

Be Biologist: 아무도 알려주지 않는 바이올로지스트가 되기 위한 기본 2

김 종 은*

충청북도 증평군 대학로 61 한국교통대학교 보건생명대학 식품생명학부 식품공학전공 27909

Be Biologist: Basic Knowledge for Biologist Which No One Told 2

Jong-Eun Kim*

Department of Food Engineering, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

ABSTRACT

When graduate students enter the laboratory first, they have to learn a lot. Graduate students must learn the basics so that they can learn from your seniors and get good research results. In this study, I have listed the basic things to keep in mind when entering a laboratory for the first time. You will have to learn it well, adapt without difficulties in the laboratory, and grow into a great scientist.

Key words : biologist, graduated school student, routine work, newbe

I. 서 론

2021년 호에서 과학자가 되어가는 길과 논문 검색에 대해 핵심 사항을 정리해 보았다(1). 연구자로서 성장해 나가는 길을 파악하고, 삶의 계획을 세울 필요가 있다. 그리고 다른 사람의 연구를 받아들여 한 발짝 더 앞으로 나가는 것이 연구이기 때문에 다른 사람들의 연구를 살피는 것도 중요하다(2). 이 두 가지를 잘 할 수 있도록 기본이 되는 사항을 정리한 것이다(1). 이번 2022년 호에서는 여기에 연구실에서 적응하고, 배우고, 성장해 나가며 의미 있는 과학자가 되기 위해 알아야 하는 기본적인 사항 중에 연구실에 처음 들어갔을 때 지켜야 할 일들을 서술해 보고자 한다(3). 낯선 실험실에서 지도교수나 선배들에게 무엇인가를 배워야 하는 상황에서 잘 배우려면 지켜야 하는 기본 사항들이다(4). 연구실에서 비난받거나 책임질 일이 생기는 것을 막는 데 필요한 것들이다. 하지만 연구실에서 연구를 시작하는 목적이 많이 배우고 경험을 쌓아서 자기 나름의 훌륭한 연구를 하고자 하는 것에 있을 것이다. 이를 위해서는 본인이 있는 연구실을 자양분 삼아 성장하여야 할 것이다. 이를 위해서는 연구실 구성원이 도움이 많이 필요할 것인데, 다들 사람인 만큼 기본을 잘 지키고 호의적인 사람에게 조금이라도 더 잘 가르쳐줄

마음이 열리는 것은 인지상정이다(5).

II. 본 론

1. Cleaning

어디에서나 주변을 청결하게 하는 것은 좋다. 사람마다 청결의 기준이 달라서 어떤 상황이 청결한지는 주관적이다. 하지만 생명과학 실험을 하는 연구실은 특히 청결해야 한다(6). 반도체 연구 등의 완전히 클린룸에서 연구해야 하는 연구들도 있는데, 그 정도까지는 아니겠지만, 생명과학 실험을 하는 연구실은 최대한 깨끗이 해야만 한다(2). 보통 연구실은 대부분 좁은 곳에 많은 사람이 같이 일해야 하고, 다양하고 고가의 실험기기들이 존재한다. 그리고 직접적으로 인체에 접촉하였을 때 문제가 되는 물질들도 다수 존재하기 때문에, 지저분한 경우에 사고가 나거나 흡입이나 접촉을 통해 건강에 나쁜 물질이 몸에 들어오는 수도 있다. 따라서 어떤 랩이라도 강하게 청결해야 한다(7). 하지만 청결에 대한 기준이 사람마다 다르다 보니 연구실의 분란이 되는 요소로 자주 작용한다. 결벽증에 가까울 정도로 너무 심하게 청결을 유지하고자 필요 없는 에너지를 낭비하는 사람도 있고, 정상적인 실험을 하기 힘들 정도로 청결에 신경 쓰지 않는 일도

* Jekim14@g.ut.ac.kr

있다. 다른 사람에게 방해가 되며, 감정을 상하게 되어 실험실의 팀워크를 해치는 경우도 많다. 어려운 말이지만, 적당히 에너지를 투입하여 주위를 청결하게 유지해야 할 것이다.

청소의 첫 번째는 물건이 안 보이게 하는 것이다. 먼저 연구실에는 밖으로 드러나는 물건을 최소화해야 한다. 문이 있는 수납장에 최대한 수납해야 하고, 작은 물건들은 서랍에 들어가야 한다. 많은 랩에서 문을 열고 물건을 꺼내는 것이 귀찮아서 그냥 올려놓는 경우가 많은데, 그렇게 되면 보기도 좋지 못하고, 떨어지는 경우 다칠 수도 있다. 수납장 문이나 서랍 문은 반드시 완전히 닫아야 한다(8). 완전히 닫히지 않게 많은 양을 넣지 않아야 한다. 완전히 문을 닫아서 안 보이게 못할 때에는 사람이 지나다니는 동선이나 착석한 경우 몸의 반경을 고려하였을 때 접촉이 일어나지 않게 물건을 정리해야 한다. 머리를 부딪혀 다치거나 발에 걸려서, 넘어지는 일이 없도록 해야 한다. 떨어지더라도 사람에게 직접 접촉이 안되는 곳에 수납을 해야 한다.

