘으로써 다양한 발효가 여러 미생물에 기인함을 밝혀냈다. 동시대에 메이엔(Meyen)은 효모를 학술적으로 분류하여 당 균체(saccharose mycel)라는 의미의 사카로미세스(Saccharomyces)라고 명명하였다. 파스퇴르(Louis Pasteur)는 1858년 박테리아가 당을 이용하여 젖산을 만든다는 것을 밝혀낸 뒤 1866년 자신의 저서 『포도주학(*Etudes de le vin*)』에서 부패한 포도주와 살균법(pasteurization)에 대해 기술하였다. 1877년에는 『맥주학(*Etudes sur biered*)』이라는 맥주 관련 책을 발간하였다. 1845년 볼링(Balling)은 발효 화학 저서에서 효모에 의한 알코올 발효를 학술적으로 증명하고 더 나아가 효모의 맥주, 포도주, 증류주 및 효모 생산 관련 응용을 증명하였다.

1847년 슈미트(C. Schmidt)는 석신산을, 1858년 파스퇴르는 글리세린을 발효부산물로 발견한다. 그 당시 효모에 대한 기초 이론이 정립되었음에도 효모가 실제 산업적으로 이용되는 데는 덴마크 학자 한젠(Christian E. Hansen)이 결정적인 기여를 하게 된다. 그는 효모가 다 같은 효모가 아니며 해로운 효모도 존재함을 발견하고 자연계에서 효모를 순수 배양하여 맥주 제조에 응용하였으며, 그로부터 오늘날까지 전 세계 맥주 애호가들은 품질이 일정한 맥주를 즐기게 되었다.

그 뒤 한젠의 순수배양기술을 뮐러 트루가우(Hermann Mueller-Thurgau)가 계승하게 되며 독일 국립포도주연구소인 가이젠하임에서 포도주 제조를 위한 포도주 효모 순수배양에 성공하게 되고 그의 후계자인 보르트만(Julius Wortmann)은 1894년 최초로 포도주효모은행(wine yeast bank)을 설립하기에 이른다. 뮐러 트루가우는 포도주 효모의 유래, 분포 등을 세상에 알렸으며 포도주 발효 초기 야생효모인 아피쿨라투스(*Apiculatus*)가 포도주 효모인 사카로미세스보다 수적으로 우위에 있으나 발효가 진행됨에 따라 역전 현상이 일어난다는 사실은 물론 1918년에는 포도주의 젖산발효가 박테리아에 기인하는 것도 밝혀냈다. 또 보트리티스 관련 포도 귀부병(noble rot)을 연구해 세계적 명성을 얻게 된다.

벤젤 자이퍼트(Wenzel Seifert)는 쌍구균이 사과산을 젖산과 이산화탄소로 변환시키는 것을 밝혀냈다. 부흐너(Eduard Buchner)는 1897년 효모의 효소로 발효가 이루어



어진다는 사실을 밝혀내 발효공학 분야의 획기적인 발전에 공헌하면서 뮌헨대학 교수로 초빙되었고 결국 1907년에는 노벨화학상을 받게 된다. 칼 크뢰머(Karl Kroemer)는 미생물 수를 줄이는 여과법을 최초로 도입하여 포도주 유통과 저장에 결정적 기여를 한다. 그는 또한 이산화황이 발효와 미생물에 미치는 영향을 정리하고, 포도주 침전, 사과와인, 딸기와인, 휘발산 생성 등에 관한 연구를 정리하였다. 1937년 마이어 호프(Meyerhof)는 알코올 발효 기전을 상세히 밝혀냄으로써 생화학 분야의 신기원을 이루었다.

제2차 세계대전 이후 포도주 연구는 1950년 재개되는데, 독일은 저온발효를 통해 제조한 잔당 있는 포도주를 개발함으로써 새로운 포도주 시장을 개척한다. 이러한 포도주를 보관·저장하는 데는 어려움이 있어 소브산(sorbic acid)을 보존료로 이용하게 되는데 샤타를(Schanderl)은 미생물 안정성 관련 연구를 통해 많은 업적을 남기게 된다. 1980년 이래 병 예방과 설비 살균을 위해 SO<sub>2</sub> 대신 오존과 과산화아세트산(peracetic acid)이 허용되어 이용되고 있다. 당시 많은 학자는 젖산균에 의한 젖산발효를 연구하였고 젖산의 유래와 사과산 분해에 대한 생화학 등을 학술적으로 정립하였다.

1960년에 포도주의 히스타민(histamine)과 그 외 아민(amine) 성분이 분석되었고 1964년 가이젠하인 연구소의 디트리히(Dittrich)는 산도가 낮은 포도주에서 종종 나타나는 따끔거리는 젖산맛이 다이아세틸(diacetyl)임을 밝혀냈다. 뢰티(Luethi)와 렌취러(Rentschler)는 따끔거리는 젖산맛을 이론적으로 정립하였고 카날 라우베레스(Canalllauberes, 1989)는 포도주의 따끔거리는 맛의 원인이 젖산균 쌍구균이 생성하는 글루칸(glucan)에 있음을 증명하고 쌍구균-글루칸에 관한 화학구조를 정립하였다.

1986년 헤레스지틴(Heresztyn)은 젖산발효의 주원인균이 오에노코쿠스 오에니(*Oenococcus oeni*)임을 밝혀냈으며 젖산균과 초산균 및 브레타노미세스(*Brettanomyces*) 효모균 등이 포도주의 쥐노 냄새를 일으키는 것으로 밝혀냈다. 1963년 야생효모(*Schizosaccharomyces*)에 의해서도 사과산 분해가 일어남을 알게 되었는데 이 과정에서 젖산이 생성물로 생성되는 것이 아니라 알코올과 이산화탄소만이 생성된다는 것을 알게 되었다. 라들러(Radler)는 사카로미세스도 사과산을 알코올과 이산화탄소로 변환시킨다는 것을 밝혀냈으며 1982년 벤젤은 변화된 양을 수치화하였다.

포도주 연구에서 중요한 부분은 이산화황 문제를 해결하는 것이었다. 1904년 케르프(Kerp)는 아세트알데하이드가 포도주에서 이산화황과 결합형으로 존재하는 주요 성분

임을 밝혀냈고 블로인(Blouin)과 페인(Peyn)은 1966년 그 외 이산화황과 결합형으로 존재하는 성분을 알아냈다. 또 이산화황 생성은 효모와 밀접한 관계가 있어 새로운 효모를 선발해 원활한 발효를 유도, 포도주의 아황산 첨가량을 감소시켰다. 란케(Ranke), 디트리히, 벤젤이 1963년부터 황화수소( $H_2S$ )의 문제점을 연구하였고 그 뒤 황산동(copper sulfate)을 첨가해 포도주의 황화수소 문제를 해결하였다.

1978년 보스(Vos)는 질소 결핍에 따른 비정상적 발효를 막기 위해 1977년부터 포도즙에 암모늄( $NH_4$ )을 첨가하였다. 1991년 라우훗(Rauhut)은 황을 함유하고 있는 포도주 성분의 생성과 특징을 연구하여 많은 업적을 남겼다. 보트리티스균에 감염된 포도주는 이산화황이 더 많이 필요한 것으로 연구되었는데, 이는 보트리티스균이 티아민을 많이 소비하기 때문에 포도즙의 티아민 부족에 따른 발효 장애로 피루브산과 케토글루타르염(ketoglutarate)이 과다 생성되어 결국 이산화황이 많이 필요한 것이었다. 이러한 이유로 1977년부터 포도즙에 티아민을 첨가해 이 문제를 해결하였다.

1964년 디트리히는 보트리티스균에 감염된 포도를 이용해 포도주를 만들 때 고당도로 인한 삼투압 현상 때문에 발효가 비정상적으로 진행되는 것을 밝혀냈다. 아메린(Amerine)은 1959년 보트리티스균 감염에 의한 귀부병을 유도하여 고품질 포도주 제조를 시도하였다. 1979년 마이어(Mayer)는 배양효모를 이용한 원활한 발효로 포도주의 이산화황 요구량을 줄일 수 있고 젖산균 발효를 통해 이산화황 함량이 줄어드는 것을 밝혀냈으며 라들러(Radler)는 젖산균의 효소 체계를 밝혀냈다.

1980년부터 미국의 캘리포니아와 오리건, 오스트레일리아, 프랑스 등지에서는 순수 배양된 젖산균을 이용하여 젖산균 발효를 시도하였고, 유럽연합에서는 1990년부터 이를 공식 허용하였다. 포도와 포도즙 및 포도주 공정의 효모 분포에 대해 프랑스, 이탈리아, 남아프리카의 학자들은 연구 결과를 많이 남겼다. 가장 흔한 포도주 품질 장애인 초산 맛에 대해서는 1977년 밴디온(Bandion)이 상세히 기술하였고 스폰홀츠(Sponholz), 디트리히, 바트(Barth)는 초산이 대부분 초산균이 아닌 젖산균에 의해 생성된다는 것을 밝혀냈다.

2000년대 포도주 양조에서는 효율성을 추구하여 대규모 발효탱크를 이용하며 건조효모를 이용해 발효력 향상을 꾀한다. 하지만 초산 맛으로 인한 산도 감소와 알코올 수율 저하, 효모의 대사 변화 등의 부정적 측면도 있다. 향후 포도주 연구 방향은 더욱 안전한 포도주 제조 및 품질 향상에 있으며, 이를 위해서는 새로운 효모와 젖산균 동정이 필수

적이다. 이러한 미생물을 활용해 최적의 발효 상태와 고품질의 포도주를 얻을 수 있다.

## (2) 효모

### ① 효모의 분포

효모는 당분이 있는 곳, 특히 식물즙에 존재하며 포도주 제조에서 중요한 것은 효모가 포도에 분포되어 있다는 사실이다. 효모는 특히 완숙된 포도 표피의 미세한 균열에 고여 있는 포도즙에 군락 형태로 분포해 증식하지만 포도 줄기에는 거의 존재하지 않는다. 균열이 전혀 없는 포도 알갱이에는 효모가 일부 존재할 수 있으나 포도즙이 없는 영양분으로부터 고립된 상태로 증식할 수는 없다. 일반적으로 포도에는 증식 가능한 효모가 충분히 분포되어 있으나 건조한 날씨나 농약 등으로 효모가 사멸될 수 있다.

포도 수확이나 이송 중에 포도가 으깨져 포도즙이 나오게 되면 그때까지 영양분에 굶주린 효모가 번식을 하게 된다. 특히 더운 날씨나 장시간 이송으로 발효가 진행될 수 있으며 압착 후 효모는 포도즙으로 휩쓸려가게 된다. 효모는 포도원 흙에도 존재하지만 포도 표피에 분포되어 있는 효모와는 전과 방법이 다르다. 균열이 있거나 손상된 포도에는 효모가 다량 분포하는데 균열된 포도의 포도즙이 말벌이나 파리 등을 유혹하게 되고 이러한 곤충들이 포도즙을 섭취하면서 증식한 효모의 일부가 곤충들의 주둥이나 다리에 붙게 된다. 곤충들이 균열이 전혀 없는 포도 알갱이로 이동하면서 주둥이나 다리에 붙어 있었던 효모가 포도 알갱이 위에 안착하게 되고 효모는 곤충들이 갉아먹은 포도 속으로 깊이 침투하여 증식하게 된다. 즉 말벌이 많으면 많을수록 효모에 의한 자연 발효는 더욱더 왕성하게 일어난다.

### ② 효모의 종류

포도주 제조에서 왕성한 발효를 유도하는 포도주 효모 외에 포도에는 다른 종류의 야생효모가 다량 분포되어 있다. 이러한 야생효모들은 포도주 제조에 쓸모가 없으며 때로는 악영향을 준다. 종류에 따라 형태나 영양분 수요, 신진대사과정이 다르게 나타나며 포도주 효모에 비해 발효력이 현저히 약하고 크기도 작으며 모양은 한쪽이나 양쪽 끝이 뾰족한 형태이다. 대표적인 야생효모는 아피쿨라투스(*Apiculatus*, *Apiculat*, 레몬형)이다. 특히 거의 모든 과즙에 다량 분포되어 있어 포도주 효모는 상대적으로 수적으로 열세인데, 이는 포도즙에서도 마찬가지다. 신선한 과즙에 90~99.5%의 아피쿨라투스 효

모가 분포되어 있으며 이 효모는 한세니아스포라 우바리움(*Hanseniaspora uvarum*) 종류에 속한다.

일반적으로 발효와 포도주에서 의미 있는 효모는 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 왕성하게 발효하며 좋은 발효부산물을 생성하는 사카로미세스 세레비지에(*Saccharomyces cerevisiae*), 사카로미세스 바야누스(*Saccharomyces bayanus*) 등이 있다.
- 약하게 발효하고 과즙에 다량 분포하며 초기 발효를 유도하나 발효가 진행됨에 따라 그 숫자가 줄어들지만 생성된 발효부산물은 포도주 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는 한세니아스포라 우바리움(예전 이름은 *Kloeckera apiculata*), 칸디다(*Candida*), 메취니코비아(*Metschnikowia*), 토룰라스포라 델브뤼키(*Torulaspora delbrueckii*) 등이 있다.
- 산소가 필요한 호기성이며 발효 조건이 불충분할 때 발효 후 포도주 표면에 증식하며 포도주 품질에 악영향을 미치는 피치아 멤브레니페시엔(*Pichia membranifaciens*), 피치아 퍼멘탄스(*Pichia fermentans*) 등이 있다.
- 과즙에 극히 일부 분포하며 포도주 제조에는 전혀 영향이 없는 적색 효모인 로도톨라(*Rhodotorula*)가 있다.

프랑스 보르도나 이스라엘과 같은 고온 건조한 포도 재배 지역에서는 사카로미세스 세레비지에의 유성포자가 고온 건조한 기후에 저항성이 강하기 때문에 저온 지방의 포도 재배 지역보다는 무성포자인 아피쿨라투스속 야생효모에 비해 포도에 많이 분포하게 된다. 또 스페인 마요커 포도 재배 지역의 포도 과즙에는 열 종류의 효모가 서식하는데 그중 야생효모인 칸디다 스텔라타(*Candida stellata*)가 43~90%까지 차지하나 포도주 효모인 사카로미세스 세레비지에는 존재하지 않는다.

포도에 존재하는 효모 수는 지역마다 큰 차이를 보이거나 온순한 기후 조건에서는 일반적으로 포도즙 1 mL당 효모가 100마리 존재하며 압착 후 효모는 1 mL당 1,000마리에서 1,000만 마리로 증가하는데 이는 압착기와 기타 장비로부터 감염된 것이다. 물론 원심 분리나 침전을 통한 혼탁물 제거, 아황산 첨가를 통한 야생효모의 증식이나 사멸을 유도할 수 있으나 야생효모의 수적 우세로 자연 발효에서 초기 발효는 야생효모에 의해 일어난다.

보르도 지방의 카베르네 소비뇽, 카베르네 프랑, 세미용의 경우 압착 후 신선한 포도즙 1 mL당 10만 마리의 효모가 분포한다. 즉 압착을 감염 없이 수행했을 경우 포도알갱이 하나에 약 10만 마리의 효모가 존재하는 것이다. 반면 포도주 효모인 사카로미세스 세레비지에는 거의 존재하지 않으며 야생효모 중 적색포도인 로도토룰라속 효모가 다수를 차지하고 그다음은 아피쿨라투스속 효모가, 마지막으로 메취니아코비아속 효모 및 아우레오바지디움(*Aureobasidium*)속 효모 등이 차지한다. 이러한 유사한 경향은 뉴질랜드 등지에서도 발견된다. 일본에서는 백포도의 포도즙 1 mL당 10만 마리의 효모가, 적포도의 포도즙 1 mL당 1,000~100만 마리의 효모가 발견되었다. 그중 40~72%가 아피쿨라투스속 효모이며 0~18%는 사카로미세스속, 13~19%는 칸디다속, 3~22%는 곰팡이효모속, 1~4%는 로도토룰라 및 기타 효모가 차지해 총 10여 속 22종류의 효모가 발견되었다.

포도의 효모 수는 포도원의 위치나 포도주 양조 기술, 품종이나 토양과는 무관하며 기후와 밀접한 관계가 있다. 반면 저온다습한 지역의 효모나 박테리아의 수는 보트리티스와 관계있으며 보트리티스에 감염된 포도에는 전체적으로 효모나 박테리아 등의 번식이 왕성한데 그 이유는 보트리티스가 포도 속에서 증식하게 되면서 효모나 박테리아가 포도알갱이 속으로 침투할 통로를 마련해주기 때문이다. 그래서 사카로미세스 세레비지에속 효모는 10,000~20,000/mL, 아피쿨라투스속 효모는 50,000~100,000/mL, 적색 효모는 5,000~100,000/mL, 기타 효모는 10,000~100,000/mL, 초산균은 10,000~100,000/mL, 젖산균은 1,000~10,000/mL 분포하게 된다.

앞에서 언급한 바와 같이 포도 이송 기간이 길거나 고온일 경우 효모 증식이 활발해져 ‘에스터취’나 휘발산 등이 과다하게 생성되어 포도주 품질을 떨어뜨리기 때문에 고온 지역에서는 포도를 밤에 수확하는 것이 좋으며, 가능한 한 덜 으깨진 상태로 압착기로 이송되도록 해야 한다. 같은 사카로미세스속 효모라 할지라도 한 종류의 효모만 포도즙 환경에 적응하여 발효를 이끌어가기 때문에 여러 종류의 사카로미세스를 동시에 포도즙에 주입하여 발효하는 것은 의미가 없다.

현대 포도주 양조에서는 자연발효법이 아닌 순수 배양된 분말 효모를 이용하는데, 이때 야생효모는 포도주 효모보다 이산화황에 민감하게 반응하여 증식이 억제되므로 발효 전 포도즙의 아황산 처리는 필수적이다. <그림 6-2>는 분말효모를 발효에 투입한 전후의 효모균 분포를 나타낸 것으로 효모 투입 전에는 야생효모균이 수적으로 우세를 보



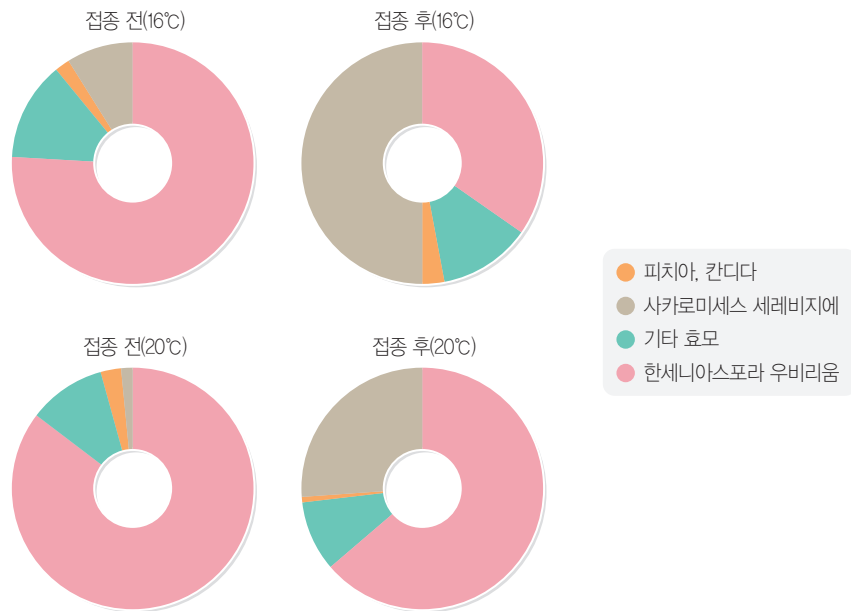


그림 6-2 분말 효모를 발효에 투입한 전후의 효모균 분포

이지만 발효 후에는 포도주효모의 증식으로 그 숫자가 현격히 감소했음을 알 수 있다. 물론 저온발효온도보다는 고온발효온도에서 야생효모의 증식이 더 활발해지는 것을 관찰할 수 있다.

