

펜들(Pendle)

해당 번역본은 이용자가 디지털자산 관련 정보를 편리하게 확인할 수 있도록
단순 참고용으로 번역된 것이며, 투자 권유를 목적으로 하지 않습니다.
그 내용이 정확하지 않을 수 있으므로 정확한 정보 습득을 위해서는
원문을 참고하시거나 원문 작성 주체 측에 문의하시기 바랍니다.
두나무는 해당 번역본 내용의 진실성 및 정확성을 보장하지 않고,
제공된 정보에 의한 투자 결과에 대하여 어떠한 책임도 지지 않으며,
투자 손실은 투자자에게 귀속됩니다.

펜들(Pendle) 소개

Aave에서 1,000 USDC를 대출하면 얼마나 수익을 얻을 수 있을까? 1%? 3%? 5%?

사실 정확히 알 수는 없다. 수익률은 토큰 가격과 마찬가지로 변동한다. 강세장에서는 상승하는 경향이 있고, 약세장에서는 하락하는 경향이 있으며, 이러한 일반적인 시장 흐름 속에서도 변동성을 일으키는 미시적 요인들이 존재한다.

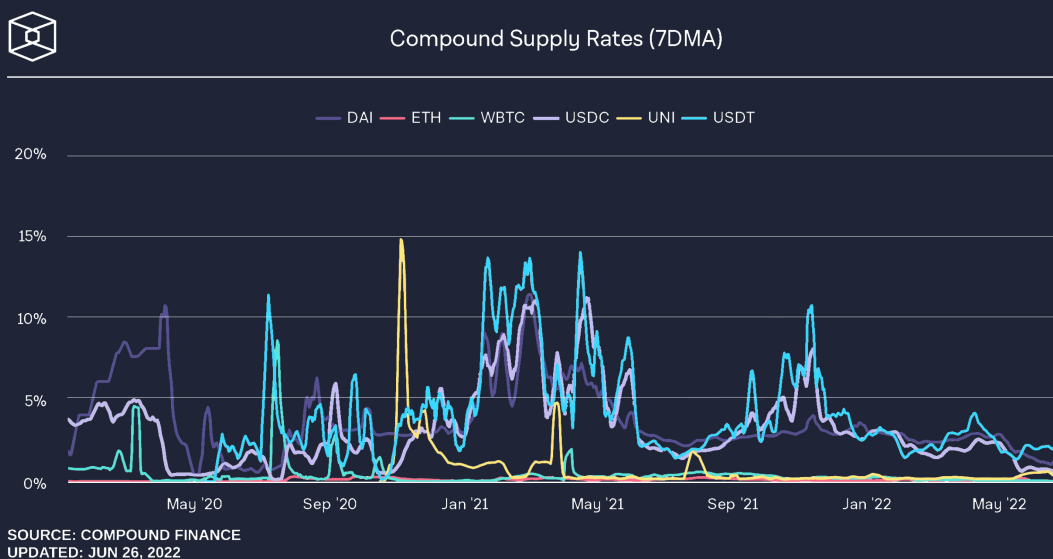


그림: Compound의 과거 수익률, 데이터 출처 The Block Crypto.

Pendle을 사용하면 언제나 수익을 극대화할 수 있다. 강세장에서는 수익 노출을 확대하고, 약세장에서는 수익 하락에 대비해 헤지할 수 있다.

펜들은 무엇을 하나?

우리는 사용자에게 그들의 수익에 대한 통제권을 준다.

Pendle은 사용자가 다양한 수익 관리 전략을 실행할 수 있는 퍼미션리스 수익 거래 프로토콜이다.

Pendle을 완전히 이해하기 위해서는 3가지 주요 부분이 있다:

1. 수익 토큰화 (Yield Tokenization)

먼저, Pendle은 **수익 발생 토큰(yield-bearing tokens)**을 **SY**(표준화된 수익 토큰)으로 감싼다. SY는 Pendle AMM과 호환되는 수익 발생 토큰의 래핑된 버전이다 (예: stETH → SY-stETH). 이후 SY는 원금과 수익 구성 요소로 분리되며, 각각 **PT**(원금 토큰)과 **YT**(수익 토큰)이라 불린다. 이 과정은 수익 토큰화(yield-tokenization)라 하며, 수익이 별도의 토큰으로 토큰화된다.

2. Pendle AMM

PT와 **YT**는 Pendle의 **AMM**을 통해 거래될 수 있다. 이것이 Pendle의 핵심 엔진이지만, PT와 YT를 거래하기 위해 AMM을 반드시 이해할 필요는 없다.

3. vePENDLE

수익 파생상품 프로토콜로서 우리는 전통 금융(TradFi) 이자 파생상품 시장(명목가치 400조 달러 이상)을 DeFi로 가져와 모든 이들이 접근할 수 있도록 한다.

DeFi에서 수익 시장을 창출함으로써 Pendle은 수익의 잠재력을 완전히 열어주며, 사용자가 고급 수익 전략을 실행할 수 있게 한다. 예를 들면:

- 고정 수익 (예: stETH에서 고정 수익을 얻기)
- 롱 수익 (예: 더 많은 수익을 구매하여 stETH 수익 상승에 베팅하기)
- 추가적인 위험 없이 더 많은 수익 얻기 (예: stETH로 유동성을 제공하기)
- 위 전략들을 혼합한 방식, 이러한 전략을 실행하는 방법은 Pendle Academy에서 더 알아보기

FAQ

일반

만기일은 무엇을 의미하나?

각 PT와 YT에는 만기일이 있다. PT의 경우, 이 날짜 이후에는 전체 기초 수익 발생 토큰을 상환할 수 있다. YT의 경우, 기초 수익 발생 토큰의 수익은 만기일까지 누적되며, 그 이후에는 YT는 가치가 없다.

에포크(epoch)이란 무엇인가?

Pendle에서 에포크는 정확히 일주일이다. 각 에포크는 목요일 00:00 UTC에 시작하여 수요일 23:59 UTC에 끝난다.

vePENDLE 투표의 스냅샷은 매 에포크마다 찍힌다.

Pendle에 표시되는 기초 APY가 기초 프로토콜에 표시되는 APY와 다른 이유는 무엇인가?

Pendle에 표시되는 기초 APY는 기초 프로토콜의 7일 평균값이다 (GLP와 같은 일부 자산은 예외). 이는 기초 프로토콜 APY의 단기 변동을 완화하기 위함이다.

유동성 공급

유동성을 제공하면 무엇을 받나?

- 풀에서 발생하는 스왑 수수료
- PENDLE 인센티브
- 기초 자산에서 발생하는 프로토콜 인센티브 (예: \$COMP, \$AAVE)

보상을 받으려면 LP를 스테이킹해야 하나?

아니오, LP 토큰을 스테이킹할 필요는 없다. 모든 LP 토큰 보유자는 보상에서 자신의 공정한 몫을 받는다.

vePENDLE

vePENDLE이란 무엇인가?

vePENDLE은 Pendle의 거버넌스 시스템이다.

vePENDLE은 어떻게 작동하나?

PENDLE을 잠가 vePENDLE을 얻는다. 잠금 기간이 길수록 vePENDLE 가치가 크다. vePENDLE 가치는 시간이 지남에 따라 감소하지만, 잠금 기간을 연장하여 이 감소를 상쇄할 수 있다.

vePENDLE을 사용해 PENDLE 인센티브의 흐름을 조정할 수 있다. 원하는 풀에 투표해 유동성을 유도한다. vePENDLE을 더 많이 가질수록 더 큰 투표 권한을 가진다. 풀에 투표하면 해당 풀에서 발생한 스왑 수수료의 80%를 받을 수 있다. 이 APY는 투표를 하기 전에 "Voter APY"로 표시된다.

vePENDLE 보유자는 또한 스왑 수수료와 YT 수수료에서 발생한 프로토콜 수익의 일부를 받는다.

내 PENDLE은 언제 잠금 해제되나?

PENDLE은 최대 2년 동안 vePENDLE로 잠글 수 있다. 한 지갑은 하나의 잠금 해제 날짜와 연결된다. 잠금 기간을 연장하거나 더 많은 PENDLE을 잠그면 지갑 내 전체 vePENDLE 잔액의 잠금 해제 날짜가 변경된다.

이더리움과 다른 체인 간 차이가 있나?

vePENDLE은 오직 이더리움 블록체인에만 존재한다. 이는 PENDLE 잠금과 투표는 이더리움에서만 가능하다는 의미다. 그러나 다른 체인의 풀에 대해서도 투표할 수 있다. 따라서 투표를 통해 인센티브를 다른 블록체인으로 전달할 수 있지만, 투표 자체는 이더리움에서만 이루어진다.

보안

Pendle은 감사되었나?

Pendle 코드베이스는 신뢰할 수 있는 감사인들에 의해 철저히 감사되었으며, 모든 결함이 해결되었다. 감사 보고서는 [여기](#)에서 확인할 수 있다. 그럼에도 불구하고 사용자는 주의를 기울이고 신중하게 자금을 운용해야 한다.

프로토콜 사용과 관련된 위험은 무엇이 있나?

Pendle은 서드파티 프로토콜 및 컨트랙트와 상호작용하기 때문에, 서드파티 프로토콜에서 배포된 스마트 컨트랙트와 시스템에는 본질적인 위험이 존재한다. Pendle은 서드파티 컨트랙트의 취약점으로 인해 발생한 자금 손실에 대해 책임지지 않는다.

프로토콜 메커니즘

(1) 용어집

수익 발생 토큰 (Yield-Bearing Token)

수익 발생 토큰은 수익을 창출하는 모든 토큰을 지칭하는 포괄적 용어다. 예시로는 stETH, GLP, gDAI 또는 Aura rETH-WETH와 같은 유동성 토큰까지 포함된다.