두 번째, 먼지와와의 전쟁이다. 우수한 시설을 갖춘 연구소에서는 항온, 항습 및 방진 시설이 잘 되어 있어 정화된 온도와 습도가 일정한 공기가 공급되는 곳이 있다. 하지만 일반 학교의 연구실에는 그 정도의 공조 시설을 갖추기는 너무 많은 비용이 들기 때문에 먼지에 노출되어 있는 곳이 많다(9). 특별한 공조장치가 없는 경우에도 냉난방기나 공기청정기에 유지하여 공기 중의 먼지를 줄일 수는 있겠지만, 해보아도 좁은 공간에서 여러 사람이 일하다 보면 먼지가 많이 발생할 수밖에 없다. 이 먼지는 당신의 eppn tube안으로 떨어져 지금하고 있는 실험의 결과를 해석할 수 없도록 만들 것이다(10). 연구실 곳곳의 먼지는 물티슈나 핸드 타올로 최대한 제거해야 한다. 특히 공냉 장치가 붙어있는 냉장고나 컴퓨터 등에는 먼지가 많이 생긴다. Air gun 등을 이용하여 먼지를 제거하여 그 먼지가 기계안으로 들어가지 않도록 막아야 한다. 실험실에 먼지가 많이 싸여 있다면 실험실의 이미지에도 매우 좋지 못한 영향을 주기 때문에 항상 먼지가 쌓일 만한 곳을 청소하고 닦아야 한다.

세 번째, 바닥에는 어떠한 것도 떨어져 있어서는 안 된다. 걸려 넘어질 수도 있고, 미끄러져 넘어질 수도 있다. 신발에 의해 바닥에 있는 물질이 2차 오염을 유발할 수 있다. 특별한 상황이 아니라면 물기가 없이 말라 있어야 한다. 고체 물질이나 다른 화학물질이라고 하면 고려할 필요도 없겠고, 물이라고 해도 바로 완전히 닦아 없애야 한다. 바닥의 먼지는 진공청소기로 자주 제거해야 해서 최대한 없애야 한다(9). 먼지를 제거하지 않으면 사람들이 돌아다닐 때 먼지가 비산

하여 먼지로 인한 오염 문제가 생길 것이다. 진공 청소기만으로는 신발을 신고 다니는 실험실에서는 어쩔 수 없이 먼지로 인한 오염이 문제가 되기 때문에 하루에 한 번씩은 걸레질을 해서 먼지를 없애야겠다. 걸레질을 할 때 2차 오염이 되어 오염이 퍼지는 경우도 많은데, 대걸레를 사용하는 경우 충분히 세척을 해야 하고, 대걸레에 피부가 닿지 않게 해야 한다. 될 수 있으면 걸레보다는 일회용 청소포를 이용하는 것도 2차 오염을 막는 방법이다(10).

넷째, 폐기물은 최대한 빨리 제거한다. 폐기물에서는 감염이나 부패하는 미생물이 있을 수 있고, 침출수가 나오거나 하는 등의 여러 가지 문제가 될 수 있다. 폐기물을 지정된 장소로 이동시키는 것이 귀찮아 폐기물을 모은 다음에 실험실 밖으로 내놓는 경우가 많은데, 그 경우에는 실험실 안에서 상해서 냄새가 나거나 다른 오염을 유래할 수 있고, 심하면 건강에 문제가 될 수도 있다. 매일 시간을 정해 놓고 폐기물을 연구실 밖 정해진 곳으로 옮겨 실험실 내에 폐기물이 머무르는 시간을 최소화해야 한다(9).

2. Washing

연구실에는 부피를 측정하거나 물질을 섞거나 할 때 유리 초자 기구를 많이 사용한다. 우리나라가 선진국이 되면서 국내에 있는 랩들은 보통 연구비가 충분하여 1회용 플라스틱 용기를 사용하는 경우가 늘어났다(11). 하지만 최근 사회적 인 추세를 보았을 때 연구실에서 평평 쓰는 플라스틱 폐기물(안에 어떤 물질을 담았는지 알 수 없으니 재활용도 어렵다.)을 규제할 가능성이 있다(12). 플라스틱을 꼭 써야 하는 경우가 아니라면 환경을 생각하였을 때는 유리 초자 기구를 사용하는 것은 추세에 맞아 보인다. 실험실에서 washing은 가장 하기 싫은 뒤처리이다 보니 실험실에서 없어질 것이라 많은 사람이 생각했지만, 세척기를 사용했을 때 생기는 미묘한 세제 잔여물 등이 문제가 될 수 있기 때문에 하나하나 사람이 직접 세척을 많은 연구실에서 하고 있다(9). 연구실에서 washing도 가정에서와 같이 매번 생길 때마다 세척을 하는 것이 가장 좋지만, 다른 연구 스케줄이 겹치다 보면 개수대에 세척해야 하는 것들이 쌓이게 된다(13). 쌓인 세척을 기다리고 있는 것들에 어떤 물질이 묻어 있는지 예측하기 쉽지 않다. 물론 독성이 있는 물질이 있을 수 있다. 전기 영동 장치의 경우, 싱크에 들어 있다가 백금선이 끊겨 고장나는 경우도 빈번히 생긴다. 그 때문에 쌓지 말고 바로바로 세척하는 것이 좋다(14).