### ③ 효모의 체계

#### 가. 사카로미세스속(*Saccharomyces* genus)

효모는 곰팡이나 버섯과 마찬가지로 균류 중의 진균류에 속하나 곰팡이나 버섯과는 그 형상이 다르기 때문에 이들 진균류와는 구별하여 취급하는 것이 일반적이다. 포도주 발효에 중요한 양조효모는 사카로미세스속의 사카로미세스 세레비지에이며 이 효모보다 발효력이 뛰어난 효모는 발포성 포도주 효모라 불리는 사카로미세스 바야누스이다. 1870년 리스(Rees)는 효모의 포자 형성을 밝혀내어 효모를 식물계 미생물의 한 종류로 편입시키는 데 공헌하였다. 사카로미세스속 효모는 대부분 출아법에 의해서 무성적으로 증식된다. 즉, 성숙된 효모의 표면에 싹과 같은 돌기가 생겨 그것이 점차 자라 핵이 이행해서 원래의 효모와 구분이 생겨 독립된 효모가 된다. 이때 원래의 효모를 모세포, 새로 생긴 효모를 낭세포라 한다. 효모는 출아법에 의해 무성생식으로 증식하며 낭세포

가 모세포 크기로 성장하면 바로 또 다른 낭세포를 출아를 통해 생성하는 방식이다. 하나의 세포는 낭세포를 여러 개 출아할 수 있으며 출아된 세포들은 다소 큰 출아결합을 형성하는 경우도 있다. 일정기간 서로 결합된 상태로 존재하게 되며 일반적으로 발효 포도즙에 영양분이 충분해도 효모는 20~25회 출아한 후에 사멸하게 된다. 발효 중에 효모들은 대부분 출아결합에서 분리되어 개개의 효모로 분포하게 된다.

#### 나. 사카로미세스종(*Saccharomyces cerevisiae* species)

1931년 스텔링 텍케(Stelling Decke)가 효모 체계를 정립할 당시 그는 종을 구분하기는 사실상 어려우며 개개 효모의 발효 특성이 일정한 종 특성이라고 했다. 효모 종을 구분할 때 기본적으로 자낭포자(ascosporogenous) 형성 여부와 형태 그리고 당 발효 능력 등이 중요한 요소가 된다. 따라서 일부 효모의 종은 형태나 군락 형성 모양만으로도 구별할 수 있다. *S. logos*, *S. oviformis*, *S. carlsbergensis*, *S. cheresiensis*, *S. diastaticus*, *S. fructuum*, *S. italitucus*, *S. vini*, *S. beticus*, *S. chevalieri*, *S. veronae*, *S. hispanica*, *S. oxidants*, *S. prostoserdovii*, *S. sake*, *S. steineri*, *S. ellipsoideus* 등은 모두 사카로미세스 세레비지예와 동의어이며 맥주, 빵, 증류주 효모 등도 모두 사카로미세스 세레비지예에 속한 효모들이다.

맥주, 빵, 증류주 발효를 위해 실제 사용되는 효모는 몇 종류에 불과하나 포도, 포도즙, 포도주에서 분리한 효모는 28속 200종류 이상이며 현재까지도 어떠한 효모가 포도주 발효에 가장 우수한 효모인지 정확한 정보가 없다. 포도주 효모의 발효 특성은 맥주 효모의 상면효모와 거의 일치한다. 따라서 발효할 때 효모가 발효탱크 상면으로 올라가게 된다. 또 하면효모에서보다 높은 온도인 15~25℃에서 최적의 발효력을 나타내며 포도주 효모가 맥주 효모보다는 산도에 내성이 우수하다.

포도주 효모는 통상 사카로미세스 세레비지예와 바야누스 두 종으로 분류하며 그로부터 다시 다양한 종류의 효모로 나뉜다. 두 효모의 당 흡수 능력에 차이를 보이는데 사카로미세스 세레비지예를 이용하여 발효한 뒤 잔당을 분석해보면 포도당/과당의 비율이 1 이하인 반면 사카로미세스 바야누스는 포도당의 흡수가 3배 정도 빨라 남아 있는 과당이 발효를 방해하는 일도 생긴다. 사카로미세스 바야누스 효모를 통상 후발효 효모라 일컫는다. 발포성 와인 제조에 적합하나 발효 중 이산화황을 다량 생성해 젖산발효를 저해하기도 하며 저온 내성이 우수하여 6℃에서도 발효가 가능하다.

6-13 사카로미세스 세레비지에와 사카로미세스 바아누스의 특성 비교

| 구 분         | 사카로미세스 세레비지에 | 사카로미세스 바아누스 |
|-------------|--------------|-------------|
| 당분(%)       | <1           | <1          |
| 알코올(% vol)  | 10           | 10.4        |
| pH          | 3.1          | 3.2         |
| 휘발산(g/L)    | 0.1          | 0.3         |
| 총산(g/L)     | 8            | 6.5         |
| 글리세린(g/L)   | 9            | 6           |
| 석신산(g/L)    | 1            | 0.5         |
| 사과산(g/L)    | 3            | 1.7         |
| 고급 알코올(g/L) | 0.3          | 0.3         |
| 페닐에탄올(g/L)  | 0.2          | 0.02        |
| 엑기스(g/L)    | 20           | 16          |
| 이산화황(mg/L)  | 20~60        | <10         |

#### 다. 사카로미세스 세레비지에의 형태

효모의 형태와 크기는 효모 종류에 따라 다르며 구형, 난형의 경우  $(5\sim10)\times(5\sim12)$   $\mu$ 부터 타원형, 실린더형은  $(3.3\sim9)\times(5\sim20)$   $\mu$ 까지 다양하다. 효모는 대부분 포도즙에서 발효 중 단세포나 쌍으로, 일부 효모 종류는 출아결합을 이루어 존재한다. 세포를 관찰해보면 가장 눈에 띄는 것은 큰 기공과 세포핵이다. 어린세포는 대부분 낭세포와 세포 내에 큰 기공을 가지고 있으나 저장물질은 없다. 발효 중에 낭세포는 분리되어 단세포 형태로 발효액에 존재하고 기공은 다시 작아지며 플라스마(plasma)는 촘촘해지고 글리코젠을 저장한다. 포도즙의 영양분이 고갈되는 시점인 발효 말기에 효모는 침전한다. 침전된 효모는 발효 중 저장해둔 글리코젠을 이용해 살아가며 효모는 타닌 성분을 흡수해 노란색 내지 갈색으로 변한다.

효모는 굵주린 상태로 방치하면 점점 사멸하게 되고 알코올 농도가 높을수록 사멸하는 숫자는 늘어난다. 사멸된 효모의 세포벽은 수축되고 불규칙한 형태가 된다. 효모는 신진대사를 멈추게 되고 효소는 세포 내 구성성분을 분해하면서 동시에 세포막(plasmamembrane)이 침투성이 높아져 가수분해물이 세포 밖으로 나오게 되는데 이것이 효모의 자가분해(autolyse)이다. 그 결과 세포 내의 형태는 결국 빈 모양으로 되고 포도주에 질소 성분과 무기질 등이 증가한다. 사균세포와 생세포는 메틸렌 블루

(methylene blue) 용액 테스트를 통해 구분할 수 있다. 죽은 효모는 짙은 청색으로 착색되며 살아 있는 효모는 착색되지 않는다.

효모세포는 제일 외측에 두꺼운 세포벽(cell wall)과 세포막(cytoplasmic membrane)을 가지며 그 내부에 막으로 둘러싸인 핵(nucleus), 액포(vacuole), 미토콘드리아(mitochondria), 막으로 둘러싸여 있지 않은 지질입자(lipid granule), 리보솜(ribosome) 등을 가진다. 막조직(endoplasmic reticulum)은 세포막, 핵막, 미토콘드리아막 등과 연결되어 있다. 세포벽은 세포 내부를 보호하고 세포 모양을 부여함과 동시에 균균에 따라 상이한 특정적 성분을 함유한다. 미토콘드리아에는 호흡 효소계가 들어 있고, 액포는 저장 물질이나 대사산물을 함유하는 액상과립으로 생육에 필요한 세포 내의 팽압을 조절하는 역할을 한다. 리보핵산과 단백질의 복합체인 리보솜에서는 단백질 합성이 일어난다. 효모는 혐기성 조건인 발효 중에는 지질 합성을 하지 않으며 호기성 조건일 경우 지질 합성을 활발히 한다. 낭세포가 분리된 뒤 남아 있는 발아흔적을 통해 세포의 연령을 알 수 있다.

특히 효모의 세포벽은 다당체(polysaccharide)의 두꺼운 층으로 구성되어 있고 전체 세포의 건량(dry weight) 기준 15~25%를 차지한다. 세포벽의 90%는 다당체인데 이 다당체는  $\alpha$ -마난( $\alpha$ -mannan),  $\alpha$ -마노단백질( $\alpha$ -mannoprotein),  $\beta$ -글루칸( $\beta$ -glucan), 글리코젠, 키틴(chitin) 등으로 구성되어 있다.  $\beta$ -글루칸은 1,3- $\beta$ -글루칸(1,3- $\beta$ -glucan)과 1,6- $\beta$ -글루칸(1,6- $\beta$ -glucan) 두 종류로 나뉘는데 1,3- $\beta$ -글루칸은 건량으로서 세포벽의 약 40%를 차지하며 세포벽에 물리적 안정성을 부여한다. 세포 표면에서 생합성되고 1,500

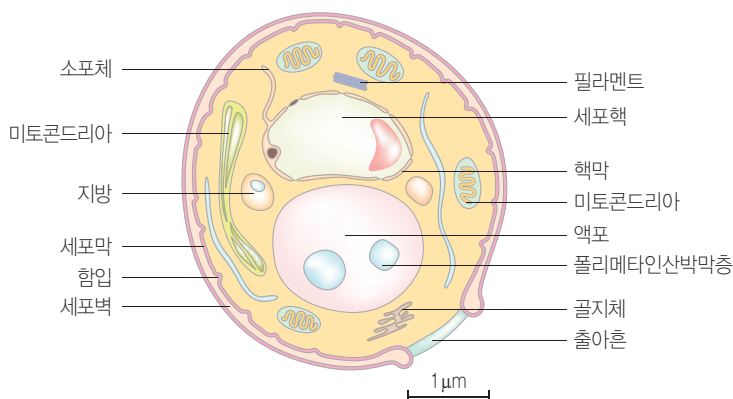


그림 6-3 사카로미세스 세레비지에의 세포 구성

개의 포도당 단위로 구성되어 있으며 마노단백질의 외층을 고정하는 역할을 담당한다. 1,6- $\beta$ -글루칸과 키틴은 1,3- $\beta$ -글루칸과 연결되어 있으며 세포 형태와 견고성을 유지하게 해준다. 1,6- $\beta$ -글루칸은 세포벽의 약 10%를 차지하며 350여 개의 포도당 단위로 이루어져 있다. 세포 표면은 소수성(물을 밀어내는 성질)이다. 발효 중이나 후에 만난과 일부  $\beta$ -글루칸은 세포벽에서 유리되어 포도주로 들어가며 약 500 mg/L까지 존재하여 포도주의 보디감을 높여 주는 역할을 한다.

적포도주에서는 안토사이안(anthocyan), 타닌(tannin)과 복합체를 이루어 색소안정성을 높이고 짙은맛을 줄이는 역할을 한다. 만난은 일반 여과에는 영향이 없는 반면 직교류(cross-flow) 여과 시에는 여과를 저하하는 성분이다. 발효 중에 97.9% 다당체로 구성되어 있는 마노단백질이 유리되는데 유리되는 양은 효모 종류, 포도즙 청징, 발효온도에 따라 다르게 나타난다. 또 젖산발효 시 오에노코쿠스(*oenococcus*)에 의한 젖산발효를 증진하는 역할을 한다. 따라서 세포벽 제제를 이용해 발효를 증진하기 위해 포도즙에 40 g/100 L까지 첨가하는 것이 좋다.

세포벽 제제는 발효 증진에 필요한 불포화지방산, 스테린, 질소화합물을 함유하고 있다. 세포벽의 표면은 발효 말기의 효모 응집(flocculation) 현상에 직접 영향을 미치며, 발효력, 미숙성 포도주의 여과도가 침전과 응집 정도에 따라 달라질 수 있다. 발효 중에 포도즙에 부유하는 효모의 발효부산물, 예를 들면 아세트알데하이드 등의 감소 능력에 따라 포도주 품질도 달라질 수 있다. 효모의 응집현상은 발효 말기에 효모세포들이 서

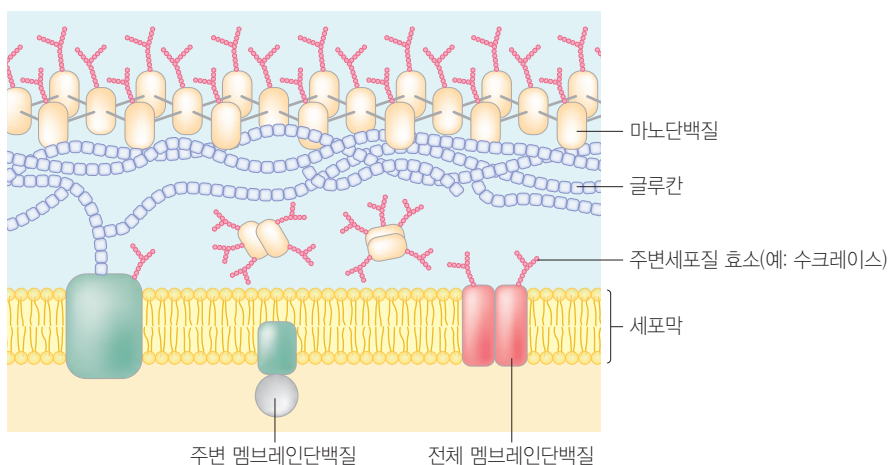


그림 6-4 사카로미세스 세레비지에의 세포벽과 세포막 구조



로 덩어리지는 현상으로, 효모가 발효탱크 바닥으로 침전하는 현상으로 효모세포벽에 존재하는 마노단백질이 옆에 위치한 다른 세포벽의 단백질과 가교를 형성하여 덩어리를 만드는 메커니즘에 따라 이루어진다.

#### ④ 효모 증식 단계

포도즙이 포도주로 변환되는 것은 알코올 발효 때문이며 포도주 제조에서 발효는 알코올을 생성하는 과정이므로 가장 중요한 공정이라 할 수 있다. 이 발효 공정은 효모의 복잡한 대사과정을 통해 이루어지며 혐기성 조건에서 당분을 분해하는 과정이다. 포도즙에 투입된 효모는 호기성 조건에서 증식과 동시에 대사를 시작하며 포도즙의 산소가 고갈되면서 혐기성 조건에서 발효를 시작한다. 발효 후 일정 시간이 지나면 사멸해 모든 대사를 멈추게 되고 그 뒤 효소에 의해 자가분해된 효모세포 밖으로 분해 산물이 나와 미숙성 포도주에 들어감으로써 포도주 품질에 영향을 주게 된다. 일반적으로 효모의 증식 단계는 4단계에 걸쳐 이루어지며 그 진행 과정은 다음과 같다.

포도 알갱이에 서식하던 효모세포가 포도 압착 후 포도즙에 떨어져 들어가면서 효모의 생활 조건은 완전히 다르게 된다. 즉 산소가 적은 삼투압이 강한 포도즙에 적응해야 하는 불리한 조건에 놓이게 되어 증식을 위해 일정 시간 적응기(lag phase)를 거쳐 증식을 시작한다.

- 포도즙에 투입된 효모는 불과 몇 시간 뒤 대수기(logarithmic phase)로 접어들며 원형질의 합성 속도와 세포분열 속도가 거의 일치하게 된다. 일반적으로 포도즙에서 효모는 5~7번 세대교체를 하게 된다.
- 대수기의 마지막 단계에서는 영양분이 고갈되거나 알코올과 아세트알데하이드, 초산 등의 발효부산물 축적되어 세포 증식 속도가 줄어들고 동시에 사멸세포도 늘어나 세포수 변화가 없는 정지기(stationary phase)로 되며, 주 발효는 이 과정에서 일어난다.
- 축적된 알코올과 유해한 발효부산물 때문에 스트레스가 지속되어 효모는 점차 탈진 상태가 되고 사멸세포 수가 계속 증가하게 되어 사멸기(death phase)로 접어든다. 동시에 발효도도 감소하면서 발효액이 혼합되지 않고 응집현상으로 효모는 발효탱크 바닥으로 가라앉아 자가분해가 시작된다. 자가분해 시 세포 밖으로 흘러나오는 성분들은 젖산균 증식에 영향을 준다. 영양분이 부족한 포도즙은 불완전한 발효를

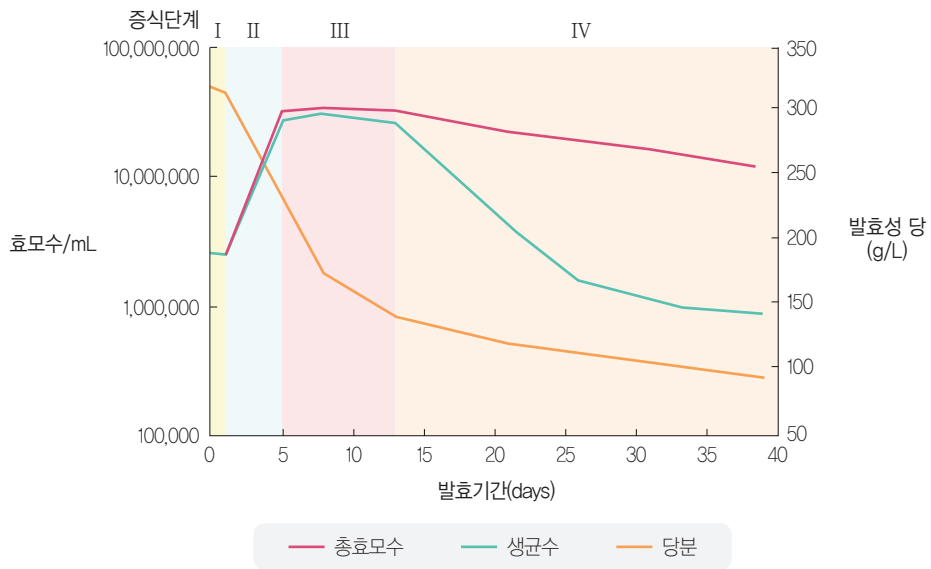


그림 6-5 발효 중의 효모 증식단계

유도하기 때문에 발효에 필요한 영양분을 제공하기 위한 포도즙을 확보하는 것이 중요하다. 일반적으로 영양분이 부족한 원인은 포도가 비료를 충분히 공급받지 못하거나 스트레스를 받았기 때문이며 질소나 티아민을 보강해도 결핍된 영양분을 완전히 해결할 수 없는 경우도 있다.