회계 자산 (Accounting Asset)

수익 발생 토큰이 가치 상승을 기록하는 기준 자산이다. 각 마켓 이름 끝의 괄호 안에 표시된다.

SY = 표준화된 수익 (Standardized Yield)

SY는 Pendle 팀이 작성한 토큰 표준([EIP-5115](#))으로, 모든 수익 발생 토큰을 래핑하고 해당 토큰의 수익 생성 메커니즘과 상호작용하기 위한 표준화된 인터페이스를 제공한다. SY는 순수한 기술적 구성 요소이며, 사용자가 직접적으로 SY와 상호작용하지는 않는다.

PT = 원금 토큰 (Principal Token)

PT는 기초 수익 발생 토큰의 원금에 대한 권리를 부여하며, 만기 이후 상환할 수 있다. 예를 들어 1년 만기의 1 PT-wstETH(stETH)를 보유하고 있다면, 1년 후 1 stETH를 상환받을 수 있다.

PT는 만기 이전이라도 언제든지 거래할 수 있다.

YT = 수익 토큰 (Yield Token)

YT는 기초 수익 발생 토큰에서 발생하는 모든 수익에 대한 권리를 실시간으로 부여하며, 누적된 수익은 *언제든* Pendle 대시보드에서 수동으로 청구할 수 있다.

예를 들어 1 YT-wstETH(stETH)를 보유하고 있고, stETH의 연평균 수익률이 5%라면, 연말까지 0.05 stETH가 누적된다.

YT는 만기 이전이라도 언제든지 거래할 수 있다.

만기 (Maturity)

만기란 PT가 기초 자산으로 전액 상환 가능해지고, YT가 수익을 더 이상 누적하지 않는 날짜를 의미한다. 하나의 자산은 여러 만기일을 가질 수 있으며, 각 만기일마다 독립적인 마켓이 존재한다. 따라서 자산의 내재 수익률은 서로 다른 만기일에 따라 다르게 나타날 수 있다.

기초 APY (Underlying APY)

기초 APY는 기초 자산의 7일 이동평균 수익률을 나타낸다. 이러한 접근 방식은 일정 기간 동안의 기초 수익을 더 정확하게 보여주며, 트레이더가 향후 평균 기초 APY(Future Average Underlying APY)를 더 잘 추정하는 데 도움을 준다.

내재 APY (Implied APY)

내재 APY는 자산의 미래 APY에 대한 시장의 합의다. 이 값은 YT 가격과 PT 가격의 비율을 기반으로 계산되며, 공식은 아래와 같다.

기초 APY와 함께 사용할 경우, 내재 APY는 YT와 PT 같은 자산의 현재 가격에 대한 상대적 가치를 산출하는 데 사용될 수 있으며, 트레이더가 거래 전략을 결정하는 데 도움을 준다.

내재 수익률(Implied Yield)의 값은 수치적으로 고정 수익 APY(Fixed Yield APY)와 동일하다.

$$\text{Implied APY} = \left[\left(1 + \frac{\text{YT Price}}{\text{PT Price}} \right)^{\frac{365}{\text{Days to expiry}}} \right] - 1$$

고정 APY (Fixed APY)

고정 APY는 PT를 보유함으로써 보장받을 수 있는 수익률이다. 이 값은 내재 APY와 수치적으로 동일하다.

롱 수익 APY (Long Yield APY)

롱 수익 APY는 기초 APY가 현재 값에서 일정하게 유지된다고 가정할 때, 현재 가격으로 YT를 매수했을 경우의 예상 연간 수익률이다.

이 값은 음수가 될 수 있으며, 이는 기초 APY를 기준으로 한 모든 미래 수익의 총합이 YT 구매 비용보다 적다는 것을 의미한다.

환율 (Exchange Rate)

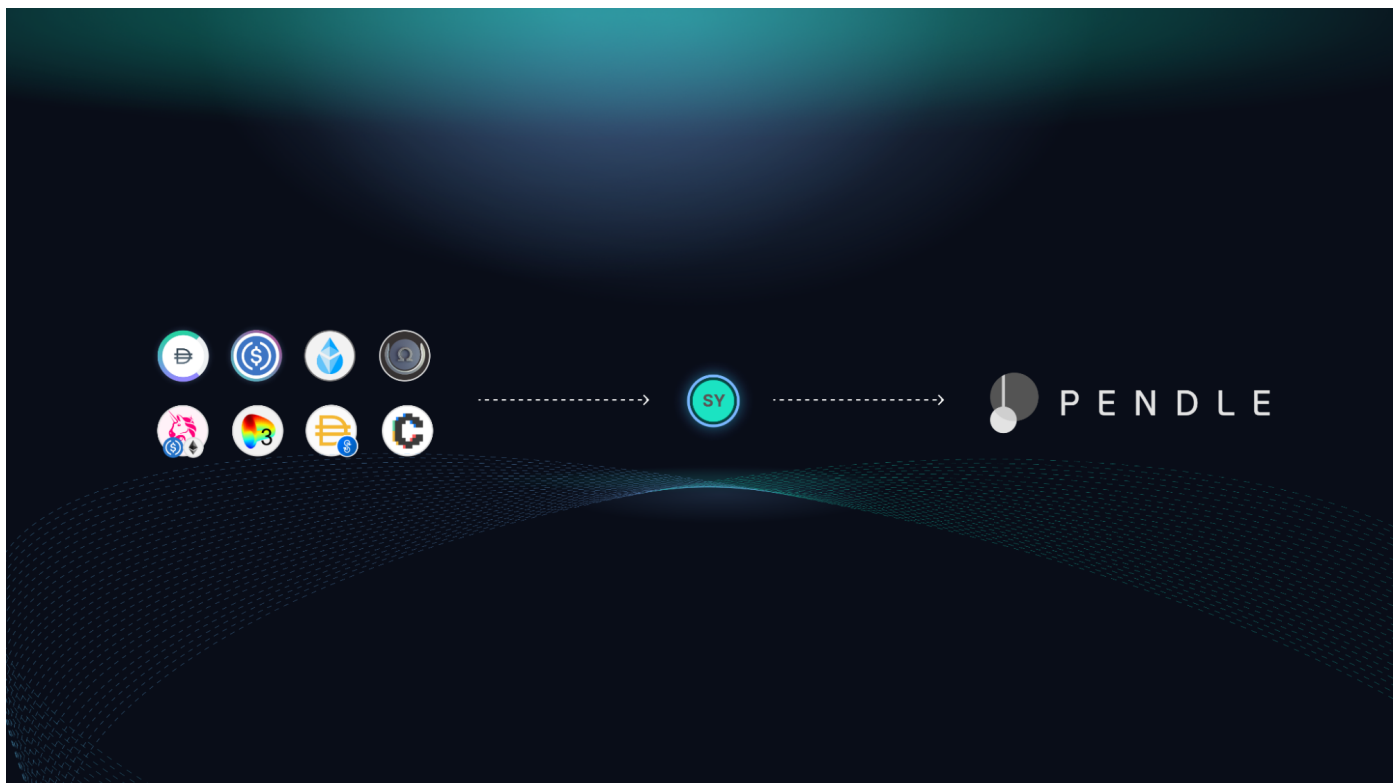
이자 발생 토큰과 그 회계 자산 간의 교환 비율을 의미한다.

워터마크 환율 (Watermark Rate)

IBT와 그 회계 자산 간의 기록된 최고 환율이다. 환율이 이 수준 아래로 떨어지면, PT는 만기에 실제 가치보다 낮게 상환되며 YT는 수익을 더 이상 얻지 못한다.

(2) 수익 토큰화 (Yield Tokenization)

1) SY



SY는 스마트 컨트랙트 내에서 수익 발생 토큰을 래핑한 토큰에 대해 표준화된 API를 구현하는 토큰 표준이다. 모든 수익 발생 토큰은 SY로 래핑될 수 있으며, 이를 통해 공통 인터페이스를 제공받아 그 위에 구축할 수 있다. SY는 DeFi의 모든 수익 발생 토큰에 대해 Pendle의 수익 토큰화 메커니즘을 열어주며, 퍼미션리스 생태계를 만든다.

예를 들어, stETH, cDAI, yyUSDC는 각각 SY-stETH, SY-cDAI, SY-yyUSDC로 래핑될 수 있으며, 이들의 수익 생성 메커니즘이 표준화되어 Pendle에서 지원된다.

모든 SY가 동일한 메커니즘을 가지므로, Pendle은 모든 수익 발생 토큰에 대한 주요 인터페이스로 SY와 상호작용한다. PT와 YT는 SY에서 발행되며, Pendle AMM 풀은 PT와 SY 간의 거래를 수행한다.

이는 다소 복잡해 보일 수 있지만, Pendle은 수익 발생 토큰을 자동으로 SY로 변환하고 그 반대도 수행한다. 이 과정은 백엔드에서 자동으로 이루어지므로 사용자는 직접 SY와 수익 발생 토큰 간 변환을 처리하지 않고도, 마치 자신의 수익 발생 토큰과 직접 상호작용하는 것처럼 느낄 수 있다.

이 표준은 Pendle에 이점을 주지만, 우리의 SY에 대한 비전은 단순히 우리 프로토콜을 넘어서 확장된다. SY는 DeFi 전반에서 전례 없는 컴포저빌리티(composability)를 창출하는 것을 목표로 하며, 개발자가 수동 통합 없이 기존 컨트랙트 위에 원활하게 구축할 수 있도록 한다.

SY Unwrapper

The screenshot displays the Pendle Markets interface. At the top, there's a navigation bar with links to Learn, Market, Pools, Dashboard, and vePENDLE. A 'Connect Wallet' button is on the right. Below the navigation bar, the 'Markets' section is active, showing a search bar and a list of SY tokens. The tokens listed are wstETH-WETH (Aura), rETH-WETH (Aura), ankrETH-WETH (Aura), stETH (Lido), and sAPE (ApeCoin). Each token listing shows its maturity date, underlying APY, and price. For example, wstETH-WETH has a maturity of 27 Jun 2024 (460 days), an underlying APY of 5.15%, and a price of \$1,870.66. The interface also includes a sidebar with links to Sy Unwrapper, Docs, V1 App, APE Auto-compounder, and Analytics, along with social media icons and a Privacy Policy link.