세척 시에는 세척수가 몸에 묻지 않게 잘 준비해야 한다. 세척해야 하는 것이 많으면 많을수록 세척수에 몸이 오염될

수 있으니 조심해야 한다. 실험복을 반드시 착용하고 물이 묻지 않는 비닐 소재로 되어 있는 앞치마를 활용하면 좋다. 손에는 안쪽에 라텍스 장갑을 끼고, 그 위에 고무장갑을 끼는 방법으로 이중으로 손을 보호할 필요가 있다(8). 수세미, 세척솔, 세제를 미리 잘 준비하여 물건을 찾다가 세척수를 바닥에 흘리지 않도록 조심해야 한다(15).

가장 많이 쓰는 초자 기구는 부피를 재는 mass cylinder나 volumetric flask가 될 것이다. 세척할 때는 먼저 안에 들어있는 물질을 제거한다. 물이나 일반적인 버퍼라면 하수도를 통해 제거하면 되겠지만, 독성이 있는 물질인 경우에는 한번 정도 행구어 낸 물까지 폐액 처리를 해야 할 수도 있다(16). 수돗물을 통해서 몇 번 남아 있는 물질을 완전히 제거하고 세제를 사용하여 세척을 한다. 부피를 재는 유리 초자의 경우, 솔을 쓴다면 흠집이 생겨 미세한 부피에 영향을 주게 된다(17). 그래서 부피를 재는 목적의 용기는 세제와 수압으로만 세척을 해야 한다(18). 그 외의 경우에는 솔이나 수세미를 사용하여 최대한 깨끗이 세척을 하면 된다. 세척이 끝나면 충분히 수돗물로 세제를 제거해야 한다 세제가 남아 있다면 그 용기를 사용한 다음 실험자는 실험을 망치게 될 것이다(17). 그리고 마지막으로 증류수를 이용하여 행구어 내어 수돗물을 제거한다. 수돗물에 들어있는 물질들이 물때를 만들거나, 실험시에 영양을 줄 수도 있다. 이렇게 세척된 것들은 건조대에서 상온에서 물을 말리거나 drying oven으로 옮겨 말려준다(18). 50°C 정도 온도를 맞추고 overnight동안 말려주면 충분히 건조될 것이다. 건조가 된 용기들은 멸균을 해야 하는 것들은 알루미늄 호일로 입구를 막아주고, 멸균을 하지 않고 사용하는 것은 비닐 랩으로 입구를 막아 먼지가 들어가는 것을 막아준다. 그리고 cleaning 섹션에서 언급한 것처럼 최대한 안전하게 보관한다(18).

3. Buffer

실험실에서는 공동으로 사용하는 시약들이 많이 있다(19). 공통적인 실험을 할 때 거기에 사용되는 공동 시약들은 각자 따로 만드는 경우에 빠르게 소진이 되지 않아 오래되어 사용하지 못하게 되는 경우가 많기 때문에 실험실의 효율성을 생각하면 공동으로 사용하는 것들은 한꺼번에 만들어서 나눠 쓰는 것이 좋다(2). 문제없이 만들었을 경우에는 그렇다. 연구실에 처음 들어가면 그 연구실의 룰에 잘 따라야 한다. 공동 시약이 없어 실험을 못 하는 상황이 왔을 때, 그 원인이 실험실에 들어 온지 얼마 안 된 신입이 자기의 할 일을 하지 않아 생긴 문제라면, 자기 기반이 상당히 나빠지고 질책을 받을 수 있을 것이다(20). 반드시 실험실 룰에 대해 숙지하고

익숙해지기 전까지 주의를 기울여야 하는 부분이다. 보통 버퍼라고 하면 pH를 일정하게 해주는 시약이지만 실험실에서 버퍼라 불리는 시약들은 보통 공동으로 만들어서 사용하는 공동 시약인 경우가 많고 거의 모든 시약에 버퍼가 들어가지만, 주목적은 아님에도 불구하고 버퍼라고 많이 부른다(19).