### (3) 발효 생화학

#### ① 당분

포도즙의 당분은 주로 단당류인 포도당과 과당이 1:1로 존재하며 아라비노스(arabinose)와 펜토스(pentose) 등의 당도 분포되어 있다. 펜토스는 사카로미세스 세레비지에에 분해되지 않는 비발효성 당이다. 포도당과 과당은 효모에 잘 발효되나 다른 단당류는 발효가 일부 되거나 거의 안 되는 경우도 있다. 포도즙에 분포되어 있는 포도당은  $\alpha$  또는  $\beta$ -D-글루코스( $\beta$ -D-glucose)형인데 주로  $\alpha$ -D-글루코스( $\alpha$ -D-glucose)형을 우선 분해하게 된다. 또 포도주 효모의 세포막은 포도당을 과당보다 더 쉽게 투과시키기 때문에 발효 중에는 포도당이 과당보다 빨리 발효에 이용되어 결국 발효 후 포도주에 남는 잔당은 주로 과당이다. 이당류인 설탕은 보강 시 중요한 당분이자 효모효소로,

세포막 외부에 있는 수크레이스에 의해 설탕을 포도당과 과당으로 분해한 뒤 효모세포 안으로 흡수하여 발효에 이용한다. 그러나 아피쿨라투스 효모는 수크레이스 효소가 부족해 설탕을 분해할 수 없다.

포도즙에 존재하는 일부 삼당류 이상의 당분은 일반적으로 효모 해당 효소의 결핍으로 발효에 이용하기 어렵다. 보통 효모는 과당보다는 포도당을 발효에 이용하는 친포도당 성향을 나타낸다. 그래서 포도주의 잔당은 주로 과당으로 이루어지며 포도주는 과당이 포도당보다는 단맛을 두 배 더 내기 때문에 보디감과 조화로운 맛이 더욱 강해진다. 반면 친과당 성향을 나타내는 효모도 있는데 지고사카로미세스 룩시이(*Zygosaccharomyces rouxii*)와 지고사카로미세스 베일리(*Zygosaccharomyces bailii*), 칸디다 스텔라타가 그것이다.

효모의 당분 발효에는 항상 다음과 같은 원칙이 있다.

- 효모가 발효 능력이 있으면 항상 포도당을 발효할 수 있으며 포도당을 발효할 수 없으면 다른 당도 발효할 수 없다.
- 포도당이 발효되면 과당과 마노스를 발효할 수 있다.
- 맥아당과 젖당(lactose)은 같은 효모에 반복해서 발효되지 않는다.

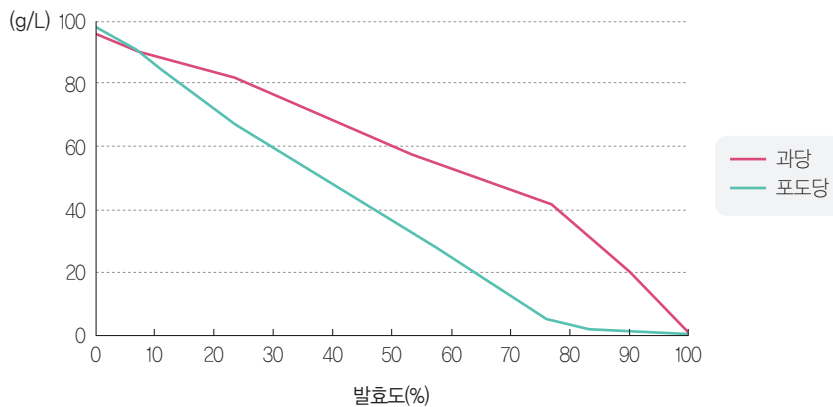


그림 6-6 발효 중의 포도당과 과당의 감소

## ② $\beta$ -글루코사이드( $\beta$ -glucoside)와 안토사이안 분해

포도당에는  $\beta$ -헤테로-글루코사이드( $\beta$ -hetero-glucoside) 형태의 배당체가 존재하는데 이는 효모효소  $\beta$ -글루코시데이스( $\beta$ -glucosidase)에 의해 당으로 분해되어 발효에 이용된다. 적포도주의 색소는 안토사이안계에 속하며 주성분은  $\beta$ -말비딘-3-글루코사이드( $\beta$ -malvidin-3-glucoside)로 구성되어 있는 배당체이다. 발효 초기에 적포도의 안토사이안 색소는 발효 초기 탈색이 일어나 발효 중에 점차 강해지며 발효 후에 탈색 강도가 약해지는 과정을 거친다. 탈색 정도는 효모의 종류에 따라 70%까지 일어날 수 있다. 탈색의 원인은  $\beta$ -글루코사이드의 포도당 분해에 따른 안토사이안 색소의 분해와 효모 단백질과 안토사이안 색소의 결합 때문이다. 탈색 강도는 pH가 높을수록, 포도즙을 장시간 발효할수록 심해진다.

안토사이안 색소 중 종류별 탈색 정도는 사이아닌(cyanidin) 95%, 페오니딘(peonidin), 델피니딘(delphinidin), 페튜니딘(petunidin)과 말비딘(malvidin)은 75~50%까지 다양하다. 트롤링어(Trollinger)/바나취(varnatsch), 산지오베제, 피노타지(pinotage) 등은 사이아닌과 페오니딘 등의 과다색소로 탈색이 심하며 가메, 림베르거(Limberger), 생로랑(St. Laurent), 포르투기저(Portugieser), 시라 등은 탈색이 약하다. 또 슈페트부르군더(Spaetburgunder), 프리부르군더(Fruehburgunder), 뮐러트루가우 등도 말비딘 등이 많아 탈색이 트롤링어보다는 약하다. 효모효소  $\beta$ -글루코시데이스는 일부분이 터펜-글루코사이드(terpene-glucoside)로 분해되는데 그중 유리된 모노터펜(monoterpene)은 휘발성이며 조미성 향이 특징적이다. 또 다른 유리된 시스테인과 결합형으로 존재하는 4-머캅토-4-메틸펜탄-2-온(4-mercapto-4-methylpentan-2-on)은 소비뇽 포도주에 아로마를 주는 성분이다. 따라서 아로마가 짙은 포도주를 만들려면 해당 효모를 선택하여 발효에 사용해야 한다.

## ③ 당 흡수과정

포도즙의 당분은 작은 분자나 이온만 통과시키는 세포벽을 거쳐 세포막의 표면에 분포된 단백질로 구성되어 있는 캐리어(carrier)에 의해 세포 안으로 수송되어 발효에 이용되는 메커니즘을 가지고 있다. 당분 흡수 속도는 당의 농도에 관계없이 일정하며 당의 농도가 일정 농도를 초과하면 삼투압 현상이 나타나고 효모의 스트레스를 가중해 정상적인 발효가 불가능하다. D-포도당은 일반적으로 D-과당보다 빠르게 흡수되어 발효된다.

D-포도당은 경쟁력으로 과당의 흡수를 저해하는데 사카로미세스 세레비지에는 일반적으로 두 가지 흡수 시스템을 가지고 있다. 일반 당 농도 혹은 고농도의 포도즙에서 증식한 효모세포는 구조적으로 저친화성 시스템을, 저농도 포도즙에서는 저친화성 시스템과 고친화성 시스템을 형성한다. 저친화성 캐리어는 고농도의 포도당을, 고친화성 캐리어는 저농도의 포도당을 각각 수송하는 등 다양한 캐리어가 발효 단계에 따라 다르게 이송하는 시스템을 가지고 있다.

예를 들면 어떤 고친화성 캐리어가 효모 증식 초기 단계에 참여했다면 다른 고친화성 캐리어는 발효 말기에 활동하는 방식이다. 포도당과 과당은 동일한 캐리어를 가지고 있

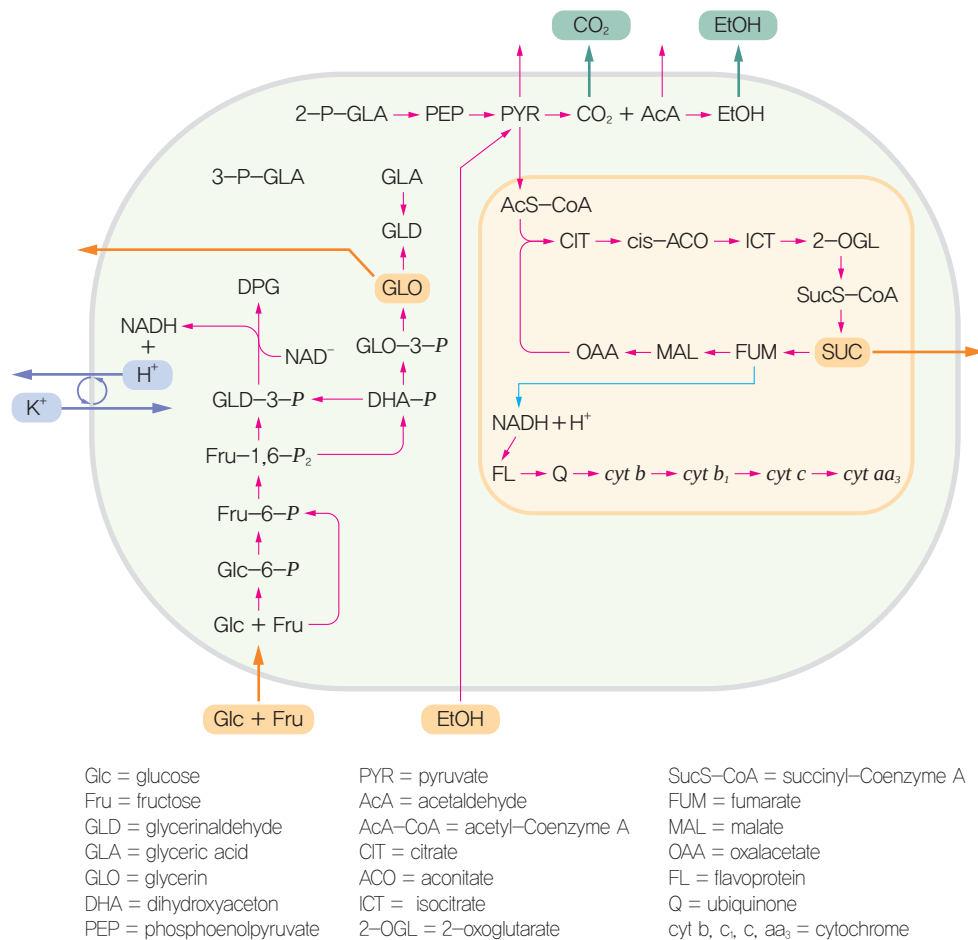


그림 6-7 효모세포 내에서의 당 분해

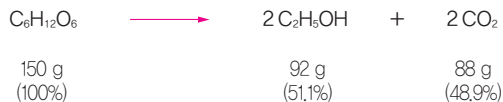


고 과당은 포도즙에서 30% 정도는 수송되기 어려운 프라노스(furanose) 형태로 존재하는 반면 피라노스(pyranose) 형태로 존재하는 포도당의 경우 친화성이 훨씬 강하여 흡수가 빠르게 진행된다. 한편  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  등은 ATP 및 carrier-ATPase의 작용 아래 능동적 수송에 따라 세포 안으로 흡수되며 이러한 미네랄 성분은 포도즙과 같은 산성 조건에서 세포 내의 pH를 중성으로 유지하는 역할을 한다.

#### (4) 발효부산물

##### ① 알코올과 이산화탄소

1분자의 포도당이나 과당으로부터 2분자의 알코올과 2분자의 이산화탄소가 생성된다.



이론상으로는 180 g의 포도당에서 알코올과 이산화탄소가 각각 92 g과 88 g이 생성되어 알코올이 차지하는 비율이 51.1%이지만 실제로는 46~48%이며 평균 47.5%로 계산된다. 알코올의 손실량은 발효 조건에 달려 있으며, 특히 발효즙의 양이 많을수록, 발효온도가 높을수록 알코올이 많이 휘발되며, 발효온도 22~27℃에서 0.3~0.8%의 알코올 손실이 나타난다. 이때 알코올 손실을 줄이려면 발효즙의 양을 줄이고 발효탱크를 작은 것으로 하며 발효온도는 20℃를 선택한다. 알코올과 이산화탄소는 거의 같은 비율로 생성되어 당분의 50%는 가스로 사라지게 된다.

이산화탄소 자체는 위험한 물질이 아니나 이산화탄소의 비중이 높아 발효실 바닥으로 가라앉게 되어 그곳에 있는 산소를 밀어냄으로써 위험성이 생긴다. 이산화탄소의 부피가 공기의 10%에 도달하면 호흡곤란이 오며 15% 이상이면 죽음에 이르게 되므로 발효실의 촛불이 꺼지는 시점인 10%가 되면 상당한 주의가 필요하며, 환기를 충분히 해야 한다. 이산화탄소는 일반 포도주와 발포성 와인을 발효할 때 효모 증식을 억제하지만 젖산균 증식을 저해하지는 않는다. 젖산발효 시에도 젖산균 때문에 이산화탄소가 다량 생성되어 효모에 의한 발효로 착각하는 경우도 있다.

발효로 생성되는 알코올의 양은 포도 당도에 따라 40~140 g/L로 다양하며 144 g/L (약 18.2% vol. 알코올에 해당) 이상은 일반적인 발효로는 생성되기 어렵다. 고당도는

효모의 대사과정에 부정적인 영향을 미치는데, 용매제 역할을 하는 알코올이 지방을 함유하고 있는 세포막을 손상시켜 영양분 흡수와 부산물 배출 등의 기능이 상실된다. 또 단백질 변성에 따른 효소 활동의 정지로 결국 세포가 사멸한다.

## ② 아세트알데하이드, 피루브산, 2-케토글루타르산염

아세트알데하이드, 피루브산, 2-케토글루타르산염은 생성된 양으로만 보면 과소평가할 수 있는 발효부산물이지만 그들의 카보닐기가 이산화황과 반응하여 유리형이 아닌 결합 형태로 존재함으로써 큰 의미가 있다. 아세트알데하이드 1 mg이 아황산 1.45 mg과 결합하여 가장 강한 결합을 이루고, 피루브산 1 mg이 이산화황 0.5 mg과 결합하고, 2-케토글루타르산염 1 mg이 이산화황 0.2 mg과 결합하여 가장 약한 결합을 이룬다. 포도주의 아황산 허용 농도는 국가별로 식품위생법으로 정해져 있어 포도주 제조자로서는 가능하면 이산화황을 적게 함유하는 포도주를 생산하려 할 것이다. 따라서 아세트알데하이드를 발효 중에 적게 생성되도록 하는 것이 매우 중요하다.

일반적으로 아세트알데하이드는 왕성한 발효에서는 적게, 불완전한 발효에서는 많이 생성되기 때문에 불완전 발효를 거쳐 제조되는 포도주에는 아황산을 더 많이 첨가해야 하므로 결국 최종 포도주 제품을 분석해보면 이산화황이 과다하게 들어 있는 경우가 발생한다. <표 6-14>는 포도주 등급별로 생성된 대사산물의 농도를 나타낸 것으로 고급 포도주 및 특급 포도주 등급(Quality wine, Kabinett wine 및 Spätlese)에서는 피루브산의 농도가 가장 낮고, 아세트알데하이드와 2-케토글루타르산염은 높게 나타나 있다.

표 6-14 이산화황을 결합하는 성분(단위: mg/L)

| 구 분      | 고급 포도주<br>(QbA-wine) |    |     | 특급 포도주             |    |     |                     |    |     |                    |    |     |                     |    |     |
|----------|----------------------|----|-----|--------------------|----|-----|---------------------|----|-----|--------------------|----|-----|---------------------|----|-----|
|          |                      |    |     | 카비네트<br>(Kabinett) |    |     | 슈페르레제<br>(Spätlese) |    |     | 아우스레제<br>(Auslese) |    |     | 아이스 와인<br>(Eiswein) |    |     |
|          | 평균                   | 최소 | 최대  | 평균                 | 최소 | 최대  | 평균                  | 최소 | 최대  | 평균                 | 최소 | 최대  | 평균                  | 최소 | 최대  |
| 아세트알데하이드 | 29                   | 2  | 198 | 44                 | 20 | 74  | 44                  | 19 | 138 | 63                 | 17 | 179 | 60                  | 31 | 96  |
| 피루브산     | 21                   | 0  | 209 | 7                  | 1  | 16  | 10                  | 4  | 22  | 19                 | 3  | 74  | 18                  | 6  | 33  |
| 케토글루타르산염 | 56                   | 0  | 195 | 54                 | 17 | 146 | 28                  | 3  | 80  | 34                 | 0  | 111 | 44                  | 27 | 111 |

언급된 발효부산물의 생성은 효모 종류와 발효 조건, 포도즙의 구성성분, 특히 티아민 함량에 달려 있다. 또 당도와 젖산발효에 따라 달라질 수 있다. 피루브산은 일부 유럽 국가 포도주의 경우 0~290 mg/L가 나타난다. 발효 초기에 가장 많은 양이 생성되며 발효 중기에 최대량을 보이다가 발효 말기에 농도가 감소하는 현상을 보인다. 일반적으로 피루브산의 농도는 고온발효(25℃ 이상)에서 증가하고 저온발효에서 감소하는 경향을 보인다. 보트리티스 시네라균에 감염된 포도의 포도즙을 이용한 발효에서는 피루브산 농도가 증가하는데, 이는 포도즙의 티아민이 부족하기 때문이다. 따라서 포도즙에 0.6 mg/L의 티아민을 첨가하는 것은 발효 중이거나 숙성하지 않은 포도주의 피루브산 농도를 줄일 수 있는 방법이며, 이로써 미숙성 포도주의 아황산 요구량을 줄일 수 있다.

티아민은 티아민이염화물(thiamindichloride) 형태로 판매되는 제품을 첨가하며 일부 유럽 국가의 경우 최대 0.76 mg/L를 첨가할 수 있도록 법으로 정하고 있다. 저온다습한 포도원의 경우 보트리티스 시네라가 서식하기 알맞은 환경이기 때문에 포도즙에 보트리티스 시네라균이 다량 증식함으로써 티아민과 다른 영양소를 그들의 증식을 위해 소비하게 된다. 반면, 효모는 발효 시 영양분이 결핍된 포도즙에서 스트레스를 받는다. 효모를 스트레스 환경에서 벗어나게 하려면 티아민과 질소를 첨가해야 하며, 그에 따라 아황산을 50%까지 덜 첨가할 수 있다.