Token	Maturity	Underlying APY	Price	Implied APY
wstETH-WETH (Aura)	27 Jun 2024 (460 days)	5.15%	\$1,870.66	5.02%
rETH-WETH (Aura)	28 Dec 2023 (278 days)	6.37%	\$1,856.63	6.21%
ankrETH-WETH (Aura)	28 Mar 2024 (369 days)	17.5%	\$1,800.34	7.61%
stETH (Lido)	-	-	-	-
sAPE (ApeCoin)	-	-	-	-

SY Unwrapper는 Pendle 앱 우측 상단 드롭다운 메뉴에서 찾을 수 있으며, 사용자가 SY 토큰을 기초 수익 발생 자산으로 다시 변환하거나 그 반대로 변환할 수 있게 한다.

SY Unwrapper

Convert SY tokens back into their corresponding underlying assets with Pendle SY Unwrapper, vice versa.

Unwrap

Wrap

Input

Balance: 0

 **FRAX-USDC**  

Convex

Max



Output

 **FRAX-USDC** 

Curve

0

Rate

Slippage

0 FRAX-USDC = 0 FRAX-USDC 

0.5%

Connect Wallet

Step 1: “Unwrap” 또는 “Wrap” 모드를 선택한다.

Step 2: Unwrap / Wrap 할 입력 자산을 선택한다.

Step 3: 환율과 결과 출력을 확인한다.

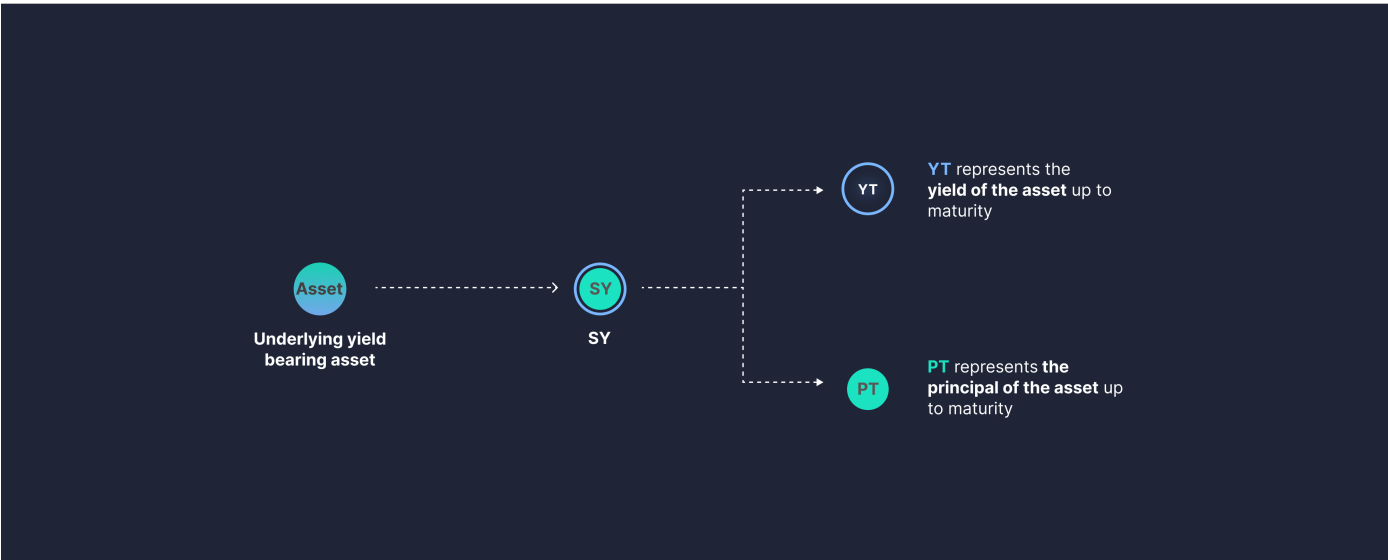
Step 4: 거래를 확인하고 승인한다.

2) 발행 (Minting)

사용자가 자금을 수익 소스(yield-source)에 예치하면 수익 발생 자산을 받는다. 예를 들어, Compound에 DAI를 스테이킹하면 cDAI로 표시되고, Lido에 ETH를 스테이킹하면 stETH로 표시된다.

cDAI와 stETH는 수익 발생 자산의 예시다.

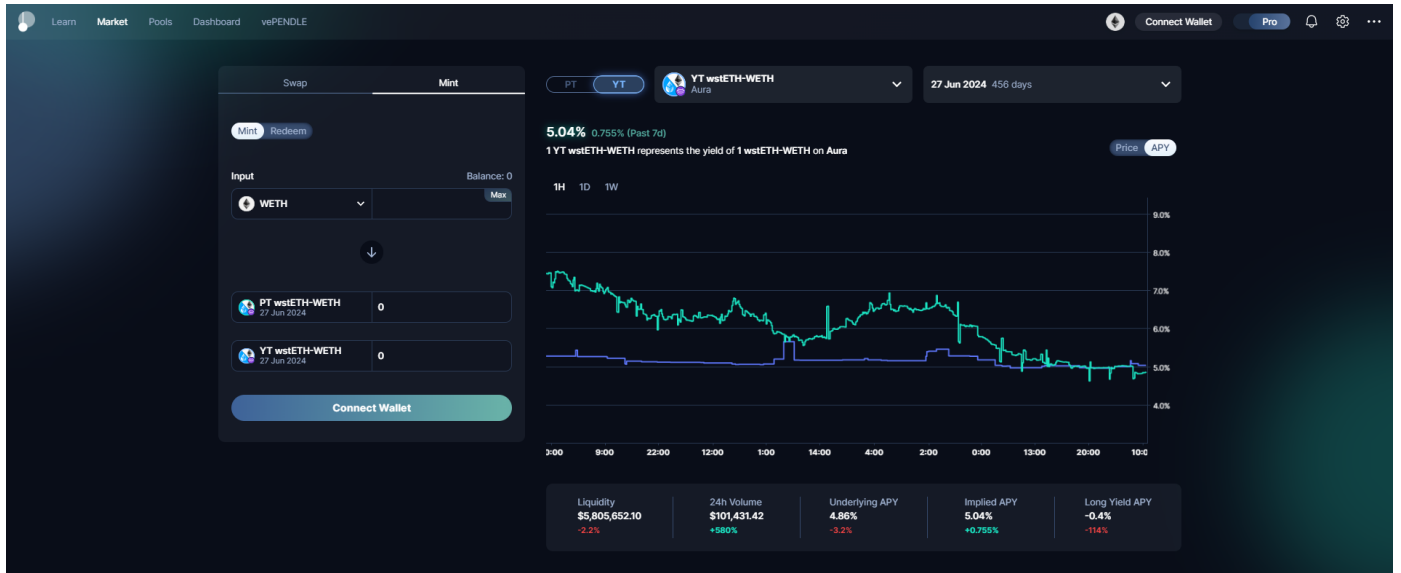
Pendle에서 수익 발생 자산은 두 가지 구성 요소로 분리된다: 원금 토큰(PT)과 수익 토큰(YT). PT는 기초 수익 발생 토큰의 원금을 나타내며, YT는 해당 자산의 모든 수익에 대한 권리를 나타낸다. YT와 PT는 Pendle에서 거래될 수 있다.



Pendle이 하는 일은 전통 금융에서 채권 스트리핑(bond stripping)과 유사하다. 채권의 원금과 이자가 분리되는 것처럼, PT는 제로쿠폰 채권(zero-coupon bonds)에 해당하고, YT는 분리된 쿠폰 지급에 해당한다.

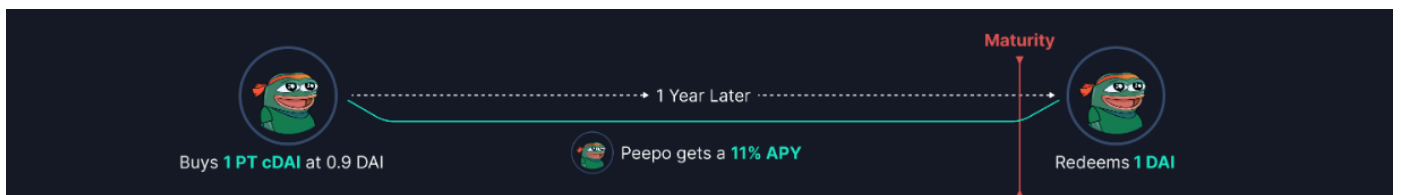
사용자는 수익 발생 자산(예: stETH)을 Pendle에 예치함으로써 PT와 YT를 발행할 수 있다. 기초 자산(예: ETH)은 PT와 YT가 발행되기 전에 자동으로 수익 발생 자산으로 변환된다.

예: $ETH \rightarrow stETH \rightarrow SY-stETH \rightarrow PT-stETH + YT-stETH$. 이 기능은 Pendle 앱에서 자산 중 하나를 선택한 후 사용할 수 있다.



3) PT

원금 토큰(Principal Token, PT)은 기초 수익 발생 자산의 원금 부분을 나타낸다. 만기 시, PT는 PT 이름 끝 괄호에 표시된 회계 자산과 1:1 비율로 상환될 수 있다. 이는 Lido, Renzo, Aave와 같은 기초 프로토콜에 예치된 기본 원금 자산이다 (예: stETH의 경우 stETH, ezETH의 경우 ETH, aUSDC의 경우 USDC).