실험실에서 신입생이 들어오고 나서 제대로 실험이 안 되는 경우가 생각보다 많이 생기는 경우가 있다(13). 이 경우 많은 부분 초심자가 실험실에서 공동으로 사용하는 시약을 잘못 다루어 생기는 경우가 많다(5). 희석해서 써야 하는 10×, 20× 시약을 희석한 것처럼 놓아두었거나, 중요 시약을 빼고 만들었거나, 무게를 재거나 pH를 잘못 맞추었을 때 극단적으로는 아예 다른 시약을 만들어 놓고 제대로 만든 것처럼 두는 일도 있다. 보통 색깔이 없는 무색이고 무취이기 때문에 외관으로 제대로 만들지 못한 것을 알 수가 없다. 당장 사용해야 하는 공동 시약이 없거나, 있지만 제대로 기능을 못 하는 것을 만들어 놓으면 신입생에게 상당한 질책을 할 것이다(20). 여러 사람한테 동시에 어려운 상황이 되는 경우도 많다. 따라서 꼭 정신을 차리고 제대로 만들어야 한다.

공동 시약을 제대로 만들기 위해서는 먼저 그 연구실의 레시피를 확보해야 한다. 실험실에서 쓰는 공동 시약들의 레시피는 쉽게 찾을 수 있지만, 그것을 실험실마다 조금씩 변형하는 경우가 많다. 그런 경우 잘 정리된 레시피를 선임자에게 받을 수 있다면 편하게 실험실 생활을 할 수 있지만, 쉽게 안 주는 경우도 있고, 정리가 잘 안 되어 있고 메모식으로 주먹구구로 만들고 있을 수도 있다. 잘 정리된 것을 받아서 그대로 하면 가장 좋다. 잘 정리가 되지 않은 것을 받았을 때는, 자기 나름대로 정리해서 선임자에게 확인받는 방법이 좋다(13). 선임자가 이야기해주는 것을 잘 메모해 두었다가 정리하는데 잘 써 놓으면 선임자에게 신뢰를 얻을 수 있는 좋은 수단이 될 것이다(19). 그리고 몇 번 실습을 해본 뒤에 인터넷 등을 이용하여 자료를 찾아서 비교해가며 원리를 파악해 볼 필요가 있다. 실험실에서 변형된 것들을 왜 그렇게 했는지 잘 파악해 볼 필요가 있다. 이해되는 것은 이유를 잘 정리해 두고, 이해되지 않는 것은 선임자에게 물어보면 되는데, 보통 경력이 짧은 선임자의 경우에는 원리를 잘 파악하지 못하고 시키는 대로 진행해라는 답을 줄 수도 있으니, 궁금한 사항은 경력이 오래된 선배나 principal investigator(PI)에서 질문하여 원리를 잘 이해하고 있을 필요가 있다(21). 원리를 이해한다는 것은 문제가 생겼을 때 문제를 해결할 수 있는 trouble shooting 능력이 생긴다는 것을 의미한다(5). 원리를 정확히 이해하고 일을 진행해야 잘 되어 있는 연구실의 레시피를 쓸 수도 있고, 잘못되어 있는 레시피를 고칠 수도

있으며, 문제가 생겼을 때 해결을 할 수가 있다. 신입생이 제일 피해야할 일은 자기 때문에 전체 연구실의 실험이 일제히 제대로 된 결과가 안 나오는 상황에 몰리는 경우이다. 많은 사람에게 비난받을 것이고, 이런 문제로 적응하지 못하고 실험실을 떠나는 경우도 종종 있다(3).

자주 쓰는 시약들에 대한 비결은 보통 거대 시약 업체에서 자기 제품을 팔기 위한 수단으로 Table 1과 같이 제공하고 있다. 공개된 레시피에 나와 있는 것과 똑같이 실험을 하면 실험이 안 되지는 않겠지만, 각자의 연구실에서 이를 조절하여 가지고 있는 고유의 레시피가 있다. 보통 이런 자기 자신만의 프로토콜과 레시피가 많은 연구실이 실력이 있는 전통의 연구실이고 좋은 연구결과를 많이 내었다. 하지만 때때로 연구실 선배들로부터 내려오는 레시피가 말도 안되는 것일 수도 있다. 누군가 한번 잘못 했는데 그것이 대대로 무비판적으로 내려와 이상한 실험을 하고 있는 경우도 많이 있다(21). 자기 연구실의 비법을 익히고 잘못된 것은 고쳐 나가는 과정이 자기의 실력을 키워 나가는 것이다. 시간이 날 때마다 Table 1의 사이트들에서 정보를 얻어, 기초를 다지는 것을 추천한다. 2021호에 제시한 것처럼 논문을 읽는 것도 상당히 중요한 작업이지만 기본적인 테크닉을 익혀 나가는 것도 반드시 필요하다. 축구를 하는데 전략 전술 공부만 할 게 아니라, 기본적인 트래핑, 슈팅 연습을 할 필요가 있는 것과 같은 이치이다.