젖산발효는 대부분의 피루브산을 젖산으로, 아세트알데하이드는 알코올로, 케토글루타르산염은 하이드록시 글루타르산염로 가수분해하여 효모의 이산화황 요구량을 줄이지만 경우에 따라서는 반대 상황이 되기도 한다. 아세트알데하이드는 피루브산의 탈탄산 반응(decarboxylation)을 통해 생성된 중간산물로 에탄알(ethanal)이라 불리기도 한다. 일반적으로 포도주에 60 mg/L가 있으며 피루브산처럼 발효 초기에 아세트알데하이드가 다량 생성되며 발효가 진행됨에 따라 줄어들어 일정 농도를 계속 유지하게 된다.

아세트알데하이드는 보통 피루브산보다 많이 생성된다. 저온발효에서는 일반적으로 아세트알데하이드가 많이 생성되는데 이는 저온으로 효모의 조기 침전이 일어나고 발효 초기 생성된 아세트알데하이드가 효모에 부분적으로 흡수되기 때문이다. 2-케토글루타르산염의 중간산물로 발효 중에 생성되고 발효가 진행됨에 따라 증가하는 현상을 보이나 대체로 일정한 농도를 나타내고 최대 농도는 형성되지 않는다. 피루브산의 경우와 같이 보트리티스 시네라에 감염되면 2-케토글루타르산염도 많이 생성되는데 티아민을 첨가해 2-케토글루타르산염의 농도를 줄일 수 있다.

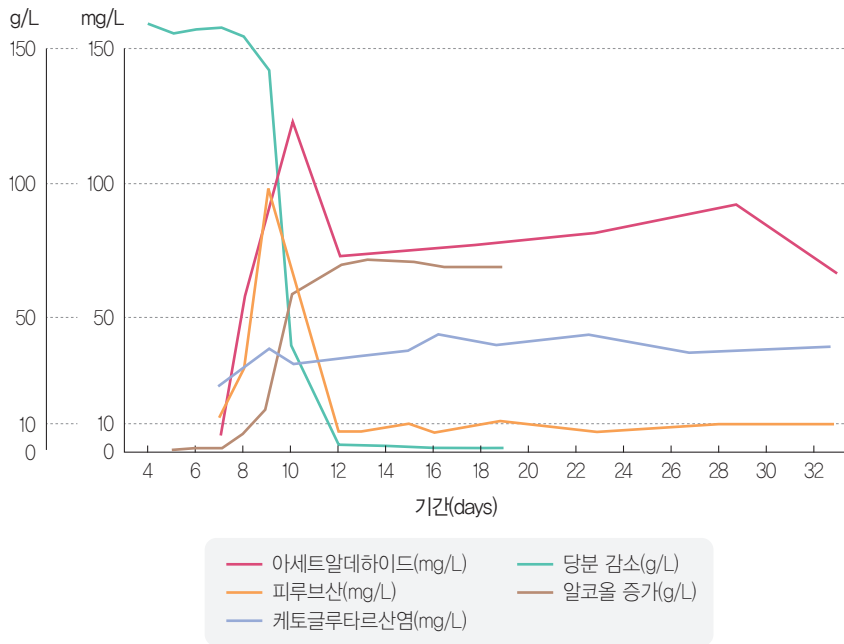


그림 6-8 발효 중의 아세트알데하이드, 피루브산, 케토글루타르산염의 형성 과정

이산화황과 결합하는 물질은 위에 언급한 세 가지 대사산물뿐 아니라 포도당과 갈락투론산, 알데하이드 및 보트리티스와 초산균의 대사산물 등도 포함된다. 물질이 이산화황과 결합하는 원인은 근본적으로 발효조에서 효모가 비균형적으로 분포하기 때문이라고 할 수 있다. 발효 말기에 효모는 대부분 응집을 통해 발효탱크 바닥으로 침전하게 되고 발효탱크에 부유하는 효모는 거의 없어 이 시점의 발효는 주로 발효탱크 바닥에서만 이루어진다. 예를 들면 1,000 L 용량의 오크통이나 1만 7,000 L 용량의 스테인리스 발효조 안에서는 이산화황과 결합하는 물질의 분포도가 다르게 나타난다. 특히 아세트알데하이드의 경우 오크통이나 발효조 상층부와 하층부에서 농도 차이가 크게 나타나며 하층부에서 아세트알데하이드의 농도가 낮게 나타난다. 상층부에는 효모가 거의 존재하지 않아 효모가 발효 초기 생성시킨 아세트알데하이드를 재대사할 수 없으나 하층부에는 효모가 분포되어 있어 효모가 아세트알데하이드를 재대사했기 때문이다. 따라서 발효 시 효모는 발효탱크에 오래 부유하는 것이 이산화황과 결합하는 물질들을 줄이는 데 유리하며 발효 시 당분이 최소 4 g/L까지 떨어지게 하고 가능하면 2 g/L로 감소할 때까지 실시한다.

유럽의 베어렌아우스레제(beerenauslese), 트로크넨베어렌아우스레제(trocknenbeerenauslese)처럼 당도가 매우 높은 포도즙의 경우, 완전 발효가 불가능하므로 이러한 포도나 포도즙을 통해 제조된 포도주는 이산화황 수요가 많을 수밖에 없다. 또 잔당을 유지하기 위해 발효를 중단하여 제조한 포도주도 발효 중 생성된 대사산물이 효모에 재흡수되지 않았으므로 이산화황 요구량이 많아진다. 기술적으로도 발효액을 교반해 효모의 침전을 막고 부유할 수 있는 조건을 만들어주는 방법이 있다.

### ③ 글리세린

3가 알코올인 글리세린(glycerin)은 글리세롤(glycerol)이라고도 하는데 무색, 무취에 단맛이 나는 점성물질이다. 글리세린은 발효부산물 중 양으로는 가장 많이 생성되며 포도주에 보디감을 주는 중요한 물질이다. 글리세린은 프럭토스-1,6-2인산(fructose-1,6-diphosphate)에서 생성된 다이하이드록시아세톤인산(dihydroxyacetone phosphate)의 가수분해를 통해 분리된 글리세린인산(glycerin phosphate)의 인산이 분리되면서 생성된다. 발효는 중립적인 산화환원과정으로 글리세린은 이러한 산화환원의 평형을 유지해주는 물질로서 매우 중요하다. 그리고 당도가 높은 포도즙에서 나타나는 효모의 삼투압 스트레스에 저항력을 강화해주는 역할도 한다. 글리세린 생성은 또한 알코올과 밀접한 관계가 있는데, 특히 고농도에서 발효력이 저하되는 반면 글리세린은 일정 기간 지속적으로 증가한다. 자연 발효 시 글리세린은 증가하지만 배양효모를 이용하면 감소하며 발효온도가 높을수록 글리세린은 증가한다. 또 글리세린의 농도가 증가하면 알코올 생성은 줄어들며 피루브산, 아세트알데하이드, 아세테이트, 석신산, 뷰테인다이올 등이 두 배로 증가한다.

글리세린은 특히 특급 포도주인 아우스레제(Auslese)의 경우, 이미 포도즙에 많이 분포되어 있다. 글리세린이 더 생성되면 알코올은 덜 생성된다. 예를 들면 발효 중에 4배의 글리세린이 생성되면 알코올이 평상시보다 20% 적게 생성된다. 생성된 글리세린이 이른바 ‘통로단백질(channel protein)’을 통해 세포 밖으로 흘러나오도록 이 통로는 발효즙의 당도가 높을 때, 즉 발효 초기에는 닫혀 있고 당도가 감소하면 열려 글리세린이 밖으로 유출되도록 한다. 일반적으로 글리세린 농도는 생성된 알코올의 10% 정도를 차지하며 그 이상의 농도는 일반 포도즙 농도로는 가능하지 않기 때문에 글리세린을 포도주에 첨가했을 수도 있다.



#### ④ 젖산

젖산은 피루브산의 가수분해로 생성되며 발효 중에 생성되는 젖산은 100~300 mg/L 이다. 젖산발효 없이 생성된 젖산은 평균적으로 고급 포도주(QbA)와 특급 포도주(Kabinett)에서 D-젖산(D-lactate)이 191 mg/L, L-젖산(L-lactate)이 80 mg/L 검출되었다. 포도주에 젖산이 다량 존재한다는 것은 젖산발효과정을 거쳤을 확률이 매우 높으며 이때 특급 포도주와 고급 포도주에서 L-젖산이 1.2 g/L, D-젖산은 0.3 g/L 검출된다.

#### ⑤ 초산

초산은 포도주 효모에 의해 0.2~0.4 g/L, 야생효모(*Hanseniaspora uvarium*, *Pichia anomala* 및 *Candida*속)에 의해 1 g/L까지도 생성될 수 있으며 휘발산 중 가장 큰 비중을 차지한다. 일반적으로 포도주에 휘발산이 0.5 g/L 존재하면 위에 언급한 야생효모나 세균에 의해 초산이 생성되었다는 증거이다. 사카로미세스 세레비지에에 의한 초산 생성은 대부분 알데하이드 탈수소효소의 아세트알데하이드 산화를 통해 이루어진다. 발효 중의 초산 증가는 당분 소비와 밀접한 관계가 있어 당도가 높을수록 초산 생성이 증가하나 당도가 매우 높을 때는 오히려 초산은 감소한다.

당분이 높을 때 초산이 더 생성되는 이유는 고당분 스트레스를 방어하기 위해 글리

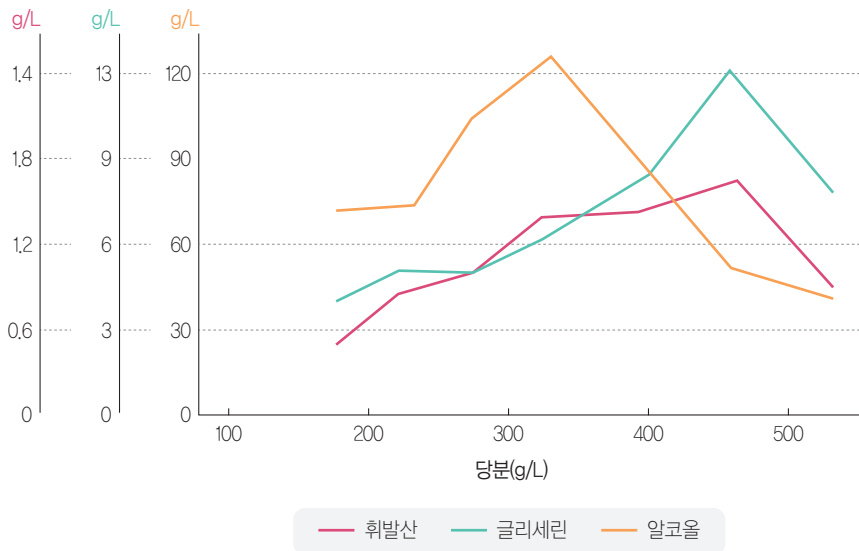


그림 6-9 당도 상승에 따른 휘발산, 글리세린, 알코올 함량 변화

세린이 더 생성되었기 때문이다. 즉 글리세린은 아세트알데하이드의 가수분해에 필요한 수소원자를 소비함으로써 세포 내의 아세트알데하이드 농도를 높이고, 증가된 아세트알데하이드는 고당도 스트레스 상황에서 보통 당도에서보다 20~30배 강하게 합성된 효소 글리세린 인산 탈수소효소와 알데하이드 탈수소효소에 분해되어 결국 글리세린과 초산 생성의 증가를 가져오게 되는 것이다.

포도주에는 초산이 가장 많고 그다음으로 폼산(formic acid)이 많은데 포도즙에 이미 60 mg/L 존재하는 폼산은 초산과 반대로 발효 중에 감소하는 현상을 보인다. 또 포도주 품질이 높을수록 초산과 폼산은 증가하나 다른 고급 지방산은 감소하는 경향을 보인다. 특히 고급 지방산의 경우 아우스레제 포도주들에서 풍미에 전혀 영향을 주지 못하는 정도의 농도를 보인다. 따라서 신선한 포도즙과 배양효모에 의해 발효 중 생성된 휘발산은 대부분 초산, 헥산산, 폼산으로 구성되어 있다고 볼 수 있다.

#### ⑥ 석신산

석신산은 2-케토글루타르산염의 경우처럼 3-카복실산의 중간산물로 주로 발효 초기에 다량 생성된다. 유럽의 백포도주에는 200~700 mg/L, 때로는 2 g/L까지 존재하는 경우도 있다. 석신산의 농도는 포도즙의 질과는 관련이 없는 것으로 보인다. 일부 사카로

표 6-15 포도주 품질등급에 따른 휘발성 지방산의 함량 차이(단위: mg/L)

| 구 분                     | 고급 포도주 | 특급 포도주 |       |       |              |              |
|-------------------------|--------|--------|-------|-------|--------------|--------------|
|                         | 큐비에이   | 카비네트   | 슈페트레제 | 아우스레제 | 베어렌<br>아우스레제 | 트로큰<br>아우스레제 |
| Number of wine          | 34     | 21     | 23    | 27    | 29           | 4            |
| 2-methyl-butyrlic acid  | 0.5    | 0.3    | 0.4   | 0.3   | 0.3          | 0.2          |
| 3-methyl-butyrlic acid  | 0.6    | 0.4    | 0.4   | 0.3   | 0.3          | 0.2          |
| 2-methyl-propionic acid | 2.4    | 1.2    | 1.3   | 1.4   | 1.4          | 0.9          |
| Acetic acid             | 279    | 271    | 251   | 308   | 644          | 666          |
| Butyric acid            | 1.3    | 1.2    | 1     | 1     | 0.9          | 0.7          |
| Decane acid             | 1.8    | 1.7    | 1.2   | 1     | 0.3          | 0.3          |
| Formic acid             | 8      | 9      | 7     | 11    | 26           | 38           |
| Hexane acid             | 2.7    | 2.9    | 2.7   | 2.3   | 1.2          | 0.8          |
| Octane acid             | 4.3    | 4.4    | 3.7   | 3.4   | 1.2          | 1            |
| Propionic acid          | 1.8    | 1.2    | 1     | 1.6   | 1            | 1.1          |

미세스 세레비지에 종류 외에 지고사카로미세스 바리니(*Zygosacch. balilii*)가 석신산을 다량 생성하며 일반적으로 발효온도(10~30℃)가 높을수록 석신산은 증가하고 그 이상 온도에서는 감소하며, pH가 높을수록 증가한다.

### ⑦ 구연산

구연산은 대부분 포도주에 0.3 g/L 이하로, 아우스레제 포도주의 경우 0.5 g/L 이상 존재하며, 보트리티스에 감염된 포도도 구연산 농도가 높은 편이다. 사카로미세스 세레비지에는 발효 중에 포도즙 구연산의 50% 정도를 감소시킨다.

### ⑧ 2,3-뷰테인다이올, 아세톤, 다이아세틸

이 발효부산물들은 발효 중의 당분 분해물이 합성되어 생성된다. 2,3-뷰테인다이올은 대부분의 포도주가 400~800 mg/L를 함유하고 있으며, 젖산발효를 거치지 않은 포도주에는 570 mg/L, 젖산발효를 거친 포도주에는 740 mg/L 함유되어 있다. 아우스레제, 베어렌아우스레제, 트로큰아우스레제 포도주는 평균적으로 2,3-뷰테인다이올을 각각 1,000 mg/L, 1,150 mg/L, 1,850 mg/L 함유하고 있고 일부 트로큰아우스레제의 경우 3 g/L까지 함유하며 발효 시 산소가 흡수되면 2,3-뷰테인다이올 생성은 강해진다. 피루브산 분해물인 하이드록시에틸(hydroxyethyl)-TPP(활성 알데하이드)와 아세트알데하이드는 아세트인합성효소(acetoin synthase)에 의해 아세트인으로 합성되고 이 아세트인은 효소 아세트인 환원효소에 의해 2-뷰테인다이올로 환원된다. 또 효모는 다이아세틸

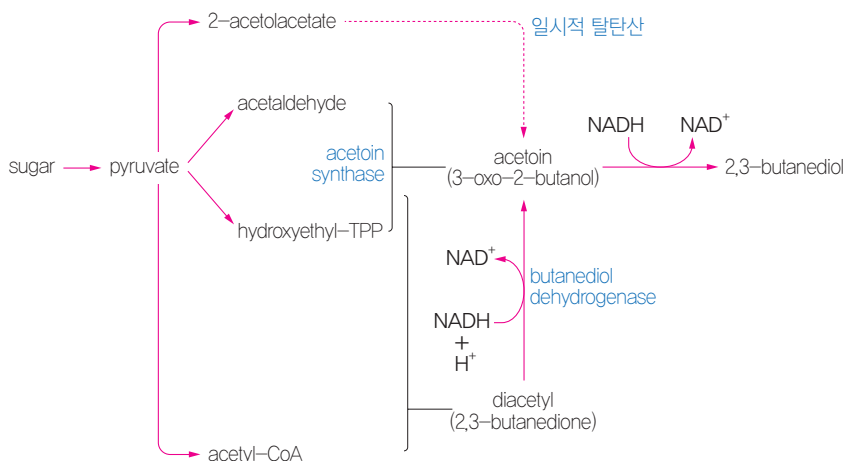


그림 6-10 당분으로부터 2,3-뷰테인다이올이 생성되는 메커니즘

을 활성 알데하이드와 아세틸 조효소(acetyl-Coenzyme A)를 통해 합성하며 발효 중에 2,3-뷰테인다이올로 종료되는 가수분해의 한 통로 역할만 하여 맥주 발효 시 다량 검출되는 다이아세틸은 포도 발효 시에는 거의 존재하지 않게 된다.

표 6-16 포도주 품질등급에 따른 발효부산물의 생성 차이

| 구분                           | 고급 포도주 | 특급 포도주 |       |       |              |              |
|------------------------------|--------|--------|-------|-------|--------------|--------------|
|                              | 큐비에이   | 카비네트   | 슈페르레제 | 아우스레제 | 베어렌<br>아우스레제 | 트로큰<br>아우스레제 |
| Number of wine               | 16     | 17     | 20    | 7     | 6            | 7            |
| Alcohol(g/L)                 | 85.3   | 83.9   | 88.9  | 98.2  | 83.6         | 92.9         |
| Glycerin(g/L)                | 6.4    | 6.4    | 7.9   | 11.8  | 16.7         | 21.8         |
| Acetic acid ethylester(mg/L) | 38     | 35     | 42    | 111   | 112          | 238          |
| 3-methyl-butanol(mg/L)       | 164    | 148    | 151   | 114   | 72           | 70           |
| 2-methyl-butanol(mg/L)       | 39     | 37     | 33    | 30    | 18           | 17           |
| 2-methyl-propanol(mg/L)      | 103    | 86     | 92    | 67    | 52           | 43           |
| 1-propanol(mg/L)             | 45     | 38     | 48    | 36    | 40           | 38           |
| Methanol(mg/L)               | 82     | 81     | 86    | 98    | 75           | 50           |
| 2,3-butanediol(mg/L)         | 484    | 595    | 832   | 913   | 1,288        | 1,769        |
| Propanediol(mg/L)            | 48     | 36     | 43    | 50    | 58           | 106          |
| Pentenediol(mg/L)            | 13     | 14     | 16    | 7     | 9            | 9            |

### ⑨ 고급 알코올

고급 알코올은 효모가 증식하기 위해 필수 아미노산을 생합성하는 과정에서 생성되는 부산물이다. 일반적으로 포도즙에 아미노산이 결핍되면 효모는 부족한 아미노산을 생합성하게 되고 그 과정에서 고급 알코올이 생성되는 메커니즘을 갖고 있다. 반대로 포도즙에 아미노산이 과다하게 분포해도 고급 알코올의 생성이 증가한다.