PT는 그 수익 구성 요소가 분리되었기 때문에, 회계 자산에 비해 할인된 가격으로 획득할 수 있다. 스왑이 없다고 가정하면, PT의 가치는 만기에 상환이 가능해짐에 따라 회계 자산의 가치에 수렴하고 결국 동일해진다.

이 가치 상승이 바로 고정 수익 APY(Fixed Yield APY)를 형성한다.

상환 가치 (Redemption Value)

일반적으로 수익 발생 자산은 크게 두 가지로 구분할 수 있다:

1. 리베이싱 자산 (Rebasing assets) – 수익이 누적됨에 따라 시간이 지남에 따라 토큰 수량이 증가하는 자산
예시: stETH, aUSDC
2. 이자 발생 자산 (Interest-bearing assets) – 수익이 누적됨에 따라 시간이 지남에 따라 가치가 증가하는 자산
예시: ezETH, wstETH



보상 발생 자산(reward-bearing assets)의 경우 특히 중요한 점은, PT는 **기초 자산(underlying asset)**이 아니라 회계 자산에 대해 1:1로 상환된다는 것이다.

예를 들어, Renzo ezETH의 가치는 스테이킹 및 리스테이킹 보상이 누적됨에 따라 시간이 지남에 따라 ETH 대비 증가한다. 그러나 1 PT-ezETH를 보유하고 있을 경우, 만기 시 상환되는 것은 1 ezETH가 아니라 **1 ETH 상당의 ezETH**다. ezETH 자체는 더 높은 가치를 갖고 있다.

회계 자산을 식별하려면 마켓 이름의 괄호 안 자산을 참조하면 된다 (예: PT-ezETH (ETH)는 1 PT가 1 ETH 상당의 ezETH로 상환됨을 의미한다).

또한 Pendle 앱의 개별 자산 페이지에서 PT의 상환 가치를 직접 확인할 수도 있다.

PT 상환 방법

만기 시 PT를 상환하려면:

1. Pendle Markets에 방문하여 대시보드로 이동한다.
2. 상환하고자 하는 포지션을 선택한다.
3. 출력 자산을 선택한다. Pendle은 필요할 경우 자동으로 상환(Redemption) → 스왑(Swap)을 수행해준다.

4) YT

수익 토큰(Yield Token, YT)은 기초 수익 발생 자산의 수익 부분을 나타낸다.

YT를 보유하면, 만기까지 기초 자산에서 발생하는 수익이 사용자에게 스트리밍된다. 이러한 수익 발생 비율은 Pendle 앱에서 “기초 APY(Underlying APY)”로 표시된다.

예를 들어, 10 YT-wstETH(stETH)를 매수해 5일간 보유하면, 해당 기간 동안 10 stETH에 해당하는 모든 수익을 받을 수 있다.

YT의 가치는 만기가 가까워질수록(조건 동일 시) \$0으로 수렴하며, 만기 시 \$0이 된다. 사용자는 그 시점까지 누적된 총 수익이 YT 매수 비용보다 높을 때 이익을 얻는다.

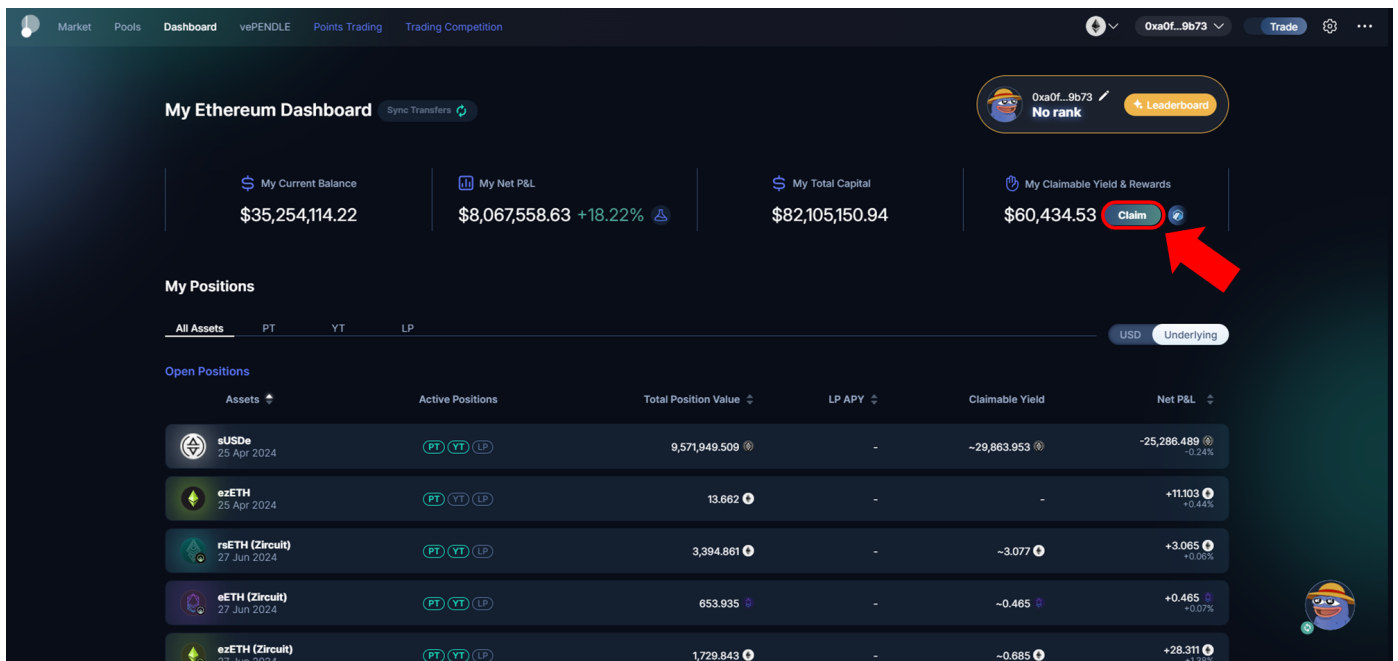
내재 APY(Implied APY)는 시장이 YT에 책정하는 “비율”로 생각할 수 있다. 평균 기초 APY가 사용자가 지불한 내재 APY보다 높게 끝나면, 이익을 얻게 된다.

따라서 YT 매수는 자산의 “수익에 롱 포지션을 취하는 것”으로 간주할 수 있다.

Pendle에서 수익 거래(yield trading)에 대해 더 알아보려면 여기에서 확인할 수 있다.

참고: YT 수익은 SY로 분배되며, SY Unwrapper를 사용해 SY를 다시 기초 자산으로 변환할 수 있다.

YT 수익 청구 (Claiming YT Yield)



사용자는 Pendle 대시보드에서 만기 이전이라도 언제든지 YT(및 LP) 수익과 보상을 청구할 수 있다.

YT는 만기 시 \$0이 되므로, 수익 청구 이외에는 추가적인 조치가 필요하지 않다.

(3) 유동성 엔진 (Liquidity Engines)

1) AMM

Pendle의 V2 AMM은 수익 거래를 위해 특별히 설계되었으며, PT와 YT의 특성을 활용한다.

이 AMM 모델은 Notional Finance의 AMM에서 차용되었다. AMM 곡선은 시간이 지남에 따라 누적되는 수익을 반영하도록 조정되며, PT가 만기에 가까워질수록 PT의 가격 범위를 좁힌다. 유동성을 좁고 의미 있는 범위에 집중시킴으로써, PT가 만기에 가까워질수록 수익 거래의 자본 효율성이 향상된다.

또한 단일 유동성 풀만으로 PT와 YT 스왑을 모두 지원할 수 있는 의사(擬似) AMM을 구현했다. PT/SY 풀이 있으면, PT는 SY와 직접 거래될 수 있으며, YT 거래는 플래시 스왑(flash swaps)을 통해 가능하다.

유동성 공급자(LP)

Pendle V2의 유동성은 PT/SY(여기서 SY는 단순히 기초 수익 발생 자산의 래핑된 버전)로 구성된다. 이는 LP가 다음과 같은 수익을 얻는다는 것을 의미한다:

1. PT 고정 수익
2. 기초 수익 (SY 수익)
3. 스왑 수수료 (PT 및 YT 스왑에서 발생)
4. \$PENDLE 인센티브

스왑 (Swaps)

PT와 YT는 모두 단일 유동성 풀을 통해 Pendle에서 언제든지 거래할 수 있다. 이는 플래시 스왑이 적용된 의사 AMM을 통해 가능해진다.

Pendle V2의 유동성 풀은 PT/SY 형태로 구성된다. 예: PT-aUSDC / SY-aUSDC. PT 스왑은 풀 내 두 자산 간 단순한 교환 과정이지만, YT 스왑은 동일한 풀 내에서 플래시 스왑을 통해 활성화된다.

자동 라우팅(auto-routing)이 내장되어 있어, 누구나 주요 자산으로 PT와 YT를 거래할 수 있다.