공동 시약은 autoclave를 해야 하는 시약, 필터링해야 하는 시약, 멸균을 하지 않아도 되는 시약 등으로 나누어진다. Autoclave를 해야 하는 시약은 열을 가해도 상관이 없는 시약들이 대부분이다. 농도를 맞추어 시약을 만든 다음 autoclave

가 가능한 시약병에 담고, 알루미늄 호일을 덮는다(16). Autoclave가 되었던 지를 검증할 열 감지 테이프를 알루미늄 호일이 덮인 위쪽에 붙인다(17). 처음 연구실에 가면 열 감지 테이프가 비싸서 아껴 써야 한다고 말하는 선임자들이 있을 것인데, labeling tape이 더 비싼 경우도 많다. 열감지 테이프를 아끼기 위해 labeling tape를 쓰는 것은 좋지 못한 선택이다. 멸균이 중요한 시약인 경우 알루미늄 호일 아래쪽에 붙여 개봉하였을 때 테이프가 떨어질 수 있도록 하여 개봉 여부를 판단할 수 있게 하는 것도 좋다(22). 필터링해야 하는 시약은 멸균하거나, 완전히 용해되어 가루 시약이 남아 있지 않아야 하는 경우에 진행한다(16). 필터링의 경우, 필터에 비용이 들기 때문에 꼭 필요한 경우 진행하고 상황에 맞게 적절한 필터를 이용하여야 빠른 시간에 편하게 필터링을 진행할 수가 있다(17). 동물 세포에 주로 사용되어야 하는 시약은 0.22 μm 필터에 0.44 μm 는 미생물실험을 하는 경우에 주로 사용한다(17). 필터의 pore 크기가 작을수록 필터에 큰 압력이 가해져야 필터링이 된다. 시간도 많이 들고 힘도 많이 든다는 것인데, 적절한 필터를 골라서 필터를 해야 편하게 진행할 수 있음을 의미한다(22). 멸균 이외에 진공 필터 장치를 이용해 시약 속에 들어있는 이물질을 제거해야 하는데, 이것의 사용법을 잘 익혀 놓으면 깨끗하게 시약을 만들 수 있고, 멸균이 필요하지 않는 시약에 멸균 필터를 사용하여 질책을 받는 일을 없앨 수 있을 것이다(16).

시약의 보관은 일반적으로 냉장 보관이 좋다. 하지만 어떤 물질들은 온도가 낮아지면 용해도가 낮아져 석출되어 정확한 농도로 사용할 수 없는 경우도 있다. 이러한 시약들은 상온에 보관을 해야 한다. 석출되지 않는 시약들은 냉장 보

Table 1. 다양한 정보를 제공하는 시약회사 사이트 및 특징

업체	주소	특징
Cell Signaling Technology	https://www.cellsignal.com	항체 회사, 단백질 실험과 관련한 다양한 정보 및 데이터 베이스를 제공함.
Santacruz Biotechnolgy	https://www.scbt.com/resources/protocols	항체 회사, 단백질 실험과 관련한 다양한 정보 및 데이터 베이스를 제공함.
Abcam	https://www.abcam.com/index.html?pageconfig=popular_protocols	항체 회사, 단백질 실험과 관련한 다양한 정보 및 데이터 베이스를 제공함.
Thermo Fisher Scientific	https://www.thermofisher.com/kr/ko/home/references/protocols.html	실험기구 및 다양한 시약을 파는 세계 최대의 회사. 많은 데이터 베이스와 정보를 얻을 수 있음.
Promega	https://www.promega.kr/resources/protocols/	시약 및 실험기기를 생산하는 회사. 연구에 필요한 안드로이드 및 아이폰 앱 및 정보를 얻을 수 있음
Protocol online	http://www.protocol-online.org/	프로토콜등의 다양한 정보를 얻을 수 있는 과학자 커뮤니티
Cold Spring Harbor Protocols	http://cshprotocols.cshlp.org/site/recipes/nav_a.dtl	Cold Spring Harbor Laboratory Press에서 발간하다가 protocol 책을 온라인화 한 사이트. 오래된 역사만큼 다양한 정보를 제공함.

관을 하면 오염에 자유롭게 오래 사용할 수 있다(16). 냉장고의 문제점은 습도에 있는데, 뚜껑을 잘 닫는 방법으로 해결할 수 있다. 진공 봉투와 제습제를 사용하여 습기를 조절하는 방법도 있다. 냉동 보관을 해 두면 변화 없이 오래 사용할 수 있어 좋다. 하지만, 냉동, 해동을 반복하면 다양한 문제가 생기니 냉동 보관 시약의 경우 1회 사용할 양을 분주하여 한번에 사용하거나, 한번 녹인 다음에는 냉장 보관하면서 추가 사용할 수 있는 시약들을 냉동 보관한다. 보관 장소를 잘못 알고 엉뚱한데 보관하면 실험실에 상당한 혼란이 생길 수 있으니 주의해야 한다(17).