고급 알코올은 아우스레제 포도주까지 증가하는 반면 베어렌아우스레제와 트로큰아우스레제 포도주에서는 고당도에 따른 효모 대사 저해로 감소하는 경향을 보인다. 발효 과정에서 생성되는 고급 알코올 중 포도주에 가장 많이 분포되어 있는 3-메틸부탄올은 50~400 mg/L, 그 뒤로는 2-메틸프로판올이 20~80 mg/L, 2-메틸부탄올이 10~30 mg/L 분포되어 있으며 위의 세 가지 알코올이 전체 고급 알코올의 70%를 차지한다. 3-메틸





부탄올과 2-메틸부탄올의 비율은 5:1 정도이다. 1-프로판올은 통상 10~40 mg/L를 나타내며 효모 종류에 따라 생성하는 농도가 다르다. 특히 야생효모나 압착 후 남겨진 찌꺼기를 이용한 포도주에서 많이 검출된다.

2-페닐에탄올(phenyl alcohol)은 적포도주에서 평균적으로 36 mg/L, 큐비에이와 카비네트 백포도주에서는 66 mg/L가 검출되며 야생효모를 이용한 발효 시 다량 생성되고 발포성 와인 효모인 사카로미세스 바야누스 역시 180 mg/L를 생성한다. 페닐에탄올은 이미 포도 속에 배당체(glycoside) 형태로 존재하며 0.4~2.2 mg/kg이 분포되어 있다. 메탄올은 황을 함유하는 알코올로 일반적으로 포도주에서 200~600 µg/L가 검출되며 주로 포도 효소 펙티네이스에 의해 펙틴이 분해됨으로써 생성된다. 따라서 포도 과피를 함유하는 파쇄즙을 발효하는 적포도주에서 백포도주에서보다 더 많이 검출된다. 즉 적포도주에는 400 mg/L, 백포도주에는 250 mg/L가 분포한다. 1-헥산올(1-hexanol)은 포도씨의 불포화 지방산인 리놀렌산과 리놀레산의 분해를 통해 1~5 mg/L 생성되며, 발효를 통해서는 극히 소량이 생성된다. 1-부탄올은 일반적으로 세균에 의해 부패된 포도주에서 검출된다.

#### ⑩ 에스터

에스터는 강한 아로마를 주는 발효부산물로 포도주의 관능에서 중요한 부분을 차지한다.

초산 에틸에스터(acetic acid ethylester, ethyl acetate)는 효소 알코올-아세틸기전이효소의 촉매 아래 아세틸 조효소에서 생성되며 특히 효모 증식과 밀접한 관계가 있어 효모 증식기에는 에틸아세테이트는 생성되지 않고 발효가 시작되면 생성된다. 또 에틸아세테이트는 고급 지방산의 에스터화를 통해 생성되기도 한다. 테이블 와인의 경우 에틸아세테이트를 30~80 mg/L 함유하나 당도가 높을수록, 포도주 품질이 높을수록 에틸아세테이트 함량은 증가한다. 고품질 포도주로 갈수록 에틸아세테이트가 증가하는 이유는 고급 포도주일수록 보트리티스균에 감염된 정도가 심하며 그 포도에 야생효모, 즉 한센니아스포라 우바리움, 메취니코비아 풀취리아(*Metschnikowia pulcherrima*), 피치아, 칸디다 등이 보트리티스균 번식 정도에 비례하여 에틸아세테이트를 생성하기 때문이다.

표 6-17 포도주 품질등급에 따른 고급 알코올과 에스터 함량 차이(단위: mg/L)

| 구 분                                               | 고급 포도주                     | 특급 백포도주           |                   |                          | 적포도주<br>(10 wine) |
|---------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
|                                                   | 큐비에이와<br>카비네트<br>(25 wine) | 슈페르레제<br>(8 wine) | 아우스레제<br>(2 wine) | 베어렌<br>아우스레제<br>(2 wine) |                   |
| Ethanol[g/L]                                      | 81.4                       | 89.4              | 81.7              | 90.3                     | 93.3              |
| Propanol-1                                        | 31.6                       | 28.2              | 28.4              | 19.7                     | 30.2              |
| 2-methylpropanol-1(isobutanol)                    | 80.3                       | 64.6              | 66.8              | 35.9                     | 58.5              |
| Butanol-1                                         | 0.8                        | 0.8               | 0.9               | 0.5                      | 1.6               |
| 2-methylbutanol-1(amylicol)                       | 31.6                       | 30.6              | 35.5              | 18.7                     | 40.9              |
| 3-methylbutanol-1(isoamylicol)                    | 103.7                      | 105.4             | 122.4             | 53.9                     | 125.6             |
| Pentanol-1                                        | <0.1                       | <0.1              | 0.1               | 0.1                      | —                 |
| Hexanol-1                                         | 1.5                        | 1.9               | 1.3               | 1.4                      | 1.5               |
| Octanol-1                                         | 0.4                        | 0.6               | 0.7               | 1.3                      | 0.5               |
| 2-phenylethanol-1(phenylalcohol)                  | 65.7                       | 55.6              | 41.5              | 24.3                     | 26.3              |
| Formic acid ethylester                            | 3                          | 4.2               | 3.7               | 6                        | 6.5               |
| Acetic acid methylester                           | ~0                         | ~0                | ~0                | ~0                       | ~0                |
| Acetic acid ethylester (ethylacetat)              | 61.9                       | 79.2              | 99.8              | 238.1                    | 130.2             |
| Propionic acid ethylester                         | <0.1                       | —                 | —                 | 0.2                      | 0.5               |
| 3-methylbutyric acid ethylester<br>(isoamyacetat) | 0.7                        | 1.2               | 1.5               | —                        | 0.3               |
| Hexane acid ethylester                            | 0.5                        | 0.5               | 0.3               | 0.2                      | 2.2               |
| Acetic acid hexylester                            | 0.4                        | 0.8               | 1.4               | 0.6                      | 0.3               |
| Lactic acid ethylester                            | 141.5                      | 72.9              | 72.3              | 24                       | 226.5             |
| Octane acid ethylester                            | 0.7                        | 0.8               | 0.5               | 0.3                      | 0.3               |
| Decane acid ethylester                            | 0.1                        | <0.1              | 0.1               | 0.2                      | <0.1              |
| Succinic acid diethylester                        | 2                          | 1.8               | 3.4               | 13.2                     | 17.6              |
| Acetic acid-2-phenylethylester                    | <0.1                       | 0.3               | 0.1               | 0.1                      | ~0                |
| Dedecane acid ethylester                          | <0.1                       | <0.1              | 0.3               | 0.6                      | ~0                |

그러나 에스터의 과다 생성은 포도주에 에스터취나 용매제취를 주므로 피하는 것이 좋다. 발효온도도 에틸아세테이트 생성에 영향을 주는데 온도를 11℃에서 15℃로 올리면 대부분의 에스터 함량은 두 배가량 증가한다. 포도즙에 질소가 충분히 존재하면 아밀알코올(amylicol), 페닐에탄올(phenyl ethanol)은 감소하나 아세트산아이소아밀

(isoamyl acetate) 함량은 증가한다. 따라서 질소가 결핍된 포도즙으로 제조한 포도주는 미숙성 과실향이 나는 반면 질소가 풍부한 포도즙으로 만든 포도주는 완숙한 과실향이 난다. 젖산 에틸에스터(lactic acid ethylester)는 양적으로 가장 많은 농도를 나타내는데 이는 젖산발효를 통해 생성되며 포도주의 에틸카바메이트(ethyl carbamate)는 6 ppb 정도 함유하고 있어 의미 없는 농도이다.

#### ⑪ 알데하이드

알데하이드는 포도주 풍미에 영향을 미치며 특히 아세트알데하이드는 발효 부케(fermentation bouquet)와 산화취의 주요 성분이다. 포도즙에 아황산을 더 첨가할수록 아이소부탄알(isobutanol)과 아이소발레르알데하이드(isovaleraldehyde)도 증가하는 반면 다른 알데하이드는 농도 변화가 거의 없다. 미숙성 포도주에 아황산을 첨가하면 알데하이드의 카보닐기가 이산화황과 반응해 알데하이드의 풍미는 소멸하게 된다.

표 6-18 리슬링 포도주의 평균 알데하이드 함량(단위: mg/L)

| 알데하이드 종류          | 농도   |
|-------------------|------|
| Ethanal           | 29.2 |
| Propanal          | 0.8  |
| Isobutanol        | 0.5  |
| Propenal          | 1    |
| Butenal           | 0.2  |
| 2,3-methylbutanal | 0.5  |
| Pentanal          | 1.4  |
| Butanal           | 0.2  |
| Hexanal           | 0    |
| Sum of aldehyde   | 33.8 |

#### ⑫ 메탄올

메탄올은 발효부산물인 아민 펙틴 분해물로 주로 포도 효소 펙티네이스에 분해되며 효모에 존재하는 펙틴 메틸에스터레이스(pectin methylesterase)로도 일부 분해된다.

### ⑬ 레스베라트롤

레스베라트롤(resveratrol) 역시 발효부산물인 것이 아니며 포도가 곰팡이나 해충 같은 좋지 않은 환경에 직면했을 때 만들어내는 파이토알렉신으로 폴리페놀계 물질이다. 이는 인체의 여러 질병에 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 예를 들어 항암, 항바이러스, 신경보호, 항노화, 수명연장 등의 효과가 보고되었다. 인체에 미치는 독성이나 부작용에 대한 것은 특히 장기 복용의 경우 아직까지 연구된 바가 없다. Sir2라고 하는 탈아세틸효소를 활성화해 수명을 연장한다. 또 퀴논 환원효소(QR1)와 사이클로옥시제네이스(COX)를 억제한다. 포도껍질, 포도씨, 땅콩에 들어 있다. 물에는 녹지 않고 알코올에 잘 녹기 때문에 포도주보다 적포도주에 많이 들어 있다.

그러나 적포도주를 수명 연장 목적으로 마시려면 실험동물에 투여한 레스베라트롤의 양을 감안할 때 하루에 적포도주를 수십 병 마셔야 한다. 알코올은 하루 한두 잔 이상 마시면 득보다 해가 많다는 점을 감안할 때 이는 좋은 방법이 아니다. 트랜스(*trans*) 레스베라트롤과 시스(*cis*) 레스베라트롤 두 가지 형태가 있으며 트랜스 레스베라트롤만 약효가 있는 것으로 본다. 열과 자외선에서 트랜스 레스베라트롤이 시스 레스베라트롤로 바뀌게 된다.

### ⑭ 황 성분

황산염( $\text{SO}_4^{2-}$ )은 독일 포도즙의 경우 150~250 mg/L로 효모의 주요 영양성분이다. 황산염의 환원 성분인 황(S)은 황을 함유하는 아미노산의 구성 물질이 되며 황을 함유하는 아미노산은 다시 단백질의 구성성분이 되므로 황산염은 효모세포 증식을 위해서는 필수적인 성분이라 할 수 있다. 효모 증식이 종료되면 황산염의 환원 물질인 이산화황과 황화수소는 황을 함유하는 아미노산이나 단백질 생합성에 더는 이용되지 않는다. 그럼에도 효모에 의한 황산염 흡수는 계속 진행되어 효모세포 안에서는 이산화황과 황화수소의 정체가 발생하고 결국 세포 밖으로 배출되어 포도주에 이산화황과 황화수소 함유량이 증가하는 결과가 된다.

따라서 포도주의 이산화황과 황화수소 함유량은 포도즙의 황산염 농도와 세포 수, 시간 등에 따라 달라질 수 있다. 특히 황화수소는 일정 농도를 초과하면 포도주 품질에 부정적 영향을 미치는 썩은 달걀 냄새를 풍기며, 발효부산물과 포도주의 다른 성분과 반응해 품질 저하를 가져온다.

### 가. 이산화황 생성

일반적으로 포도주 효모는 발효 중에 이산화황을 20 mg/L 이하 생성하며 이산화황은 이산화황 결합 성분들과 결합상태로 발효즙에 분포하게 된다. 발포성 와인 효모인 사카로미세스 바야누스는 포도주 효모와 달리 이산화황을 100~200 mg/L 생성한다. 이는 사카로미세스 바야누스 효모가 포도주 효모보다 이산화황 흡수와 분해과정에 관여하는 효소 결핍에 기인한다. 즉 이 효모는 포도즙의 황산염을 분해하여 세포 안으로 이송을 도와주는 효소 황산염투과효소(sulfate permease)와 ATP-설프릴레이스(ATP-sulfurylase)는 활성화되어 있는 반면, 이산화황을 분해하여 황으로 분해하는 아황산염 환원효소는 활성화가 저하되어 있어 결국 이산화황이 더 생성되는 것이다. 특히 이산화황은 법적으로 허용 함유량이 정해져 있으므로 이산화황이 포도주에 적게 함유되도록 유도한다. 그런 관점에서 보면 자연발효보다는 주모를 이용한 발효를 수행하는 것이 최상이다.

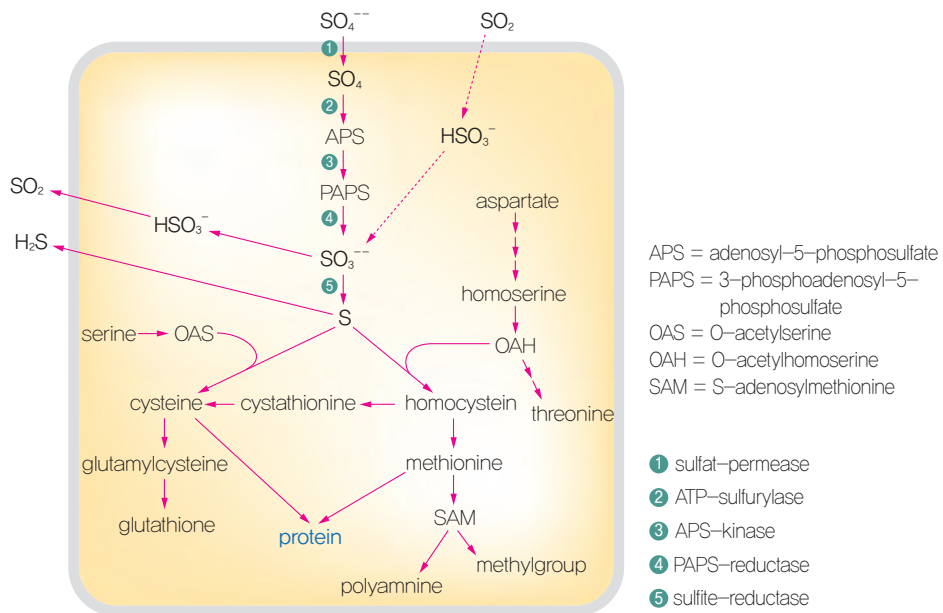


그림 6-12 황산염에서 이산화황과 황화수소 생성 기전



#### 나. 난취 원인 물질 생성

이산화황과 같이 황화수소도 발효과정에서 소량 분비되는 부산물로 포도즙의 황산염 환원으로 생성되는데 썩은 계란 냄새(난취)를 연상시킨다. 포도주에 따라 난취는 고기나 베이컨 또는 고무냄새를 연상시키기도 한다. 일반적으로 포도주에서는 황화수소가 거의 검출되지 않으나 효모에 판토텐산(pantothenic acid)이 부족하면 생성된 황화수소는 호모시스테인(homocysteine)으로 연속 반응이 일어나지 않아 세포 밖으로 배출되어 미숙성 포도주에 함유될 수 있다. 황화수소는 포도주의 부산물들과 연속 반응을 일으켜 포도주 품질을 떨어뜨린다. 황화수소의 생성 정도는 효모 종류에 따라 다르며 포도즙의 pH가 높을수록, 발효온도가 증가할수록 황화수소는 증가한다. 황화수소는 향 최소감응 농도가 낮아 포도주에 10~80 µg/L 함유돼도 향을 느낄 수 있다. 미세 혼탁물이 많을수록 황화수소도 증가하나 미숙성 포도주에 함유되는 양은 극히 적다.

생성된 황화수소는 대부분 이산화탄소와 같이 휘발되며 나머지는 포도주 안정화과정에서 소멸된다. 황화수소는 효모 증식 중에는 생성되지 않으며 포도즙이나 파쇄즙에 첨가한 아황산으로부터 생성되는 경우는 거의 없다. 효모 대사산물로서 포도주에는 황화수소와 관련된 황을 함유하는 성분들이 많다. 특히 황화수소가 함유되어 있는 포도주에는 티오아세트산-s-에틸에스터(thioacetic acid-s-ethyl ester), 티오아세트산-s-메틸에스터(thioacetic acid-s-methyl ester) 등의 효모 대사산물이 함유되어 있다. 이 대사산물은 포도주를 저장할 때 가수분해되어 메틸 머캅탄(methyl mercaptan)과 에틸 머캅탄(ethyl mercaptan)으로 유리화한다. 가수분해 속도는 pH, 온도, 알코올 농도, 포도주 구성성분 등에 달려 있으며 티오아세트산-s-에틸에스터와 티오아세트산-s-메틸에스터가 감소할수록 머캅탄과 다이설파이드(disulfide)는 증가한다. 티오아세트산-s-에틸에스터와 티오아세트산-s-메틸에스터는 향 최소감응농도가 높아 농도가 강할 때만 향을 느낄 수 있으며 오히려 그들의 유도체인 머캅탄 때문에 난취를 느끼게 된다.

포도주 난취의 일차적인 원인 물질은 황화수소이다. 황화수소가 다량 포함된 발효즙에서는 효모가 더 많은 티오아세트산 에틸에스터와 티오아세트산 메틸에스터를 생성하게 되고 그로부터 유리된 머캅탄이 난취의 주요 성분이 된다. 또 머캅탄에서 생성된 다이설파이드는 향에는 영향은 미치지 않으나 포도주 품질을 떨어뜨린다. 일반적으로 썩은 달걀 냄새를 함유하는 포도주에는 <표 6-19>에서 보는 바와 같이 정상적인 포도주에서보다 황을 함유하는 성분이 많이 분포되어 있다. 즉 효모세포의 단백질 분해과

정에서 생성되는 2-머캅탄에탄올(2-mercaptanethanol), 2-메틸-3-프란티올(2-methyl-3-furantiol), 2-메틸-3-하이드록시티오펜(2-methyl-3-hydroxythiophen) 등이 존재하는데 2-mercaptanethanol과 2-methyl-3-furantiol의 경우 백포도주에서 향 최소감응농도가 각각 1.0 µg/L, 0.4 µg/L이다.