플래시 스왑 (Flash Swaps)

플래시 스왑은 PT와 YT 간의 관계 때문에 가능하다. PT와 YT는 기초 SY로부터 발행되거나 SY로 상환될 수 있으므로, 가격 관계를 다음과 같이 표현할 수 있다:

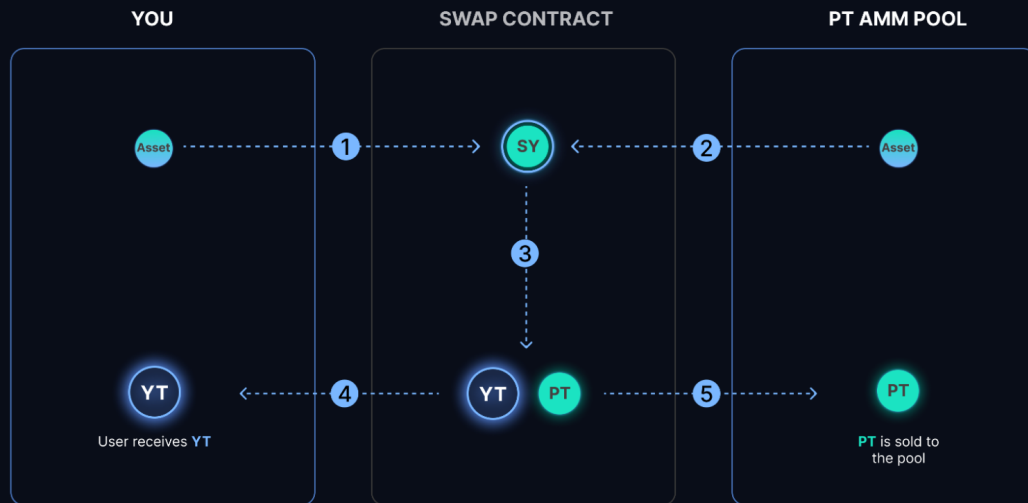
$$P(PT) + P(YT) = P(Underlying)$$

YT 가격이 PT 가격과 반비례 관계임을 알 수 있으므로, 우리는 이 가격 관계를 활용해 PT/SY 풀에서 YT 스왑을 수행한다.

YT 매수 과정:

1. 구매자가 SY를 스왑 컨트랙트로 전송한다 (주요 토큰에서 자동 라우팅됨).
2. 컨트랙트가 풀에서 더 많은 SY를 인출한다.
3. 모든 SY로 PT와 YT를 발행한다.
4. YT를 구매자에게 전송한다.
5. PT를 SY로 매도하여 2단계에서 인출한 금액을 반환한다.

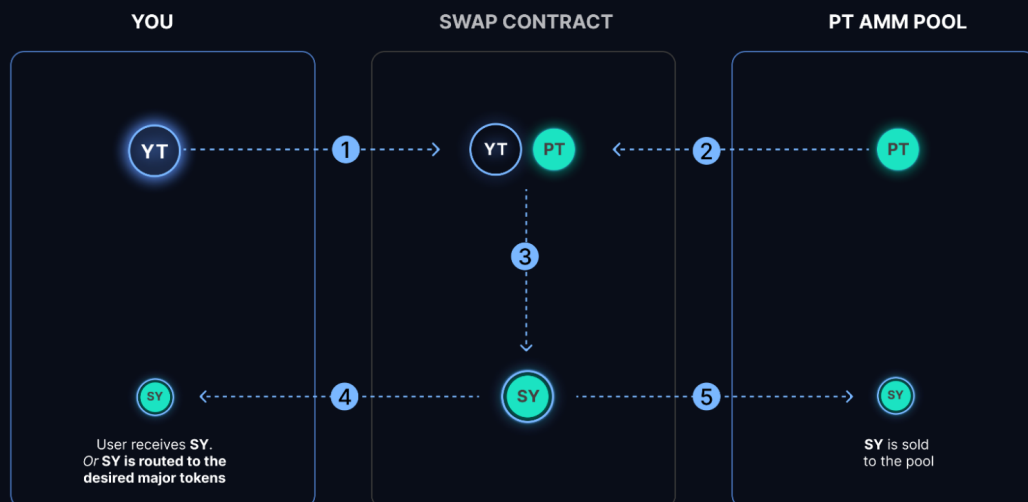
Buying YT



YT 매도 과정:

1. 판매자가 YT를 스왑 컨트랙트로 전송한다.
2. 컨트랙트가 풀에서 동일 수량의 PT를 차입한다.
3. YT와 PT를 사용해 SY를 상환한다.
4. SY가 판매자에게 전송된다 (또는 ETH, USDC, wBTC 등 주요 토큰으로 라우팅된다).
5. SY 일부를 풀에 매도하여 PT를 구입하고, 2단계에서 차입한 금액을 반환한다.

Selling YT



만기 LP (Matured LP)

만기 시, LP는 단일 거래로 Zap Out + PT 상환(기초 자산으로) + 보상 청구를 수행할 수 있다:

1. Pendle Trade에 방문하여 “Inactive” 풀 목록으로 전환한다.
2. 풀을 선택한다.
3. “Claim All Pool Rewards”를 활성화한다.
4. 출력 자산을 선택한다. Pendle은 자동으로 PT를 기초 자산으로 상환 > SY 언랩 > 스왑 수행(필요 시) 과정을 실행한다.

주요 기능 (Key Features)

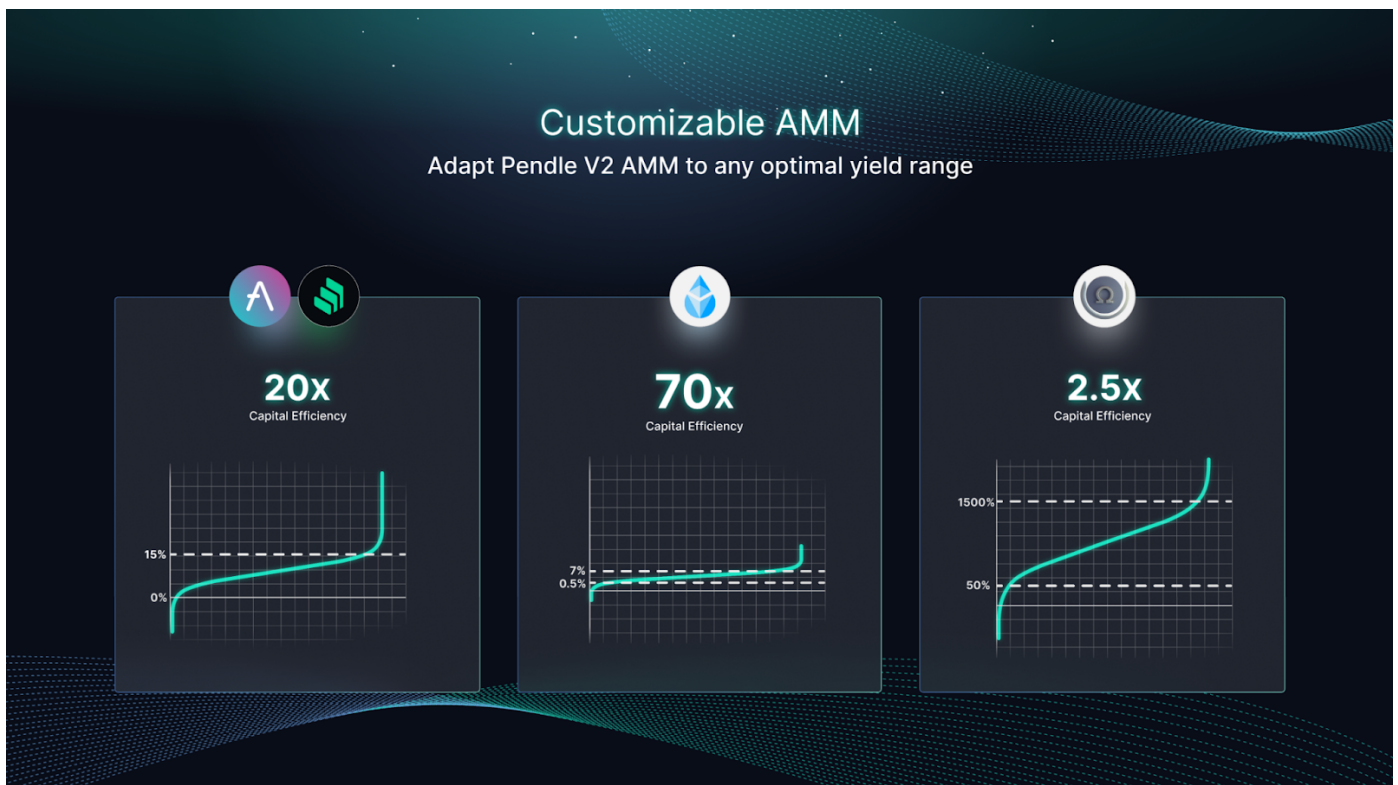
최소화된 변동 손실 (Minimal Impermanent Loss, IL)

Pendle V2 설계는 IL을 무시할 수 있을 정도로 줄이도록 보장한다. Pendle의 AMM은 시간이 지남에 따라 PT 가격이 기초 자산 가치로 수렴하는 자연스러운 상승을 반영하여 AMM 곡선을 이동시키며, 시간 의존적 IL을 완화한다 (만기 시 IL 없음).

게다가 스왑에서 발생하는 IL도 LP에 예치된 두 자산이 서로 매우 높은 상관관계를 가지기 때문에 완화된다 (예: PT-stETH / SY-stETH). 유동성이 만기까지 제공되면, LP의 포지션은 기초 자산을 완전히 보유하는 것과 동일해진다. 이는 PT가 본질적으로 기초 자산으로 수렴하기 때문이다.

대부분의 경우 만기 이전에는 PT가 특정 수익 구간 내에서 거래되며, 자산의 현물 가격만큼 크게 변동하지 않는다. 예를 들어, Aave의 USDC 대출 금리는 합리적인 기간 동안 0%~15% 사이에서 변동한다고 보는 것이 타당하며, PT도 그 수익 범위 내에서 거래된다. 이 전제는 PT 가격이 유동성 제공 시점에서 크게 벗어나지 않음을 보장하며, 언제든지 낮은 IL을 유지한다.

맞춤형 AMM (Customizable AMM)



Pendle의 AMM 곡선은 다양한 수익 변동성을 가진 토큰에 맞게 조정될 수 있다. 수익은 일반적으로 주기적이며 고점과 저점 사이를 오간다. 일반적으로 유동 자산의 수익의 최저점과 최고점은 자산의 가격보다 예측하기 훨씬 쉽다.

예를 들어, 스테이킹된 ETH의 연간 수익률은 0.5~7% 범위에서 변동할 가능성이 높다. 자산의 대략적인 수익 구간을 알면 유동성을 해당 구간 내에 집중시킬 수 있으며, 더 큰 거래 규모를 더 낮은 슬리피지로 수행할 수 있다.