시약을 만드는 것은 다음 장에서 다룰 시약의 무게를 측정하고, 여기에 알맞은 용매를 넣어서 용액을 만들어야 한다. 몰 농도를 일반적으로 많이 사용한다. 분자량을 활용하여 몰 농도를 구하는 것은 많이 해보았을 것이다(23). 그리고 편하게 사용하는 시약들의 경우 % 농도를 많이 쓴다. % 농도에는 기준에 따라 여러 가지가 있는데, 일반적으로 % 농도라고 하면 weight/volume % 농도라 생각하면 된다. 예를 들면, 10% NaCl을 만들라고 하고 어떻게 해야 하는지, % 농도가 무엇인지 직접적으로 이야기를 해주지 않고 시키기만 하는 경우가 많을 것이다. 분명 정확하게 묻고 진행을 하면 좋겠지만 “그것도 몰라”라는 답변으로 돌아와서 묻기 어려울 수 있다. 100 mL 용액에 1 g의 용질이 들어 있으면 1% 농도의 용액이다 10% NaCl은 10 g NaCl에 물을 채워서 100 mL를 채워 넣으면 10% 용액이 될 것이다(18).

4. Measurement

공동 시약을 만들기 위해서는 저울이나 pH 미터, 플라스크 등을 적절히 잘 이용해야 한다. 학부 실험이나 고등학교 때 몇 번 해 본 경험이 있을 것이다(23). 하지만 실전에서 실제 실험을 위해 사용하는 방법을 잘 모르고 엉뚱하게 사용한다면 근본적인 실력을 의심받을 것이다. 반드시 기본적인 사용법을 익히고 정석적으로 사용하여야 한다. 먼저 저울은 측정량에 따라 다른 저울을 사용하여야 한다(16). kg을 재는 저울, g을 재는 저울, mg을 재는 저울들이 다르기 때문에 맞추어야 한다. 단위가 큰 저울들은 쉽게 측정할 수 있겠지만, 정밀 저울의 경우 조심해서 측정해야 한다(18). 정밀저울에 무거운 것을 측정하여 저울을 고장 내거나, 단위가 큰 저울에 미량을 측정하려 한다면 오류를 만들지 않도록 해야 한다(16). 이를 위해 저울의 최대 용량과 해독도를 체크해야 하는데, 최대 용량은 측정할 수 있는 최대 용량이고, 해독도는 최소 용량이라고 생각하면 편하다. 주로 저울 액정 옆에 쓰여 있는 경우가 많고, 해독도는 액정에 나오는 수치 가장

아래라 생각하면 무리가 없을 것이다(23).

보통 연구실에는 저울을 3개에서 4개 정도 보유하고 있을 것이다. 이들은 보통 각자 맞는 영역이 있다. 자기가 측정하고자 하는 물질의 무게에 맞추어 최대용량과 해독도를 고려하여 선정하여야 할 것이다(17). 측정하기에 앞서 저울이 수평을 유지하고 있는지 저울 전면에서 보이는 수평계를 보고 다리를 맞추어 방울이 가운데 오도록 조정한다(16). 미량을 측정해야 하는 경우 측정하는 용기의 무게가 가벼운 것을 써야 한다. 무게가 많이 나가는 용기는 편하지만, 미량을 측정하기에는 알맞지 않다(17). 미량을 측정하는 경우 유산지를 사용하거나 작은 weighing dish를 사용하는 것이 좋다. g 단위로 측정하여 시약을 만드는 경우는 다른 용기에 옮기지 않고 용매를 넣어 녹여서 사용할 수 있는 플라스틱 비커를 사용하면, 시약을 옮기는 번거로움과 이로 인한 오차가 생기는 것을 막을 수 있다(16). 미량 저울의 경우, 양쪽 문을 열고 양손으로 시약을 옮기고 최종 수치를 읽을 때는 문을 닫아야 한다. 정밀한 저울일수록 더욱더 신경을 써서 정확하게 측정하는 것이 실험의 기본이 될 것이다(16).

시약을 만들 때 100 mL 이상 용액을 만드는 경우는 volumetric flask 사용하면 된다. 다른 비커를 이용하여 원하는 부피보다 적게 용매를 넣어 충분히 균질화하고 최종 부피를 맞추어 정확한 농도의 용액을 만들고 매니스커스를 보는 것은 항상 주의를 기울여 올바른 눈높이에서 맞추어 부피를 맞춘다(18). 10×를 1×로 희석하는 경우라면 매스 실린더 정도의 정확도만으로 충분할 수 있다. 높은 농도의 stock을 만들고 이를 희석해서 쓰는 시약들의 경우, 상대적으로 농도의 정확성을 요구하지 않는 경우가 많다. 때문에 고농도 stock (10×, 5× 등)을 만들 때에는 농도에 신경을 많이 써야 하고, 이를 희석할 때는 상대적으로 편하게 만들어도 실험에 지장이 없는 경우가 많다. 이처럼 만드는 시약이 얼마나 농도의 정확도를 유지해야 하는 시약인지를 판단해야 한다(18). 정밀해야 하는 시약은 노력을 기울여 정확하게 해야 하고, 그렇지 않은 경우에 조금 느슨하게 하더라도 실험 결과에는 영향을 주지 않는 경우도 있다. 모든 경우에 최선을 다하면 좋겠지만 시간과 자신의 주의력은 총량이 정해진 재화이기 때문에 적절하게 분배해서 사용해야 한다. Volumetric flask는 정확하게 부피를 잴 수 있지만 옮기는 과정이 불편할 수 있다. 작은 용량의 volumetric flask는 귀엽기는 하지만 통로가 좁아 용액을 넣기가 쉽지 않다. 50 mL, 10 mL, 5 mL 정도의 애매한 양의 부피를 재는 경우에 volumetric flask보다 작은 매스 실린더를 이용할 수도 있지만 이를 세척하고 보관하는 것이 쉽지 않다(깨끗이 씻기 어려운 점이 많고 파손이 잘된다). 때문에 이 정도 볼륨은 일명 팔콘 튜브로 불리는 코니컬