다이메틸설파이드(dimethyl sulfide, DMS)는 포도주를 장기간 저장함에 따라 다이설파이드로 산화되기 때문에 발효 후 7개월째에 0.1~0.24 µg/L가 검출되며 최대량은 5~10년 뒤에나 생성되고 카베르네 소비뇽 포도주의 경우 910 µg/L까지 검출되는 경우도 있다. 일반적으로 효모를 포도주에서 너무 늦게 제거해도 효모가 시스틴(cystine), 시스테인(cysteine), 글루타싸이온(glutathione)으로부터 DMS를 생성하기 때문에 DMS 양은 증가하게 된다. 스트레스를 받은 포도 품종으로 제조한 포도주는 통산 ‘스트레스 특징’을 나타내고 1~2년 뒤 맛 최소감응농도가 50 µg/L인 메싸이온알(methional)을 생

표 6-19 포도주 완제품에서의 황화합물 종류와 농도(단위: µg/L)

| 황 함유 성분                                 | 무황화수소     | 유황화수소     | 맛       | 맛 최소감응농도<br>(threshold)<br>µg/L 포도주 |
|-----------------------------------------|-----------|-----------|---------|-------------------------------------|
| 3-ethylthio-propanol(Ethionol)          | 0.03~0.6  | 0.1~7.2   | —       | —                                   |
| 3-methylthio-propion acid ethylester    | 0.9~35    | 0.9~14    | —       | —                                   |
| 3-methylthio-propanol(Methionol)        | 193~1,588 | 224~5,655 | 꿀인 양배추향 | —                                   |
| 4,5-dihydro-2-methylthiophene-3-on      | 19~62     | 15        | —       | —                                   |
| Acetic acid-3-methylthio-propylester    | 0.02~0.8  | 0.04~0.6  | —       | —                                   |
| Bezothiazol                             | 0.3~12    | 0.7~14    | 가죽향     | —                                   |
| Cis-Tetrahydro-2-methylthiophene-3-ol   | 0.9~29.9  | 3.9~94.8  | —       | —                                   |
| Diethyl-disulfide                       | —         | n.d.~2.4  | 마늘향     | 4.3                                 |
| Dimethylsulfide                         | 9~29      | 1~53      | 아스파라거스향 | 25~60                               |
| Dimethyl-disulfide                      | —         | n.d.~2.3  | 아스파라거스향 | —                                   |
| Ethyl-mercaptan                         | —         | n.d.~5.5  | 양파향     | 1.1                                 |
| H <sub>2</sub> S                        | 0~6.5     | n.d.~8.2  | 썩은 달걀향  | 10~80                               |
| Methyl-mercaptan                        | 0.5~1.2   | 2.0~7.1   | 썩은 달걀향  | 2~10                                |
| Methylethyl-disulfide                   | —         | n.d.~3.0  | —       | —                                   |
| Trans-Tetrahydro-2-methylthiophene-3-ol | 0.4~23    | 4~72      | —       | —                                   |
| Thioacetic acid-S-methylester           | 1.2~2.8   | 3.9~85.1  | 치즈향     | 10~300                              |
| Thioacetic acid-S- ethylester           | —         | 1.4~135.2 | 치즈향     | 10~40                               |

성한다. 이 메싸이온알은 효모취와 유사한 향을 풍겨 이를 줄일 목적으로 포도주에 비타민 C(ascorbic acid)을 첨가하기도 하는데 그로써 4,5-다이하이드로-2-메틸티오펜-3-온(4,5-dihydro-2-methylthiophen-3-on)이 생성된다.

#### 다. 난취 예방과 제거

난취를 예방하기 위해서는 포도에 함유되어 있는 황 성분을 최대한 줄여야 한다. 따라서 포도 황 성분의 원인이 되는 포도 곰팡이병을 예방하기 위해 살충제 뿌리는 일을 자제해야 한다. 또 벤토나이트를 사용하여 포도즙의 청징을 유도하는 황 성분을 제거하는 방법도 있다. 포도즙이나 파쇄즙에 인산수소이암모늄[diammonium hydrogen phosphate,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ]이나 황산이암모늄[diammonium sulfate,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ]을 1 g/L 첨가하여 효모의 질소 영양 상태를 증진하면 난취 문제를 해소하는 데 도움이 된다. 특히 고온 건조한 지방의 포도는 질소 함유량이 적다. 그에 따라 황화수소와 황 함유물 등이 증가하고 포도주에서 난취가 자주 발생하기 때문에 질소를 첨가하는 것이 효과적이다. 근래 과다 질소 시비에 따른 환경오염 때문에 질소 시비가 감소하여 포도의 질소 함유량이 줄어들어 온화한 기후 지역에서도 포도즙이나 파쇄즙에 효모 영양을 위해 질소를 첨가하는 것은 난취 예방을 위해 효과적이다.

난취를 제거하는 또 다른 방법은 황산구리( $\text{CuSO}_4$ ) 10 mg/L를 포도주에 첨가하고 여과할 때 이를 제거하면 된다. 유럽 일부 국가의 경우 포도에 구리가 함유된 살충제를 사용한 적이 있으면 포도주에 황산구리를 사용할 수 없고, 황산구리 처리된 포도주는 구리가 1 mg/L 이상 함유될 수 없으며, 황산구리 첨가도 1회만 하도록 규정하고 있다. 황산구리를 사용할 때 유의할 점은 난취의 주원인인 머캅탄은 황산구리와 반응해 대부분 제거되나 머캅탄의 유도체인 다이설파이드는 제거되지 않고 포도주에 분포되어 있어 황산구리 첨가가 최상의 방법이라고 할 수는 없다는 것이다. 또 황산구리 과다사용(2 mg/L)은 포도주의 구리 혼탁을 유발하므로 피하는 것이 좋다.

#### ⑮ 발효 열

발효 시 포도당 1몰(mol)당 열이 약 23.5 kcal/L 발생하는데, 이 열이 발효온도를 높이기 때문에 포도주를 제조할 때 주의할 필요가 있다. 특히 대용량에서 발효할 때 발생된 발효 열 때문에 탱크 온도가 급격히 올라가므로 냉각을 통해 온도를 조절할 필요가 있다. 또 발효 열 때문에 포도주의 조성 변화도 나타나는데, 우선 대용량 발효 시 알코올

손실이 0.6~2.3 g/L 이상이며, 효모에 의한 글리세린 생성이 1~2 g/L, 뷰테인다이올이 0.15~0.4 g/L, 석신산이 0.1~0.3 g/L, 휘발산이 0.3 g/L 증가한다. 따라서 대용량 발효에서는 총산을 분석해볼 필요가 있다.

#### ⑯ 아로마 성분의 변화

〈표 6-20〉은 포도주의 휘발성 성분들로, 포도주에 특징적인 향과 풍미를 부여하므로 일반적으로 포도주 아로마라고 지칭한다. 그러나 모든 휘발성 성분이 아로마 역할을 하는 것은 아니며 냄새가(smell value, 포도주의 향농도: 포도주의 냄새 최소감응농도)가 1 이상일 때 포도주의 향과 풍미에 영향을 미친다고 할 수 있다. 그런 관점에서 보면 3-메틸부탄올과 아세트산아이소아밀(isoamyl acetate)만 이 냄새가 1 이상의 조건을 충족해 포도주 아로마에 영향을 미친다고 할 수 있으나 그것도 포도 자체의 아로마가 효모 발효를 통해 생성된 3-메틸부탄올과 아세트산아이소아밀의 풍미를 마스킹하지 않는 조건일 경우에 해당한다. 고급 알코올과 에스터의 경우 비록 생성된 농도는 진하나 포도주 아로마에는 별 영향이 없다. 아세트알데하이드도 아황산이 첨가되지 않은 미숙성 포도주에서는 풍미에 영향을 줄 수 있으나 아황산이 첨가된 포도주에서는 이산화황과 결합해 풍미를 잃게 된다.

포도주 아로마는 주로 터페노이드(terpenoide)가 결정하며 특히 독일 백포도주의 경우 12가지 모노터펜(monoterpene)에 따라 분류되기도 한다. 즉, 포도 품종 리슬링, 뮐러트루가우, 케르나 및 쇼이레베 등 리슬링 타입과 실바너, 바이스부르군더, 루렌더 및 머스캣 타입으로 구별된다.

터펜과 비아이소프레노이드(norisoprenoid)는 대부분 포도에 배당체 형태로 존재하며 포도주 풍미에 영향을 주려면 포도 효소  $\beta$ -글루코시데이스에 의해 배당체에서 터펜이 유리화되어야 한다. 또 터펜은 사카로미세스 세레비지에에 의해 변화될 수 있는데 예를 들면 게라니올(geraniol)은 시트로넬로(citronello)로, 네롤(nerol)과 게라니올은 리나롤(linalool)로, 네롤과 리나롤은  $\alpha$ -터피네올( $\alpha$ -terpineol)을 거쳐 시스-터핀수화물(cis-terpin-hydrate)로 변한다. 터펜은 포도주의 실질적인 아로마이자 부케이며, 효모에 의한 발효부산물물은 단지 이 품종 고유의 부케를 부분적으로 변형시킬 뿐이다. 에틸아세테이트나 황화수소 등의 발효부산물물이 다량으로 생성되면 품종 고유의 부케가 그들에 의해 마스킹되는 경우도 있다. 일반적으로 재배 품종의 위치와 기후 역시 포도주 아

로마에 중요한 영향을 미친다. 예를 들면 소비뇽 블랑 포도주가 함유하는 4-머캅토-4-메틸펜탄-2-온(4-mercapto-4-methylpentan-2-on)은 맛 최소감응농도가 1 ng/L이며 4종류의 티올렌(thiolen)으로 구성되어 있다. 즉 5종류의 아로마 성분만 가지고도 품종 고유의 부케 특성을 나타낼 수 있으며 4-mercapto-4-methylpentan-2-on은 포도에서는 시스테인과 결합 형태로 존재하나 발효 시 효모에 유리되어 부케 특성을 살릴 수 있게 된다. 카베르네 소비뇽 적포도주에 함유되어 있는 3-머캅토헥산올(3-mercaptohexanol)과 3-머캅토-2-메틸프로판올(3-mercapto-2-methylpropanol)은 맛 최소감응농도가 60~300 ng/L이며 머캅토헥산올 역시 결합형으로 존재하나 효모에 의해 분리된다. 또 후추 같은 아로마를 지닌 메를로 적포도주에는 3-아이소부틸-2-메토옥시피라진(3-isobutyl-2-methoxypyrazin)이 함유되어 메를로 품종 고유 부케를 나타내며 이 성분은 카베르네 소비뇽과 소비뇽 블랑에도 함유되어 있다.

표 6-20 고급 알코올과 에스터의 최소감응농도(단위: mg/L)

| 아로마 성분                                              | 농도      | 냄새<br>최소감응농도 | 냄새 표현         |
|-----------------------------------------------------|---------|--------------|---------------|
| 1-propanol                                          | 11~72   | 500          | 의약품취          |
| 1-butanol                                           | 0~5     | 150          | 휘발유취          |
| 2-methylpropanol(isobutanol)                        | 15~174  | 500          | 알코올취          |
| 3-methylbutanol                                     | 55~420  | 300          | 견과류향          |
| Acetic acid ethylester                              | 11~343  | 150          | 휘발유취          |
| Acetic acid- 3-methylbutylester<br>(isoamylacetate) | 0.1~3.8 | 1            | 바나나, 배향       |
| Acetic acid phenylethylester                        | 0~1.1   | 30           | 정미, 꿀, 꽃, 과실향 |
| Decane acid ethylester                              | 0~0.6   | 2            | 꽃향            |
| Hexane acid ethylester                              | 0.1~1.0 | 0.5          | 사과, 바나나향      |
| Methanol                                            | 13~269  | 500          | —             |
| Octane acid ethylester                              | 0.1~1.6 | 1            | 파인애플, 배향      |
| Succinic acid ethylester                            | 0~66    | 75           | —             |

〈그림 6-13〉은 효모 종류에 따라 생성되는 고급 알코올, 에스터, 지방산의 농도를 나타낸 것으로, 효모마다 전형적인 아로마가 있으나 발효 후 1년이 지나면 각각의 포도주



는 비슷한 맛과 풍미를 나타내어 시음으로 분류하기는 부적합하게 된다. 따라서 발효 시 아로마 효모를 이용한 포도주 제조는 관능상 긍정적 효과가 없다. 사람은 보통 1만 가지 냄새를 구별할 수 있고 코 안에 1,000개의 냄새 수용기가 있으며, 이 수용기는 냄새 물질을 결합할 수 있는 단백질로 구성되어 있다. 냄새 물질이 수용기에 포착되면 신경세포가 전자 신호를 뇌에 보내는데, 복잡하고 다양한 성분(현재까지 1,000여 성분이 포도주에서 분석되었다)으로 구성되어 있고 다른 화학적 구조를 가진 성분도 비슷한 냄새를 풍길 수 있기 때문에 포도주의 특정 성분을 코로 냄새를 맡아 구분한다는 것은 매우 어려운 일이다.

예를 들면 알코올은 과실풍의 아로마를 강하게 하며 사과와인에 포도당 1.5 g/L를 첨가하면 산맛을 덜 느끼게 되는 현상이 나타난다. 또 포도를 재배할 때 물과 질소 결핍, 과도한 태양열 등으로 스트레스를 받은 포도로 만든 포도주에서는 2-아미노아세토펜(2-aminoacetophenon)이라는 성분이 검출되며, 농도가 0.7~1.0  $\mu\text{g/L}$  이상 되면 스트레스 특성이 나타나는데 때론 이를 산화취와 혼동하기도 한다.

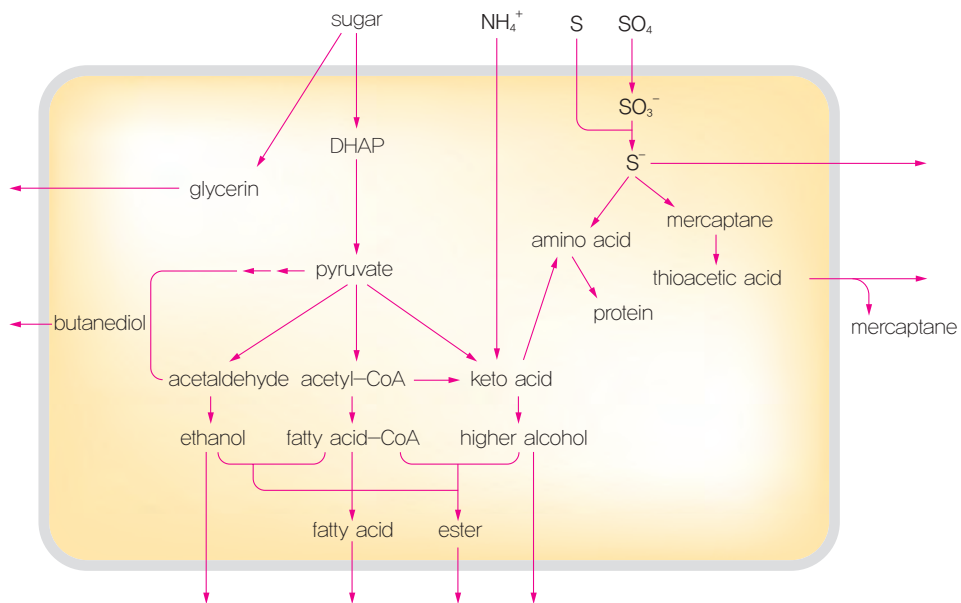


그림 6-13 발효 중의 주요 발효부산물 생성 기전

## (5) 발효에 미치는 요소

발효 조건은 효모 증식과 대사, 발효에 영향을 미친다. 정상적으로 발효하기 위해서는 특히 적절한 배양효모(액상 또는 건조효모)를 선택하고, 효모가 증식 후 발효를 즉시 유도할 수 있도록 양을 적절히 조절해야 한다. 효모세포는 일반적으로 포도즙에서 5~7회 계대 증식한다. 접종 후 약 4시간이 경과하면 세포 수는 2배로 증가한다. 포도즙에 20 g/100 L를 접종하면 효모는 늦어도 5회 계대 증식 때 발효를 시작한다. 반면 5 g/100 L를 접종하면 7회 계대 증식 때 발효를 시작해 발효가 늦어질 뿐 아니라 효모가 소모되어 스트레스를 많이 받게 된다. 그 결과 효모는 불완전하게 발효하게 되고 발효 후 미숙성 포도주에 잔당이 남아 세균 감염에 노출되기 쉽다. 또 잔당은 2차 발효를 통해서 제거하기 어렵다. 발효를 원활히 하기 위해서는 포도즙 구성성분에 영향을 미치는 포도의 숙성도와 당도, 보트리티스 감염 정도 그리고 포도 시비 등이 무엇보다 중요하다. 또 수확 시기의 기후와 온도, 발효 기술이 중요한 요소이다.

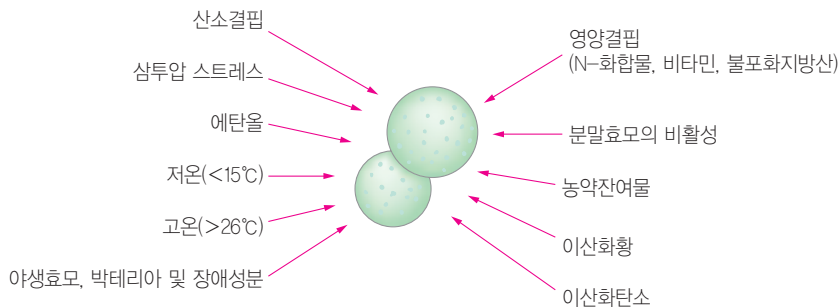


그림 6-14 발효 중의 효모에 스트레스를 주는 요인

### ① 온도

포도주 발효에서 가장 중요하게 영향을 미치는 요소는 온도이다. 효모 증식과 초기 발효를 위한 최적 온도는 25~30℃이며 그 이상의 온도에서도 발효는 지속된다. 발효온도가 13~17℃이면 발효 기간은 15~20일 걸리며, 17~22℃에서는 8~10일 소요된다. 25℃ 이상의 발효온도에서는 2~3일이면 발효가 종료된다.

표 6-21 온도에 따른 발효 기간의 차이

| 발효온도 | 초기 발효 기간<br>(일) | 주발효 기간<br>(일) | 주발효 기간 중<br>1일 당도 감소량<br>(°Brix) | 후발효<br>(일) | 총발효 기간<br>(일) |
|------|-----------------|---------------|----------------------------------|------------|---------------|
| 25℃  | —               | 2~3           | 5.7 이상                           | 1~2        | 6             |
| 20℃  | —               | 4             | 3.4~4.1                          | 3          | 9             |
| 15℃  | 1~2             | 7             | 3.0~3.4                          | 8~9        | 18            |

따라서 고온발효는 발효 기간을 단축시킬 수 있는 반면 생성되는 알코올은 감소하는 현상을 보이고 발효부산물의 조성도 다르게 나타나기 때문에 포도주 품질에 변화가 오기 쉽다.