그러나 풀이 설정된 수익 범위를 벗어나 거래될 경우, 유동성은 해당 방향으로 더 밀어붙이기에는 너무 얇아진다. 위의 예시에서 stETH 풀의 내재 수익률이 7%를 넘어가면, YT 매수(또는 PT 매도)가 더 이상 불가능할 수 있다.

풀의 설정된 수익 구간을 확인하려면 아래 스크린샷에 표시된 아이콘을 클릭하면 된다.



더 높은 자본 효율성 (Greater Capital Efficiency)

유동성 공급자(LP)에게

YT 거래가 동일한 PT/SY 풀을 통해 라우팅되기 때문에, LP는 단일 유동성 제공으로 PT와 YT 스왑 모두에서 수수료를 얻어 LP 수익이 두 배로 증가한다.

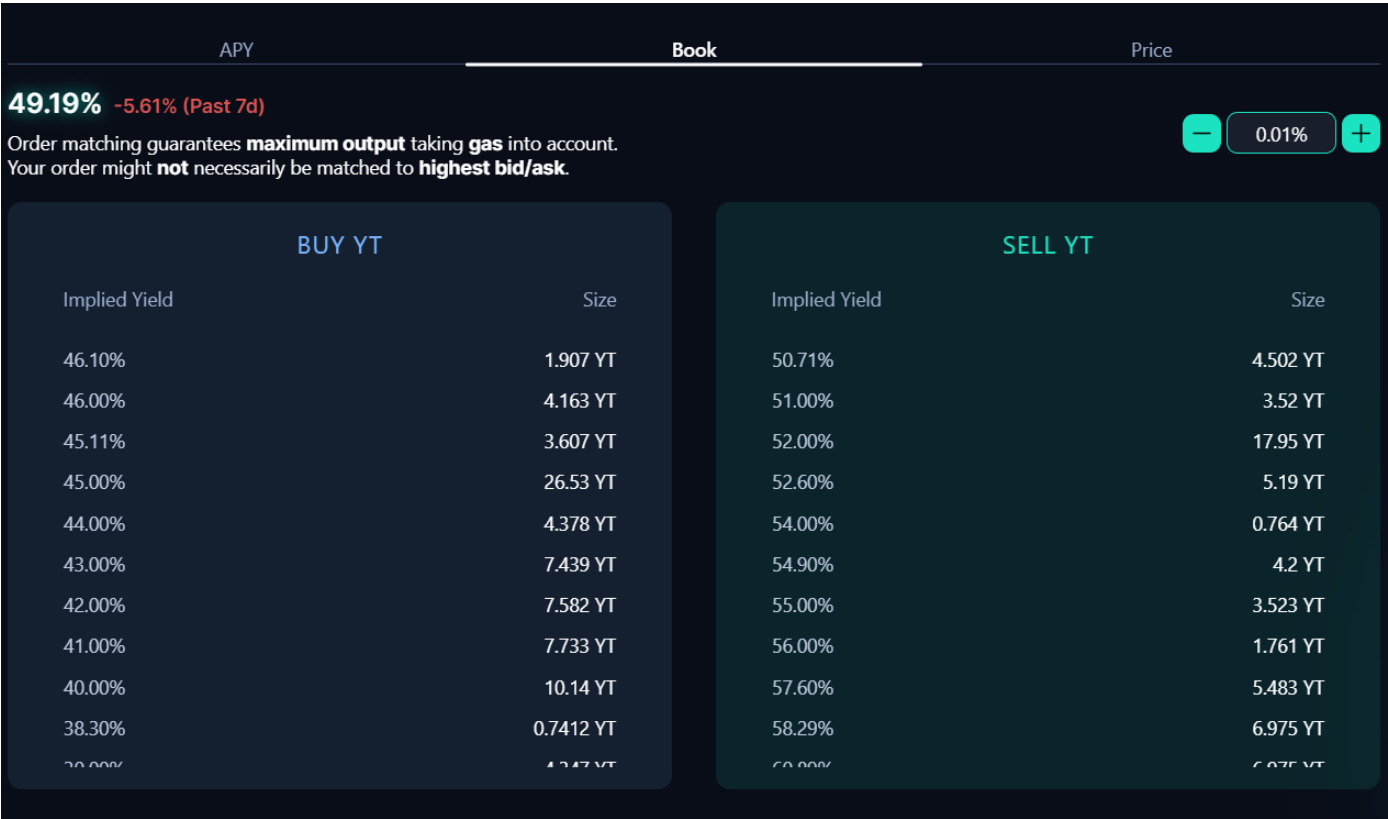
트레이더에게

YT와 PT에 대해 별도의 풀이 존재하는 대신, 모든 토큰을 PT/SY 풀에 집중하면 더 높은 유동성이 제공된다. 이를 통해 트레이더는 더 큰 규모의 거래를 슬리피지 걱정 없이 수행할 수 있으며, 더 높은 가격 확실성을 확보할 수 있다.

2) 오더북 (Order Book)

Pendle은 AMM과 함께 오더북 시스템을 제공하여 PT와 YT의 P2P 거래를 가능하게 한다. 사용자는 지정된 내재 APY에서 매수 또는 매도에 대한 지정가 주문(limit order)을 제출할 수 있다.

오더북과 AMM이 함께 작동하여 시장 유동성을 향상시키며, Pendle에서의 원활한 거래를 가능하게 한다.



지정가 주문(Limit Order)이란?

Pendle에서 지정가 주문은 특정 내재 APY에서의 매수/매도 주문을 의미한다. 사용자는 지원되는 자산의 PT와 YT에 대해, 어떤 체인에서든 지정가 주문을 설정할 수 있다.

Pendle의 대부분의 인기 마켓은 지정가 주문을 지원한다.

주문 실행 (Order Execution)

지정가 주문은 AMM의 내재 APY가 주문의 APY에 도달할 경우 실행된다. 그 순간, 해당 내재 APY 방향으로 발생하는 이후의 모든 스왑(테이커 주문)은 AMM으로 넘어가기 전에 먼저 오더북을 채운다. 다시 말해, 지정가 주문은 해당 특정 내재 APY에서 AMM 유동성을 심화시키며, 스왑이 AMM의 내재 APY를 다시 움직이기 전에 우선적으로 주문을 채운다.

스왑은 가격 충격을 최적화하기 위해 AMM과 지정가 주문(있을 경우) 사이에서 부분적으로 배분될 수 있다. 이 양은 AMM 가격 충격과 가스비를 고려하여 가장 최적의 수준에서 결정된다. 따라서 작은 주문일수록 충족될 가능성이 낮으며, 더 많은 거래가 필요하기 때문에 가스비가 높아지고, 특히 가스비가 비싼 체인에서는 그 영향이 더 크다.

주문 상태는 다음과 같다:

- 활성(Active): 부분적 또는 전체적으로 체결 가능

- 실행됨(Executed): 주문이 전부 체결됨
- 만료됨(Expired): 주문이 만료일까지 전부 체결되지 않음
- 취소됨(Cancelled)
- 무효(Invalid)

PT와 YT 간 플래시 스왑 기능은 오더북의 유연성을 높인다. 예를 들어, YT 매수 테이커 주문은 PT 매수 지정가 주문과 매칭될 수 있으며, 그 반대도 가능하다. 마찬가지로, YT 매도 테이커 주문은 PT 매도 지정가 주문과 매칭될 수 있다. 이 기능은 잠재적 거래 매칭을 크게 확장하여 PT와 YT 간 거래를 더욱 원활하게 한다.

주문 유효성 (Order Validity)

지정가 주문(limit order)을 제출할 때는 반드시 기초 수익 발생 자산만 사용할 수 있다.

부분 체결 가능 주문(Partially Fillable order)은 노란색 경고로 표시된다. 주문이 부분적으로만 체결 가능한 경우는 다음과 같다:

1. 지갑 내 자산 잔액이 주문 수량보다 적지만 0은 아닐 때
2. 주소에서 설정한 허용량(allowance)이 주문 수량보다 적지만 0은 아닐 때

무효 주문(Invalid order)은 빨간색 경고로 표시된다. 지정가 주문이 무효가 되는 경우는 다음과 같다:

1. 지갑 내 자산 잔액이 0이 될 때
2. 주소에서 설정한 허용량이 0일 때

지정가 주문을 설정하려면 주소의 서명이 필요하며, 주문을 취소(revoke)하려면 서명을 취소하는 거래가 필요하다.

수수료 (Fees)

지정가 주문에서 발생하는 스왑 수수료는 AMM에서 발생하는 것과 동일하다. 현재 메이커 주문 수수료는 0으로 설정되어 있으며(테이커 주문 수수료는 동일하게 유지됨), 메이커 주문 수수료를 상향 조정할 시점에 대해서는 팀이 전적으로 재량을 가진다.

징수된 수수료는 각 풀의 vePENDLE 투표자에게 \$ETH로 분배된다.

차익거래 (Arbitrage)

Pendle은 AMM과 오더북 간 가격을 지속적으로 조정하는 차익거래 봇을 운영한다. 이는 유동성 차이로 인해 발생할 수 있는 가격 불일치를 신속하게 교정하여, 두 시스템 전반에서 일관된 가격을 유지하도록 보장한다.