튜브를 활용하여 측정할 수 있다(22). 정확한 방법은 물론 아니지만 연구실에서 간편하게 많이 사용하는 방법이다. 1 mL 이하라면 micropipet을 사용하면 되고, 이 경우에는 fill up을 하는 것은 거의 어렵기 때문에 용매의 부피=용액의 부피라 가정하고 농도를 계산해야 한다. 물론 분석을 하거나 농도에 매우 민감한 실험이라면 부피를 100 mL 이상 키워서 정확히 농도를 맞춰야 하지만, 생명과학을 연구하는 실험실에서 특정 시약은 매우 비싸 부피를 늘려 많이 만들 수 없는 것들이 많다. 이런 경우 농도가 아주 정확하지는 않더라도 지금 할 수 있는 최선의 방법으로 정확하게 만들었다는 데 의의를 두고 실험을 진행해야 한다(18).

5. Mixing

실험을 할 때 특히 생물 관련 실험을 할 때 가장 중요한 것은 균질화(homogenization)이다. 보통의 실험이 여러 구성요소를 섞고, 거기에서 오는 반응을 보는 것이다(17). 익숙하지 않거나 부주의한 경우 제대로 섞이지 않아서 실험이 제대로 되지 않는 경우가 많다. 프로토콜대로 실험을 하는데 결과가 나오지 않는 학생들을 관찰해 보면 잘 섞어주지 않고, 실험을 진행하여 생기는 경우가 많다. 먼저 물질을 섞을 때 가장 기초적으로 해주는 것은 피펫팅이다. 피펫 팁을 넣어서 여러 번 뽑았다 넣기를 반복하여 섞어주는 것이다(22). 이 경우 매 샘플마다 팁을 바꿔 줘야 하는 번거로움과 팁이 소모되는 단점이 있지만, 소량 샘플을 가장 잘 섞어 줄 수 있는 방법이다. 또 다른 방법은 Voltex 믹서로 섞어주고 centrifuge로 down을 시키는 것이다. 한꺼번에 진행할 수 있고, 완벽하게 섞을 수 있는 방법이다(18). 하지만 때때로 튜브의 뚜껑이 완벽하게 닫기지 않는 경우에 내용물이 새는 경우도 있으니, 이 방법을 사용하려면 반드시 뚜껑을 완벽하게 닫아야 한다.

양이 많아지거나 쉽게 균질화가 되지 않는 경우에는 전문 homogenizer를 사용하거나, 마그네틱 바를 이용하여 회전을 오랫동안 시켜서 섞어 주어야 한다. 마그네틱 바를 사용하는 경우, 마그네틱 바를 회전할 수 있는 마그네틱 교반기를 이용해야 한다(22). 마그네틱 교반기는 가열기능이 있는 경우와 없는 경우가 있고, 비슷한 모양의 기기인데 마그네틱 교반 기능은 없고 가열기능만 있는 기기도 있다(18). 가열을 동시에 해야 하는 경우는 같이 되는 기구를 써야 할 것이고, 가열하지 않아도 되는 경우에는 가열 기능은 신경 쓸 필요가 없다. 하지만 때때로 가열하면 안 되는 시약을 만들 때 실수로 가열 기능을 같이 작동시켜서 시약을 사용할 수 없게 만드는 경우도 종종 있으니, 온도 조절부를 잘 확인해야 한다. 마그네틱 바를 잘 회전시키고 마그네틱 바가 중심을 못 잡을

때는 교반기를 끄면 가운데로 와서 붙고 다시 켜면 잘 돌아간다. 마그네틱 바를 돌릴 때 먼지가 들어가지 않게 뚜껑을 덮거나 비닐 랩을 씌워 놓는 것도 좋다(17).