표 6-22 발효온도에 따른 알코올 생성

| 온도(℃) | 발효 시작까지 소요 시간 | 생성된 알코올(% vol) |
|-------|---------------|----------------|
| 35    | 24시간          | 6.0            |
| 30    | 36시간          | 10.2           |
| 25    | 3일            | 14.5           |
| 20    | 4일            | 15.2           |
| 15    | 6일            | 15.8           |
| 10    | 8일            | 6.2            |

### 가. 고온발효

고온 기후 지역에서는 포도 수확 후 온도가 30~40℃에 이르러 효모 증식이 활발해지고 발효가 신속히 진행될 수 있기 때문에 포도를 밤에 수확하여 포도 온도가 상승되지 않도록 하는 것이 최선이다. 20℃ 이상의 발효온도는 알코올 수율을 최적으로 하기 위해서는 이미 높은 온도이다. 또 발효는 가급적 열 발산을 용이하게 하는 스테인리스 재질의 작은 용기에서 진행하며 대량 생산의 경우는 발효액이 많아 발효 중 열이 더욱더 많이 발생하므로 냉각장치를 이용해 적절한 발효온도를 유지해야 한다.

오크통을 이용한 발효의 경우, 스테인리스 용기보다 열 발산이 적어 발효액의 온도가 상승하여 온도 컨트롤에 어려움이 있을 수 있다. 발효온도가 30℃ 이상 상승하면 효모

는 발효력을 점차 상실하게 되고 발효는 중단된다. 그 이유는 생성된 열과 알코올이 효모세포막의 손상과 단백질 변성을 일으키기 때문이다. 당도가 발효즙에 존재함에도 발효가 중단되는 경우에는 젖산균이 효모보다는 열 스트레스에 대한 저항력이 강하므로 발효즙에 젖산균 번식이 용이하게 된다. 이때는 여과해서 효모를 신속히 제거하고 많은 양의 분말효모를 티아민, 질소와 함께 첨가하여 발효를 다시 진행한다.

일반적으로 효모는 트레할로스(trehalose)를 생성하여 열과 알코올 스트레스에서 자신을 보호하려 한다. 고온발효 시 발생한 열로 이산화탄소가 일정 부분 휘발될 수 있지만 동시에 포도주 품질에 중요한 아로마와 알코올도 같이 휘발되어 포도주 품질과 수율 면에서 손실을 가져온다. 한편, 고온발효 시 글리세린과 뷰테인다이올이 많이 생성되어 긍정적인 측면도 있으나 포도주의 품질과 수율을 떨어뜨리는 고온발효는 피하는 것이 좋다. 일반적으로 적포도주의 경우 색소와 펙틴 분해를 위해 25~30℃에서 초기 발효를 진행하지만 압착한 뒤에는 발효 말기까지 20~25℃, 백포도주를 제조할 때는 20℃를 유지한다.

#### 나. 저온발효

저온발효란 일반적으로 15~18℃에서 포도즙에 효모를 접종(pitching)하고 20~22℃에서 발효하는 것을 말한다. 저온발효의 가장 큰 목적은 포도주의 잔당을 남기기 위한 인데 통상 발효 말기에 온도를 15℃ 이하로 조정하면 원하는 잔당량을 조절할 수 있다. 또 저온발효에서는 증식하기 위해 고온이 필요한 초산, 젖산, 야생효모 등이 번식하기가 어렵고 최종 알코올 함량이 높아진다. 이산화탄소 함량이 늘어나 청량감을 높일 수 있으며, 풍부한 부케와 아로마를 형성할 수 있다. 주석산을 제거하고 청정효과를 더 높이는 장점도 있다. 저온발효의 단점은 발효 시간이 길어지며 냉각 유지비가 들고 발효 공간이 많이 필요하다는 것이다. 저온발효에서는 나중에 젖산발효를 수행할 수 없다. 대체로 산도가 낮은 사과를 이용한 사과와인 제조에도 저온발효를 적용한다.

#### ② 당도

이미 언급한 것처럼 당도가 낮은 포도즙에서 발효는 가장 쉽게 진행되며, 당도가 높으면 발효하기 어려운데 그 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 포도 파쇄즙은 수분을 흡입함으로써 고당분을 희석하려 하는데 그 흡입력(suction power)은 효모세포에도 작용한다. 따라서 효모는 수분을 잃고 세포는 수축되며 효모의 신진대사에 관여하는 수분이

부족해 효모가 증식을 멈추고 결국 사멸한다.

〈표 6-23〉에서와 같이 당도가 증가함에 따라 발효가 저해되고 당도가 너무 높으면 알코올이 덜 생성된다. 고당도로 발효나 효모 증식에 저해를 일으키는 또 다른 원인은 알코올이다. 사카로미세스 세레비지에에는 당과 알코올에 내성이 약해 발효를 통해 생성된 알코올을 세포 밖으로 충분히 배출하지 못하고 축적함으로써 결국 사멸한다. 반면 발포성 와인 효모 사카로미세스 바야누스는 당과 알코올에 내성이 강하여 세포 내에 축적된 알코올 배출을 용이하게 하므로 고당도와 고알코올에서도 살아남을 수 있다. 포도즙 당도가 18.0~21.6브릭스이면 발효 후 잔당이 거의 없으나 당도가 증가할수록 잔당과 포도당/과당 비율도 증가한다. 알코올은 29.5브릭스까지만 증가하고 그 뒤 감소하는 현상을 보인다. 반면 글리세린과 초산은 46.6브릭스까지 지속적으로 증가한다.

표 6-23 효모 종류와 당도 차이에 따른 발효부산물 생성

| 효모 종류        | 당도 (°Brix) | 비발효성 당 (g/L) | 포도당/과당 비율 | 알코올 (g/L) | 글리세린 (g/L) | 초산 (g/L) |
|--------------|------------|--------------|-----------|-----------|------------|----------|
| 사카로미세스 세레비지에 | 75         | 0.1          | 0.2       | 73.5      | 5.5        | 0.3      |
|              | 100        | 0.8          | 0.3       | 102.4     | 7.2        | 0.7      |
|              | 125        | 60.1         | 0.3       | 109.3     | 8.7        | 0.9      |
|              | 200        | 226.2        | 0.6       | 90.2      | 11.2       | 1.7      |
| 칸디다 스텔라타     | 75         | 87.0         | 0.6       | 24.9      | 4.2        | 0.1      |
|              | 100        | 129.5        | 0.7       | 21.0      | 4.4        | 0.1      |
|              | 125        | 207.0        | 0.7       | 28.0      | 5.0        | 0.1      |
|              | 200        | 333.6        | 0.8       | 36.9      | 5.1        | 0.1      |
| 한세니아스포라 우바리움 | 75         | 102.5        | 0.9       | 29.0      | 6.4        | 0.9      |
|              | 100        | 149.7        | 1.0       | 25.5      | 4.8        | 0.7      |
|              | 125        | 208.6        | 1.0       | 25.3      | 4.6        | 0.7      |
|              | 200        | 336.6        | 1.0       | 3.0       | 2.5        | 0.5      |

#### 가. 아우스레제 포도즙 발효

효모가 당도가 높은 아우스레제 포도즙을 발효하면 일반 포도즙에서보다 3배 정도 스트레스를 더 받는다. 보트리티스균에 감염된 아우스레제 포도즙은 영양 결핍이 심하고, 수분이 부족하며 삼투압으로 효모 증식을 저해한다. 또 아우스레제 포도는 늦은 가을



에 수확함으로써 저온발효를 하게 된다. 이러한 불리한 조건에서 오는 부작용을 최소화하기 위해서는 티아민과 질소, 효모 제제를 첨가하고 삼투압에 따른 저해 작용을 상쇄하기 위해 접종 분말 효모의 양도 2배(20~40 g/100 L)로 늘려야 한다. 접종하는 효모도 삼투압에 저항력이 있는 것으로 선택한다.

#### 나. 디저트 와인 발효

디저트 와인 제조는 아우스레제 포도를 이용하지 않고 일반 양조용 포도를 이용하므로 알코올 16~18%를 함유하는 디저트 와인을 제조할 경우 효모가 당을 소비하면 다시 당을 첨가하는 단계적 첨가로 삼투압 현상을 피해 수행한다.

#### ③ 이산화탄소

효모 증식은 이산화탄소가 약 15 g/L이면 정지되는데 이는 이산화탄소 압력이 15℃에서 7.2 bar에 해당하는 농도이며 이 수치는 거의 모든 효모에 해당된다. 이산화탄소 압력이 15℃에서 30 bar에 도달하면 효모는 사멸한다. 알코올 생성은 약 30 g/L에서 중지된다. 반면 젖산균은 과즙에서 이산화탄소가 15 g/L 존재해도 증식하여 포도나 사과즙에서 사과산을 분해해 과즙의 품질 저하를 불러오기도 한다. 이산화탄소의 미생물 증식에 대한 억제 작용과 고알코올 농도로 인한 발포성 와인의 경우 살균과정 없이 병입이 가능하다. 반면 약발포성 와인(slightly sparkling wine)은 이산화탄소가 4~5 g/L 함유되어 병입 시 살균과정이 필요하나 일반 포도주(still wine)보다는 효모 증식 억제에 효과적이다. 이산화탄소 압력 1.5~2 bar는 발효에는 영향을 미치지 않으나 아미노산과 비타민 흡수가 증가하며 고급 알코올과 에스터 생성은 감소하고 아세트알데하이드는 증가하는 경향을 보인다. 고온 지방에서 발효할 때 압력 탱크를 이용한 압력 발효 공법을 사용하나 이는 일반적으로 사용하지 않는 공법이다.

#### ④ 포도즙의 혼탁물

일반적으로 적포도주 제조 방법인 파쇄즙 발효에서는 발효가 활발히 일어나며 백포도주 제조 방법인 포도즙 발효에서는 청징이 안 된 포도즙 발효는 활발한 반면 과도 청징한 포도즙에서는 발효가 원활하게 되지 않는다. 즉 적포도주나 백포도주 발효 시 발효즙의 미세 혼탁물이 발효 속도를 높이는 역할을 하게 된다. 특히 백포도주 제조 시 청징이 안 된 포도즙에는 대부분의 효모가 혼탁물에 붙어 있는데 발효가 시작되면 이산화탄소는 혼탁물에서 유리된다. 미세 혼탁물은 발효즙에서 소용돌이치며 동시에 미세 혼

탁물에 붙어 있는 효모가 발효즙에 부유하여 발효를 진행하게 된다.

반대로 포도즙이 과다 청징되면 효모는 침전이 빠르게 일어나 실질적인 발효는 발효 탱크 바닥에서만 일부 진행된다. 또 이러한 환경에서는 이산화탄소가 유리화되지 않아 발효즙에서 소용돌이가 없어 효모가 균일하게 분포하지 못하게 되므로 결국 발효가 정상적으로 될 수 없다. 과다 청징에 따른 불완전 발효 문제는 발효탱크의 교반기를 이용하여 바닥에 침전된 효모와 이산화탄소를 상층부로 끌어올리면 해결할 수 있다. 보트리티스에 감염된 포도즙에는 아피쿨라투스 효모와 초산균 등이 서식하므로 압착 후 청징을 해야 하는데 이로써 불완전 발효가 발생하므로 이런 경우 청징 후 반드시 배양된 효모를 투입해 발효해야 한다.

사과와인을 만들 때도 혼탁물은 발효에 영향을 미치는데 일반적으로 사과 농축액은 나중에 혼탁을 유발하므로 여과하여 발효한다. 이때 발효가 정상적으로 되지 않는데, 사과즙을 여과하지 않은 상태에서 발효를 진행하면 이러한 문제는 해결된다. 미세 혼탁물이 제거된 포도즙으로 제조한 포도주는 대부분 고급 알코올인데 당분과 아세트알데하이드가 증가하여 이산화황 요구량이 많아지게 된다. 미세 혼탁물이 함유된 포도즙으로 발효하면 글리세린이 증가하고 사과산 분해가 촉진된다. 또 발효탱크의 내부 표면 재질에 따라 발효 상태가 다르게 나타난다. 예를 들면 유리나 에나멜 재질의 발효조 내부 벽면에서는 오크통 벽면에서보다 이산화탄소가 적게 유리되며, 오크통 내부 벽면에는 나무 섬유가 있어 그곳에서 이산화탄소 유리가 용이하게 이루어짐에 따라 효모가 발효즙에 부유해 발효가 왕성하게 진행된다.

## ⑤ 질소

질소는 효모 증식과 대사과정에 필수적인 성분으로 아미노산, 효소, 단백질의 기본적인 구성성분이다. 질소는 효모의 단백질 합성을 가능하게 하고 당분이 효모세포 안으로 흡수되도록 한다. 따라서 효모 증식 기간에 질소가 부족하면 질소 결핍 효모가 되고 당분의 흡수력과 그에 따른 발효력이 저하된다. 효모 한 개는  $10^{-10}$  g이며 전체 효모 건량 25%에서 질소는 약 8%를 차지한다. 따라서 효모세포 한 개는 질소를  $2 \times 10^{-9}$  mg( $8 \times 25 \times 10^{-4} \times 10^{-10} = 2 \times 10^{-9}$  g) 함유하고 있는 셈이다. 일반적으로 발효액 1 L에는 효모가 약 1,000억 마리 존재하므로 200 mg( $10^{11} \times 2 \times 10^{-9}$ )의 질소가 함유되어 있다. 효모는 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )을 통해 필요한 모든 질소를 생합성할 수 있으며 포도나무와 다르게 질산

염은 효모에 의해 이용되지 못한다.

일반적으로 포도즙에는 효모가 필요한 질소는 충분히 함유되어 있으나 일부 과즙에는 질소가 많이 부족한 경우도 있다. 효모가 대사를 위해 필요한 질소량은 포도즙 1 L당 140~880 mg이다. 특히 효모가 이용할 수 있는 질소를 free  $\alpha$ -Nitrogen(FAN)으로 나타내며 당도가 높을수록 포도즙의 FAN양도 많이 필요하다. 포도즙이나 과즙은 대부분 질소를 아미노산 또는 암모늄 이온 형태로 흡수하며 포도주 효모는 질소가 필요할 경우 포도즙에 함유되어 있는 암모늄 이온에서 질소를 획득한다.

신선한 포도즙과 보트리티스에 감염된 포도즙의 아미노산 함량을 비교해보면 질소비료가 많이 첨가된 포도나무에서 나온 포도즙은 아미노산이 포도즙에 3,000 mg/L까지 함유되어 있다. 질소비료에 따른 토양환경 문제로 질소비료 사용량을 줄임으로써 포도즙의 아미노산 함량이 1,215~1,722 mg/L까지 감소했다. 아미노산은 대부분 발효 중에 효모에 의해 소비되는 반면 프롤린은 효모에 의해 흡수가 안 되어 발효 후에도 그대로 남아 있게 된다.

포도즙에는 아르지닌이 아미노산으로 가장 많이 분포하며 질소가 충분히 함유되어 있어 문제가 없으나 보트리티스에 감염된 포도는 질소 결핍이 심하므로 질소, 티아민, 효모 제제를 첨가하여 효모 발효가 원활하도록 한다. 포도즙의 혼탁물을 제거할 목적으로 첨가하는 벤토나이트는 포도즙의 아미노산과 질소도 동시에 제거하여 발효에 문제를 일으키므로 사용하지 않는 것이 좋다. 발포성 포도주 제조에 사용하는 기주 포도주에는 벤토나이트를 1~1.5 g/L 사용한다.

앞에서 설명한 바와 같이 포도즙에 질소 성분은 충분히 들어 있으나 일부 과실 종류는 질소 결핍 현상을 보인다. 특히 사과와 배즙, 일부 딸기류의 과즙에 질소 결핍 현상이 나타나며 고온 건조한 기후 조건에서 더욱 두드러진다. 배즙의 경우 효모가 이용할 수 없는 아미노산 프롤린으로 구성되어 질소가 부족해 발효할 때 질소 첨가가 필수적이다. 유럽연합에서는 효모 발효력을 증진하기 위해 인산수소이암모늄[diammonium hydrogen phosphate,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ] 또는 황산이암모늄[ammonium sulphate,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ]의 염을 포도즙 또는 발효 중인 포도즙에 1 g/L의 첨가하는 것을 허용한다. 또 발포성 와인이나 약발포성 와인을 만들 때 사용되는 포도즙이나 포도주에도 위에 언급한 염을 0.3 g/L까지 첨가할 수 있도록 규정하고 있다.

일반적으로 질소 첨가는 세 차례에 걸쳐 실시하는데 먼저 포도즙에 효모 접종 시 30%

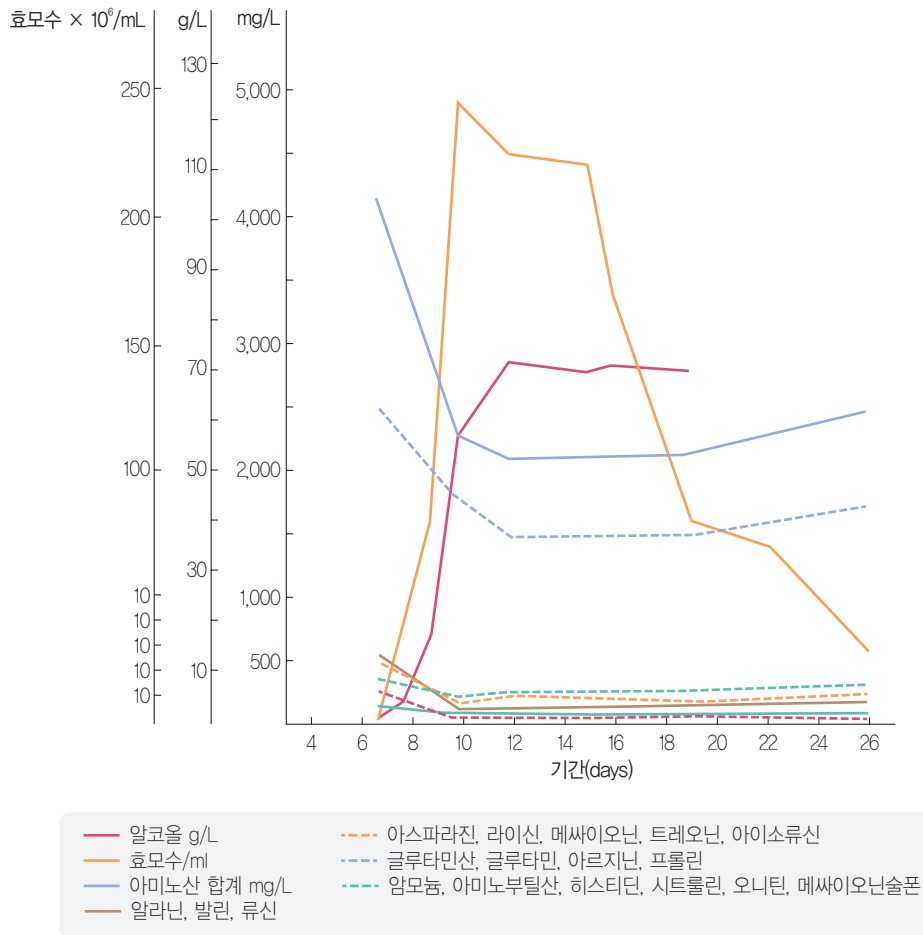


그림 6-15 발효 중의 아미노산의 변화

를, 다음 30%는 발효 초기에, 마지막으로 30%는 주발효에 첨가하는 것이 효과적이다. 주발효 후에 첨가하는 것은 효과가 없다. 일반적으로 효모제제가 암모늄 염보다는 발효력 증진에 더 효과적인 것으로 알려져 있다. 포도즙 발효는 질소 성분뿐 아니라 다른 성분에도 영향을 받으므로 포도즙에 질소가 충분해도 원활한 발효가 보장되는 것은 아니다. 또 효모마다 질소 요구량이 다르기 때문에 포도즙에 질소가 부족해도 질소 요구량이 적은 효모는 발효를 정상적으로 수행하는 경우가 있는가 하면 질소 요구량이 큰 효모는 질소를 포도즙에서 다량 흡수하여 증식하면서 불완전 발효를 수행하고 황화수소를 더 분비하는 경우도 있다.