(4) 토크노믹스(Tokenomics), vePENDLE, 수수료(Fees)

토크노믹스 (Tokenomics)



2022년 10월 기준 PENDLE 분배

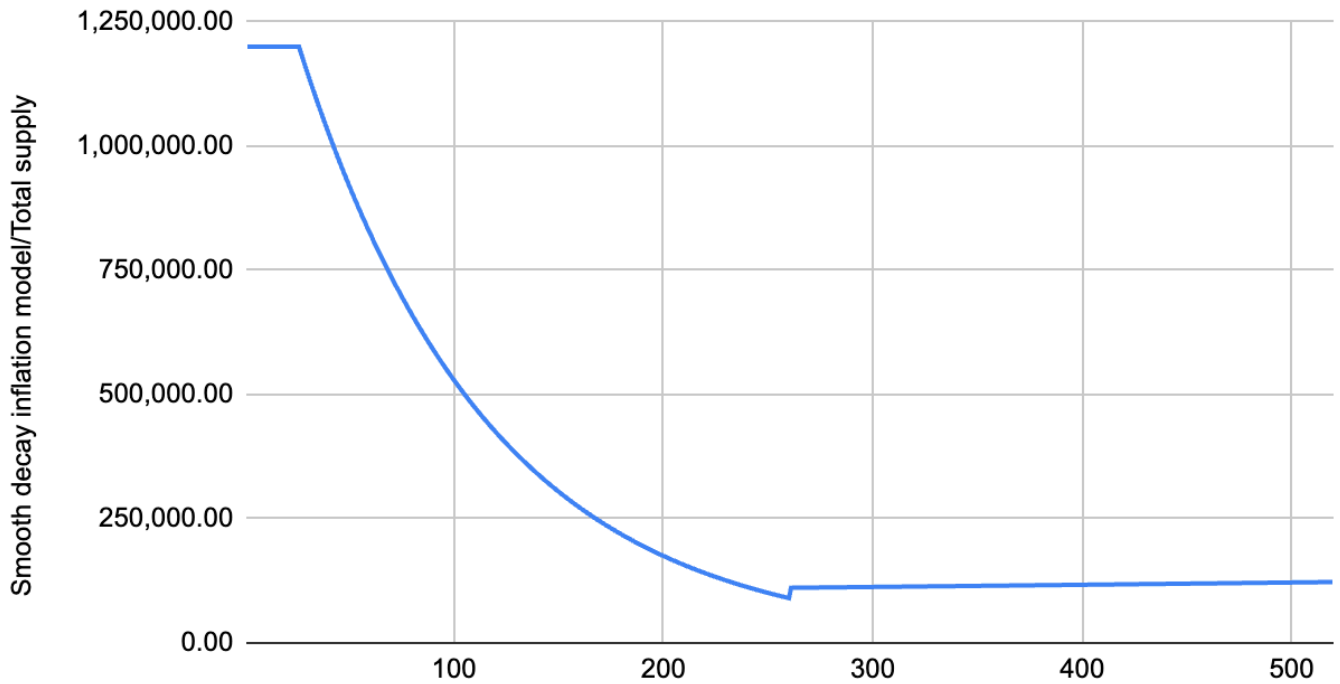
2024년 9월 기준, 모든 팀 및 투자자 토큰은 완전히 베스팅되었다. 유통 공급량의 증가는 인센티브와 생태계 구축에서만 발생한다.

주간 발행량 (Weekly Emission)

2024년 9월 기준 주간 발행량은 216,076개이며, 2026년 4월까지 매주 1.1%씩 감소한다. 이후에는 인센티브를 위한 연간 2%의 최종 인플레이션율로 전환된다.

산업이 성숙함에 따라, 거버넌스는 생태계 모범 사례의 발전에 기반해 변경을 제안할 수 있다.

Weekly emission rate



유통 공급량 (Circulating Supply)

유통 공급량은 자유롭게 유통되는 모든 Pendle 토큰을 의미하며, 다음은 포함되지 않는다:

1. vePendle 계약에 잠긴 Pendle
2. 생태계 펀드(Ecosystem Fund) 주소에 있는 Pendle
3. 거버넌스 멀티시그(Governance Multi-signature) 주소에 있는 Pendle
4. 팀 멀티시그(Team Multi-signature) 주소에 있는 Pendle

어떤 시점에서든 Pendle 토큰의 총 공급량은 유통 공급량과 위 네 가지 주소에 있는 Pendle을 합한 값이다.



vePENDLE

Pendle의 거버넌스는 Vote-escrowed PENDLE, 즉 vePENDLE에 기반하며, 이는 더 높은 수준의 탈중앙화를 가능하게 한다. vePENDLE을 활용함으로써 PENDLE 보유자는 토큰의 활용도를 높이는 다양한 기능에 접근할 수 있다.

vePENDLE은 또한 PENDLE 토큰의 공급을 줄이는 추가 수단 역할을 하며, 이를 통해 토큰의 안정성과 프로토콜 전반의 강건성을 높인다. 이러한 방식으로 vePENDLE은 Pendle 생태계의 장기적 건전성과 성공을 유지하는 데 중요한 도구로 기능한다.

vePENDLE을 보유하면 다음 권한을 얻게 된다:

1. 풀에 \$PENDLE 인센티브를 배분하도록 투표
2. Voter's APY(투표된 풀의 스왑 수수료 80%)를 받을 수 있도록 투표
3. 기본 APY 수령
4. LP 보상 부스트(최대 250%)

vePENDLE 획득하기

PENDLE을 잠가 vePENDLE을 받는다. vePENDLE의 가치는 예치 금액과 기간(최대 2년)에 비례한다. 지갑마다 하나의 vePENDLE 만기일이 설정된다.

vePENDLE의 가치는 시간이 지남에 따라 감소하며, 잠금 기간이 끝나면 0이 된다. 이후 예치한 PENDLE 이 잠금 해제된다.

풀에 투표하는 것은 또한 해당 풀에서 수집된 스왑 수수료의 80%를 받을 권리를 vePENDLE 보유자에게 부여하며, 이는 풀의 모든 투표자에게 비례적으로 분배된다.

인센티브 상한 (Incentive Cap)

인센티브 상한은 에포크에서 풀의 스왑 수수료 성과를 기준으로, 해당 풀이 받을 수 있는 PENDLE 인센티브의 최대치를 제한한다.

인센티브 상한은 인센티브에만 적용되며, 투표에는 적용되지 않는다. 특정 풀의 투표 비율이 상한을 초과하는 인센티브를 산출할 경우, 그 에포크에서 분배되는 것은 상한까지이며(초과분은 프로토콜에 귀속), 모든 투표는 여전히 스왑 수수료와 기타 vePENDLE 수익원을 계속 얻게 된다.

상한 조정 (Cap Adjustment)

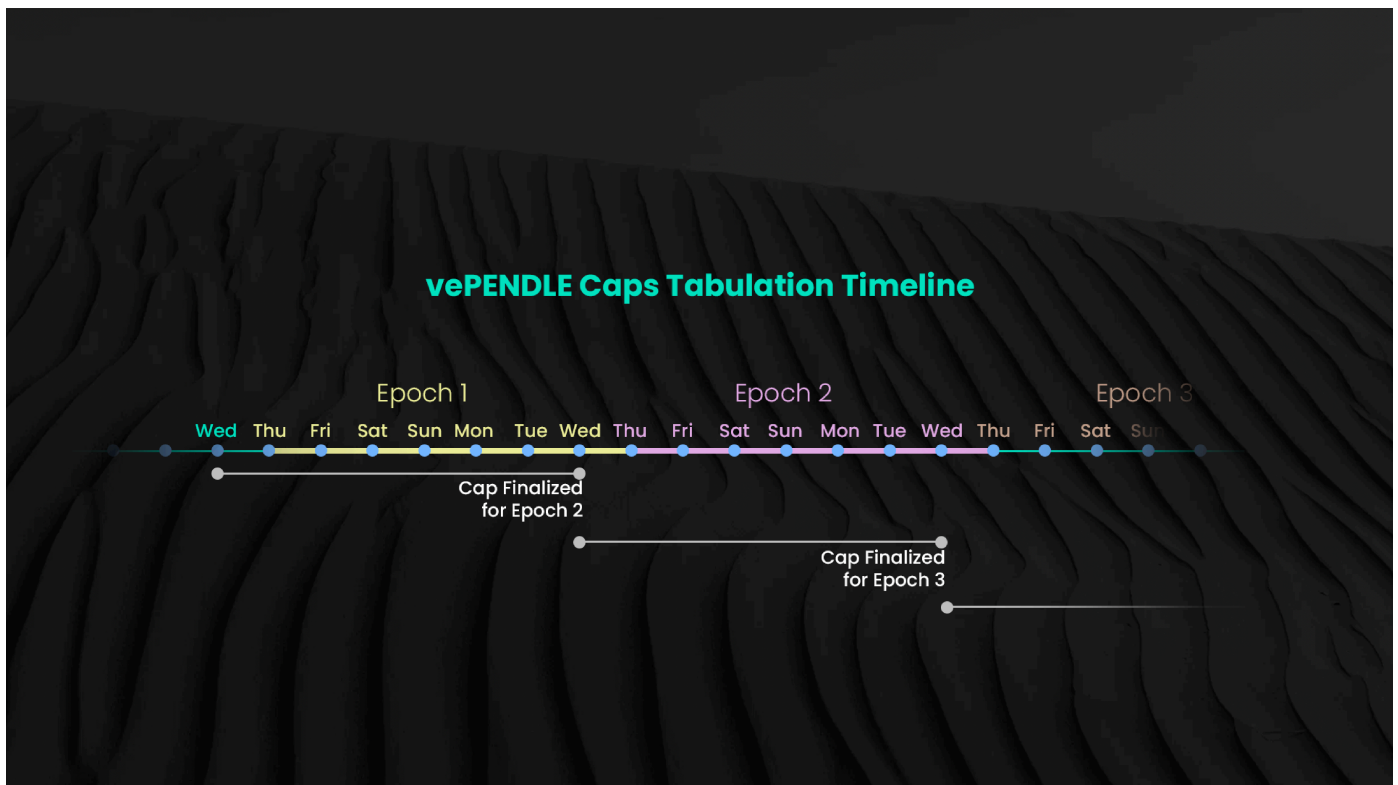
풀 상한(cap)은 매주 수요일 00:00 UTC에 두 가지 변수에 따라 확정된다:

1. 현재 상한(C) – 풀에 현재 설정된 최대 인센티브.
2. 수수료 점유율 % (F) – 지난 7일 동안 Pendle 전반에서 발생한 총 스왑 수수료 대비 해당 풀이 차지하는 비율.