III. 결 론

많은 일에서 완급조절이 필요하다. 모든 일을 최대한 노력을 넣는다면 그만큼 기회비용이 클 수밖에 없다(24). 실험을 할 때 주의력과 체력이 보통 한정된 재화이기 때문에, 중요한 곳에 힘을 주고, 상대적으로 덜 중요한 곳에는 힘을 빼야 좋은 결과를 많이 낼 수 있다. 좋은 결과를 많이 내야 실력 있는 과학자라 할 수 있겠다(13). 이를 위해서는 실험의 원리를 정확하게 파악하여 어디에 힘을 줘야 하고, 어디에는 힘을 빼야 하는지를 알아야 한다. 과거에는 이런 정보들을 연구실 선배들이나 지도 교수에게 받을 수밖에 없었다(13). 하지만 지금은 유튜브를 비롯한 많은 정보 사이트에서 많은 정보를 쉽게 알려준다(25). 어떤 일을 하기 전에 남들은 어떻게 하고 있는지를 검색해서 ‘왜 저러고 있을까?’, ‘이유는 무엇일까?’ 를 고민해 보고, 자신의 실험을 진행한다면 시행착오를 많이 줄일 수 있다(2).

참고문헌

1. Kim JE. (2021) Be biologist: Basic knowledge for biologist which no one told 1. J Biotechnol Bioind. 9, 37~44.
2. 임영란. (2011) 즐거운 연구생활. BT News. 18, 68~9.
3. 엄태웅, 최윤섭, 권창현. (2019) 대학원생 때 알았다더라면 좋았을 것들. 클라우드 나인.
4. Phillips E, Pugh D. (2015) How to Get a PhD: A Handbook for Students and their Supervisors. McGraw-Hill Education (UK).
5. 이인재. (2013) 연재 8. 멘토링과 실험실 문화. Kor J Aesthet Cosmetol. 11, 821~6.
6. 홍영호. (2014) 생활 및 실험실 안전관리에 대한 대학생의 인지도 조사. 한국화재소방학회 논문지. 28, 89~96.
7. Havstad JC. (2020) Forty years after laboratory life. Philosophy, Theory, and Practice in Biology. 12, 003.
8. Kim JI. (2009) 실험실 대상으로 한 정량적 위험성평가 기법. The Safety Technol. 138, 6~11.
9. Haider SI. (2010) Cleaning Validation Manual: A Com-

- prehensive Guide for the Pharmaceutical and Biotechnology Industries. CRC Press.
10. Brunkow R, Delucia D, Haft S, et al. (2018) *Cleaning and Cleaning Validation: A Biotechnology Perspective*. Routledge.
 11. Jo HS, Kim SW, editors. (2002) 대학생 소비자의 교내 일회용품 사용행동에 관한 연구. *Proceedings of the KHMA Conference*. Korean Home Management Association.
 12. 정진영, 이희란. (2019) 일회용품 사용 규제 정책이 환경보호에 대한 대학생의 의식수준에 미치는 영향 연구. *한국생활과학회 학술대회논문집*. 64.
 13. 장용근. (2015) 나의 과거 30년과 현재 그리고 꿈 어떤 생각을 해 왔으며, 하고 있고, 앞으로는? *BT NEWS*. 22, 48~51.
 14. 정종신, 정연훈, 정승우. (2013) 세계세척 후 용기재질과 행균시간에 따른 계면활성제 잔류량 변화. *대한환경공학회지*. 35, 978~81.
 15. 김민선, 양지웅, 연구진. (2016) 이공계 여성 대학원생의 진로선택과 대학원 경험에 관한 질적 연구. *한국심리학회지: 상담 및 심리치료*. 28, 191~216.
 16. Miller DD, Yeung C. (2022) *Food Chemistry: A Laboratory Manual*. John Wiley & Sons.
 17. Seidman LA, Kraus ME, Brandner DL, Mowery J. (2022) *Laboratory Manual for Biotechnology and Laboratory Science: The Basics*. CRC Press.
 18. 노봉수, 김석중, 이광근, 이재환. (2020) 식품분석학(실무를 위한). 수학사.
 19. 박희제. (2010) 대학원생들의 실험실 경험과 과학자 되기: 암묵지와 과학자사회 규범의 전수. *담론* 201. 13, 65~91.
 20. 김현주. (2006) 대학원 생활을 돌아보며. *대한생화학분자생물학회소식*. 13, 76~7.
 21. 홍성욱, 장하원. (2010) 실험실과 창의성: 책임자와 실험실 문화의 역할을 중심으로. *과학기술학연구*. 10, 27~71.
 22. Hale WJ. (2018) *A Laboratory Manual of General Chemistry*. HardPress.
 23. Welsh CT. (2019) *Microbiology: A Laboratory Manual*. Pearson.
 24. 황태연, 이창언, 오수길. (2021) 디지털 전환 시대의 사회적 갈등 조정과 관리 방안. *한국비교정부학보*. 25, 173~98.
 25. 박상희, 황나래, 박진선, et al. (2020) 생명과학 학습에서의 사고발성 방법을 통한 자기조절의 단계 규명. *생물교육*. 48, 535~45.

Received Nov. 10, 2022, Revised Dec. 7, 2022, Accepted Dec. 14, 2022