포도즙의 질소 함유량은 질소비료 시비에 따라 달라지는데 중부 유럽의 포도원에서 1년에 40~50 kg N/ha를 투입한다. 토양 오염 문제로 근래에는 질소비료 시비를 줄여 포도즙의 질소 함유량이 떨어진 유럽 일부 지역의 경우 FAN 함량이 200 mg/L 이하로 감소되어 있다. 발효 중에 FAN은 평균적으로 81% 정도 감소한다. 최근에는 포도즙의 질소 함유량과 발효성을 나타내는 Ferm-N-value 개념이 도입되어 질소 첨가량의 기준으로 하기도 한다. 고온 지역에서 특히 포도즙의 질소 결핍 현상이 두드러져 이 지역에서는 반드시 질소를 첨가해야 한다. 질소가 첨가된 포도즙으로 제조한 포도주에는 고급 알코올과 황화수소의 농도가 감소한다.

## ⑥ 이산화황

### 가. 사카로미세스 세레비지에에 대한 이산화황의 영향

포도즙에 아황산을 다량 첨가하면 초기 발효가 늦어지는데 포도즙에 아황산을 50 mg/L 첨가하면 1일, 100 mg/L에서는 2일 이상, 200 mg/L에서는 9일 지연되고, 400 mg/L에서는 발효가 전혀 일어나지 않는다. 물론 효모 종류에 따라 이산화황 내성이 다르며 이산화황에 내성이 강한 아황산 효모가 이용되기도 한다. 아황산이 첨가된 발효즙에서 일단 발효가 시작되면 발효는 그 후 지속적으로 진행되어 최종 발효도는 아황산이 첨가되지 않은 발효즙과 동일하게 나타난다. 따라서 이산화황은 발효가 시작되는 시점

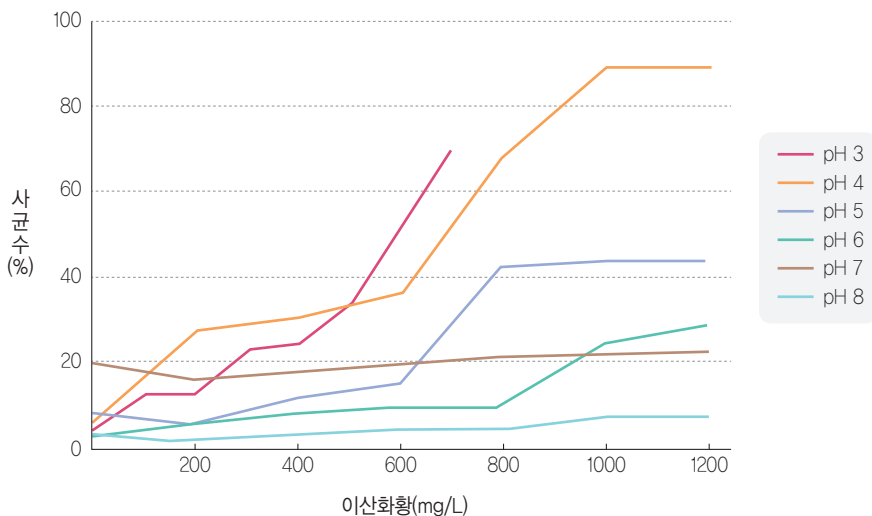


그림 6-16 수소이온농도가 이산화황의 효과에 미치는 영향



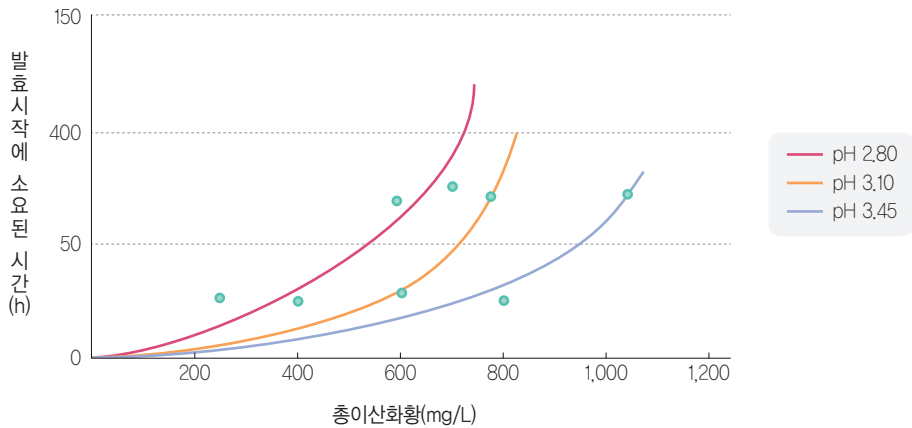


그림 6-17 동일한 이산화황의 조건에서 pH에 따른 발효 상태의 변화

까지만 효모 증식에 대해 억제 작용이 있고 발효 중에는 이러한 효모 대사에 영향을 미치지 않는다.

이산화황의 효모 증식 억제는 이산화황이 효모세포에 침입하면서 시작되며 발효즙의 pH에 따라 그 영향은 다르게 나타난다. 발효즙의 pH가 낮으면, 즉 산도가 높으면 첨가된 이산화황의 농도가 동일하더라도 효모 증식이 강하게 억제된다. 이산화황은 효모세포뿐만 아니라 NAD 효소 억제, ATP 분해, 피루브산 탈카복시효소(pyruvate decarboxylase)와 글리세린알데하이드인산탈수효소(glycerin aldehyde phosphat



그림 6-18 동일한 pH에서 이산화황에 대한 포도즙과 포도주의 비교

dehydrogenase)의 활성화에도 영향을 미친다.

이산화황에 대한 효모의 적응도는 같은 pH에서 포도주에서보다 포도즙에서 우수하며 이는 포도즙의 영양 상태가 포도주에서보다 유리하기 때문이다. WHO에서는 이산화황 섭취량을 1일 0.7 mg/kg 몸무게로 규정하고 있다. 인체에 흡수된 아황산염은 황산염으로 산화되어 체외로 배출된다. 이산화황은 발효가 시작되기 직전까지 효모 증식 억제 효과가 있고 발효가 시작되어 생성된 발효부산물인 이산화황과 결합형으로 치환되어 미생물 억제 효과가 없어지게 된다. 발포성 와인의 경우 유리이산화황을 20 mg/L 이상 첨가하면 초기 발효를 늦출 수 있다.

#### 나. 미생물에 대한 이산화황의 영향

포도주 효모는 대체로 이산화황에 내성이 강한 반면 아피쿨라투스 효모나 보트리티스균에 감염된 포도에 번식하는 초산균 등은 이산화황에 민감하게 반응해 증식이 저해된다. 또 젖산균도 아황산에 민감하게 반응하는데, 특히 산도가 낮은 포도즙의 경우 발효 중에 사과산 분해가 일어나지 않도록 하기 위해선 아황산을 충분히 첨가하고 저온에서 주모를 이용하여 발효를 진행한다. 포도주 효모는 이산화황에 대한 내성은 포도즙에서 강하고 포도주에서 약한 반면 2 종류의 효모는 포도주에서도 이산화황에 대한 내성이 강해 포도주에 존재한다.

지고사카로미세스 베일리(*Zygosaccharomyces bailii*)는 야생효모로서 포도주에 균락 형태로, 포도주 바닥에 많이 분포하며 보통 포도주에 함유되어 있는 이산화황 양보다 많은 양의 아황산이 함유되었음에도 증식을 계속한다. 심지어 아황산이 포도즙에 2,000 mg/L 첨가되어도 발효를 수행한다. 이 야생효모의 이산화황에 대한 강한 내성은 소브산에 반비레하르로 포도주 병입 시 소브산을 첨가해야 한다. 사카로미세스 루드비기(*Saccharomyces ludwigii*)도 아황산에 내성이 강한 야생효모로 포도주 바닥에 단세포로 존재하며 혼탁을 유발하며 아황산이 포도즙에 500 mg/L 첨가되어도 발효를 수행한다.

#### ⑦ 알코올

알코올은 효모 증식과 발효를 억제하며 고온발효인 경우 효모 사멸을 가속화한다. 포도주 효모는 15℃에서 알코올 15% vol 농도에서 사멸하지 않고 30℃에서는 서서히 사멸하며 pH가 낮을수록 사멸세포는 증가한다. 포도주 효모보다 알코올 내성이 강한 발포성 포도주 효모(사카로미세스 바야누스)의 경우 15~16% 이상의 알코올 생성이 가능

하다. 알코올로 인한 효모 사멸은 헥소카이네이스(hexokinase)나 피루브산 카이네이스(pyruvate kinase) 같은 효소의 불활성과 세포 내의 pH 저하를 주요 원인으로 볼 수 있다.

## ⑧ 산소

포도주 효모는 통성 혐기성(facultative anaerobe)으로, 포도즙에 산소가 충분히 존재함에도 100% 호흡은 불가능하여 발효와 호흡의 비율이 2:1 정도 되는 호기성 발효(aerobic fermentation)가 이루어진다. 이는 포도즙의 당 농도가 5 g/L 이상이면 효모의 호흡대사가 발효대사로 전환되기 때문이다(crabtree effect). 효모는 세포 증식에 필요한 성분들의 생합성을 위해 많은 에너지가 필요한데 발효를 통해서만 적은 에너지(2 ATP/glucose 또는 fructose)를 획득하게 된다. 따라서 발효가 시작되면 효모 증식은 대부분 억제되며 당도가 1/3 정도 소비되는 시점에 효모 증식은 완전히 중지된다.

포도즙에 산소를 투입하면 질소도 효모에 의해 흡수가 원활해지고 효모의 활력(vitality)도 증진되며 발효력이 증가한다. 산소 투입 방법은, 미세한 튜브관을 이용하여 5 mg/L를 발효 초기에 붙여넣고 질소를 암모늄 질소(ammonium-N) 형태로 60 mg/L 투입하면 최적의 결과를 얻을 수 있다. 또 산소는 효모세포 내 스테린 함량을 증가시키고 세포막의 기능을 강화해 효모의 생존율을 높인다.

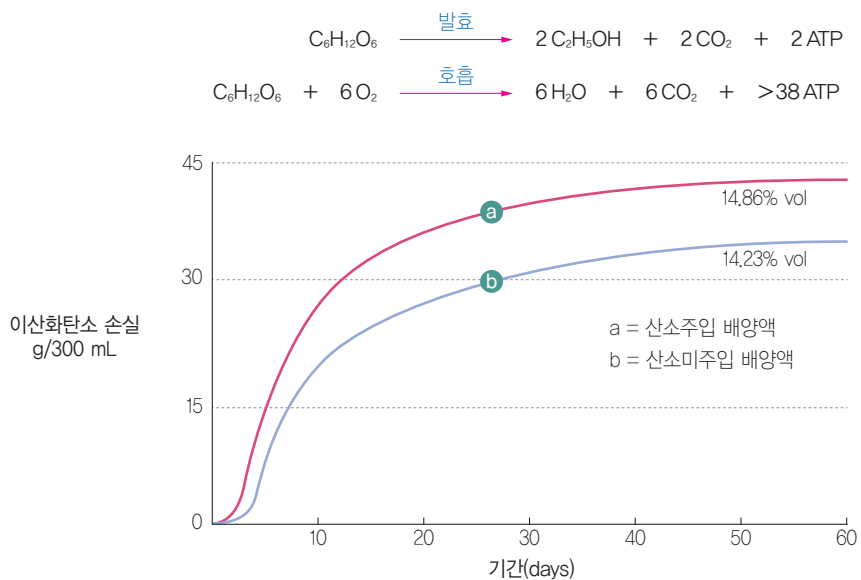


그림 6-19 산소를 투입해 배양된 효모와 산소 없이 배양된 효모의 발효 차이

## (6) 자연발효와 배양발효

### ① 자연발효

오랜 세월 포도주 제조자는 자연발효로 포도주를 생산해왔다. 자연발효로도 고품질의 포도주를 생산할 수 있으나 대량 생산일 경우 포도주 품질이 매우 심하게 떨어진다. 자연발효 시 야생효모들이 분비하는 발효부산물들 때문에 포도주는 복잡하고 폭넓은 아로마를 띠지만 일부 생성된 발효부산물은 향 최소감응농도를 훨씬 벗어나 결국 포도주 아로마에 부정적인 영향을 미친다.

### ② 배양발효

포도주 효모는 순수 배양으로 얻은 효모로, 그 기능은 발효공정 측면과 품질 측면을 만족시켜야 한다. 1970~80년대에는 효모의 발효 공정 측면에, 현재는 품질 향상 측면에 연구의 중점을 두고 있으며 다음과 같은 특성을 갖추어야 한다.

- 활성화된 빠른 발효
- 알코올 생성 능력과 알코올 내성
- 저온에서 원활한 발효
- 아황산 및 살충제 내성
- 응집 및 침전 능력
- 에스터와 같은 과실향과 글리세린 생성
- 소량의 초산, 에틸아세테이트와 이산화황 결합 성분 생성
- 소량의 아황산 함유 물질 생성과 아민 미생성

순수 배양효모는 하나의 효모세포에서 배양된 효모로, 액상 및 건조효모 형태로 사용된다. 특히 액상효모는 고품질 포도주, 즉 트로큰베어렌아우스레제나 아이스 와인, 발포성 와인 제조에 사용되며 백포도주 제조 시 발효온도가 15~18℃일 때 풍부한 과실향이 많이 생성된다. 특히 포도주의 보디감을 증가시키기 위해선 글리세린을 많이 생성하는 효모를 선택해야 한다. 건조효모의 경우 통상 포도주에 15~25 g/100 L 첨가하며 발효조에 바로 투입하는 것보다 물에 풀어 액상형태로 만든 뒤 사용한다. 건조효모의 경우 발효 직전 효모의 재활성이 중요하며 다음 사항에 주의해야 한다. 우선 물과 포도즙이 1:1로 섞인 혼합물과 건조효모를 38~40℃에서 10:1 비율로 섞은 뒤 용해한 다음 15분 정

표 6-24 양조효모와 야생효모를 이용한 발효에서 에스터와 고급 알코올의 생성 비교(단위: mg/L)

|             | <i>S. cerevisiae</i> | <i>Cand. krusei</i> | <i>Metchnikowia Pulch</i> | <i>Kloeckera</i> | <i>Hansenula</i> | 90% <i>Hansenula</i><br>8% <i>Metchnikowia</i><br>2% <i>S. cerevisiae</i> | 30% <i>Hansenula</i><br>30% <i>Metchnikowia</i><br>10% <i>S. cerevisiae</i> | 30% <i>Kloeckera</i><br>8% <i>Hansenula</i><br>40% <i>Metchnikowia</i><br>2% <i>S. cerevisiae</i> | 2% <i>S. cerevisiae</i><br>8% <i>Kloeckera</i><br>90% <i>Hansenula</i> | 90% <i>Kloeckera</i><br>8% <i>Metchnikowia</i><br>2% <i>S. cerevisiae</i> |
|-------------|----------------------|---------------------|---------------------------|------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Ethylacetat | 14                   | 971                 | 6,540                     | 6,123            | 440              | 2,606                                                                     | 6,852                                                                       | 69                                                                                                | 2,038                                                                  | 1,405                                                                     |
| Methanol    | 40                   | 43                  | 43                        | 38               | 42               | 46                                                                        | 47                                                                          | 51                                                                                                | 46                                                                     | 46                                                                        |
| Propanol    | 2                    | 10                  | 31                        | 16               | 24               | 15                                                                        | 23                                                                          | 13                                                                                                | 19                                                                     | 16                                                                        |
| I-Butanol   | 13                   | 59                  | 174                       | 32               | 15               | 17                                                                        | 41                                                                          | 18                                                                                                | 27                                                                     | 16                                                                        |
| 2-MeBuOH    | 12                   | 29                  | 34                        | 16               | 17               | 70                                                                        | 20                                                                          | 20                                                                                                | 18                                                                     | 16                                                                        |
| 3-MeBuOH    | 42                   | 87                  | 124                       | 34               | 58               | 43                                                                        | 44                                                                          | 46                                                                                                | 38                                                                     | 51                                                                        |

도 정치 후에 한번 교반한다. 포도즙을 같은 양 투입한 다음 10분간 정치하는데 이때 온도는 26~28℃를 유지하면서 수차례 교반한다. 그다음 포도즙을 같은 양 투입하고 10분간 정치한 뒤 전체량을 20℃로 유지하면서 포도즙으로 채워진 발효조로 이송한다. 주모와 포도즙의 온도 차이는 최대 7~10℃를 유지해야 하며 주모와 포도즙을 교반한다.

표 6-25 발효온도에 따른 관능평가

| 효모              | 특징         | 저온(% 선호도 15℃) | 고온(% 선호도 20℃) |
|-----------------|------------|---------------|---------------|
| Lalvin R2       | 저온발효, 과실향  | 78            | 22            |
| Lalvin w27      | 저온발효, 과실향  | 67            | 33            |
| Lalvin S6U      | 글리세린 증가    | 100           | 0             |
| Lalvin EC-1118  | 강발효 발포성 효모 | 67            | 33            |
| Actiferm primo  | 강발효        | 100           | 0             |
| Oenoferm Freddo | 저온발효, 과실향  | 89            | 11            |
| Siha 3          | 강발효        | 78            | 22            |
| Siha varioferm  | 약발효        | 67            | 33            |
| Uvaferm 71B     | 아로마 효모     | 65            | 35            |
| Uvaferm CEG     | 약발효        | 67            | 33            |