Pendle에서 새로 출시된 풀은 첫 에포크에서 기본적으로 5% 상한으로 시작한다. 이후 풀의 상한은 성과에 따라 매주 동적으로 조정되며, 최대 상한은 20%이다. 상한은 다음 공식에 따라 조정된다:

- 만약 $C > 4 * F \rightarrow$ 새로운 상한 = $\max(C - 20\% * C, 4 * F)$
- 만약 $C < 4 * F \rightarrow$ 새로운 상한 = $\min(C + 20\% * (4 * F), 4 * F)$

수수료 점유율(F)은 수요일~수요일 기간을 기준으로 측정되며, 수요일 00:00 UTC에 확정된다. 이로 인해 새로운 에포크이 목요일 00:00 UTC에 시작되기 전 24시간의 지연이 발생한다.



이 버퍼는 vePENDLE 보유자가 인센티브가 분배되기 전에 자신의 투표를 조정할 수 있도록 24시간을 제공한다. 이는 특히 업데이트된 상한이 투표 결정에 영향을 미칠 경우 유용하다.

적용된 상한 조정은 의도적으로 비대칭적이다. 성과가 강하면 빠르게 상승하지만, 하락은 더 점진적으로 이루어져 단기적 하락을 벌하지 않고 안정성을 제공하며 성장을 장려한다.

이 메커니즘은 지속적으로 성과가 저조한 풀이 과도한 유동성 인센티브를 받는 것을 방지하며, 실제로 성과를 입증할 때만 추가 인센티브를 받을 수 있도록 보장한다.

풀의 수수료 점유율을 기준으로 상한이 어떻게 조정될 수 있는지 단순화된 예시를 살펴보자. 현재 한 풀이 10% 상한을 가지고 있다고 가정했을 때, 현 에포크에서의 성과에 따라 다음과 같이 상한이 변할 수 있다:

이번 에포크의 수수료 점유율	다음 에포크의 결과 상한	설명
1%	8%	낮은 수수료 기여로 인해 상한이 감소함.
2.5%	10%	수수료 점유율이 현재 상한을 유지하기 위한 기준을 충족함.
10%	18%	높은 수수료 기여로 인해 상한이 크게 증가할 수 있음.

이번 에포크의 현재 상한과 다음 에포크의 잠정 예상 상한은 vePendle의 투표 페이지가 활성화될 때 공개된다.

수수료와 보상 (Fees and Rewards)

Pendle은 YT에서 발생하는 모든 수익(포인트 포함)의 5%를 수수료로 징수한다. 현재 이 수수료의 100%는 vePENDLE 보유자에게 분배되며, 프로토콜은 수익을 취하지 않는다. 다만 이는 향후 변경될 수 있다.

만기된 PT 중 상환되지 않은 부분에서 발생하는 수익의 일부도 vePENDLE 보유자에게 비례적으로 분배된다.

예를 들어, 만기된 PT-aUSDC는 aUSDC와 동일하다. 만약 상환되지 않은 상태로 남아 있으면, 해당 수익 전부는 스테이블코인으로 전환되어 프로토콜이 프로토콜 수익으로 수취한 뒤 vePENDLE 보유자에게 분배된다.

이 모든 보상은 vePENDLE이 어디에 보관되어 있는 상관없이 USDT로 전환되며, 분배 계약 (disbursement contract)을 통해 주기적으로 분배된다.

포인트에 대한 수수료 (Fees on Points)

포인트는 Pendle에서 수익의 한 형태로 간주되기 때문에, 포인트에 대해서도 동일하게 수수료가 적용된다. 포인트는 오프체인에서 추적되므로, 파트너 프로토콜이 사용자 지갑에 포인트를 할당할 때 수수료를 공제한 다. 토큰 보상이 청구 가능해지면, 수수료 지갑(fee wallet)이 보상을 청구하고 이후 vePENDLE 보유자 에게 전달된다.

vePENDLE APY

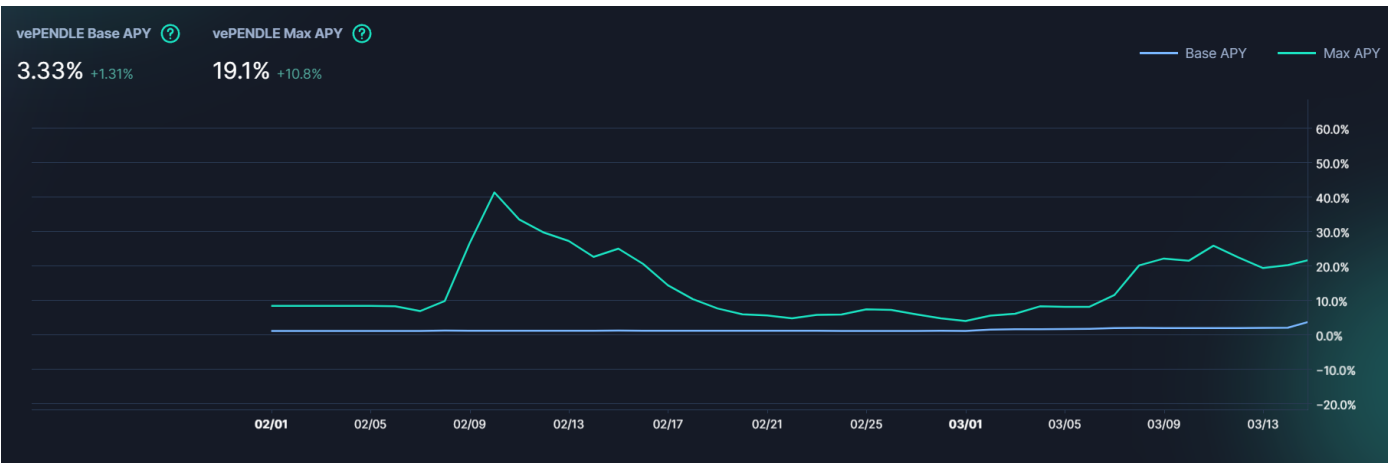
YT와 만기된 PT 보상에서 수집된 수익은 vePENDLE 기본 APY(Base APY)를 구성한다.



여기에 더해, vePENDLE 투표자는 자신이 투표한 풀에서 발생한 스왑 수수료의 80%를 받을 권리가 있으며, 이는 Voter's APY를 구성한다.

따라서 기본 APY + Voter's APY가 사용자가 받게 될 총 보상을 결정한다.

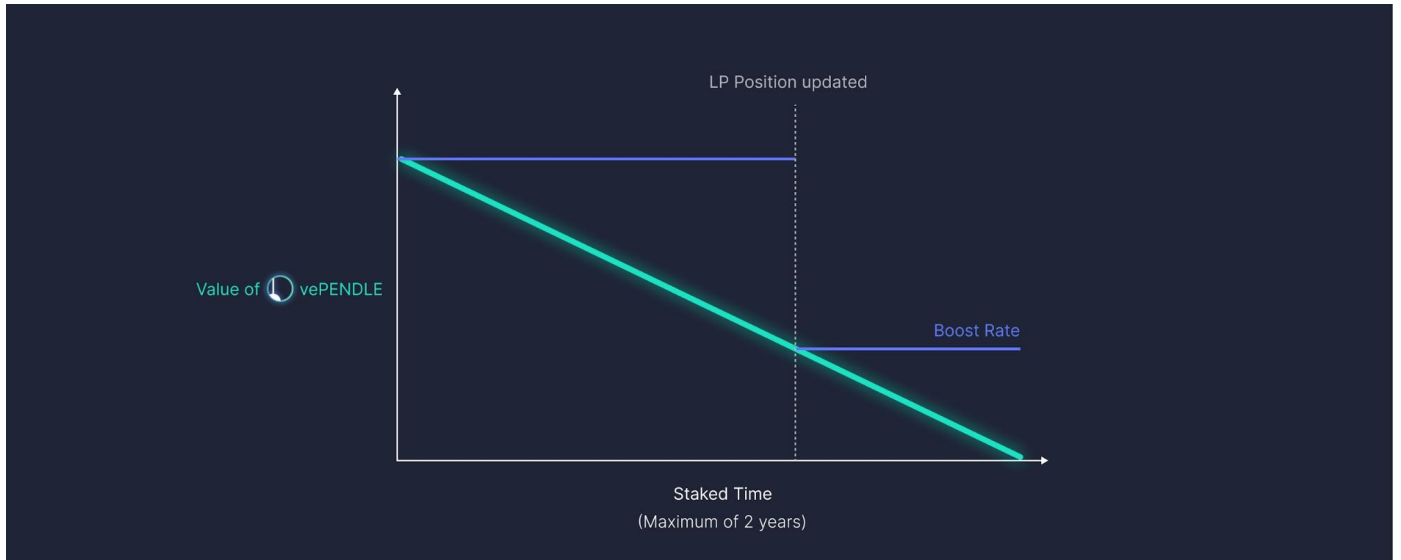
기본 APY + 가능한 최고 Voter's APY는 vePENDLE에서 받을 수 있는 최대 보상(즉, vePENDLE Max APY)을 의미한다.



vePENDLE에 대한 더 많은 정보와 통계는 인앱 커뮤니티 대시보드에서 확인할 수 있다.

LP 보상 부스트 (LP Reward Boost)

vePENDLE을 보유한 상태에서 풀에 LP를 제공하면, 모든 LP에 대한 PENDLE 인센티브와 보상이 vePENDLE 가치에 따라 최대 250%까지 추가 부스트된다. 최대 부스트를 얻으려면, 풀 내 LP 보유 비율 만큼 vePENDLE 공급 비율을 보유해야 한다.

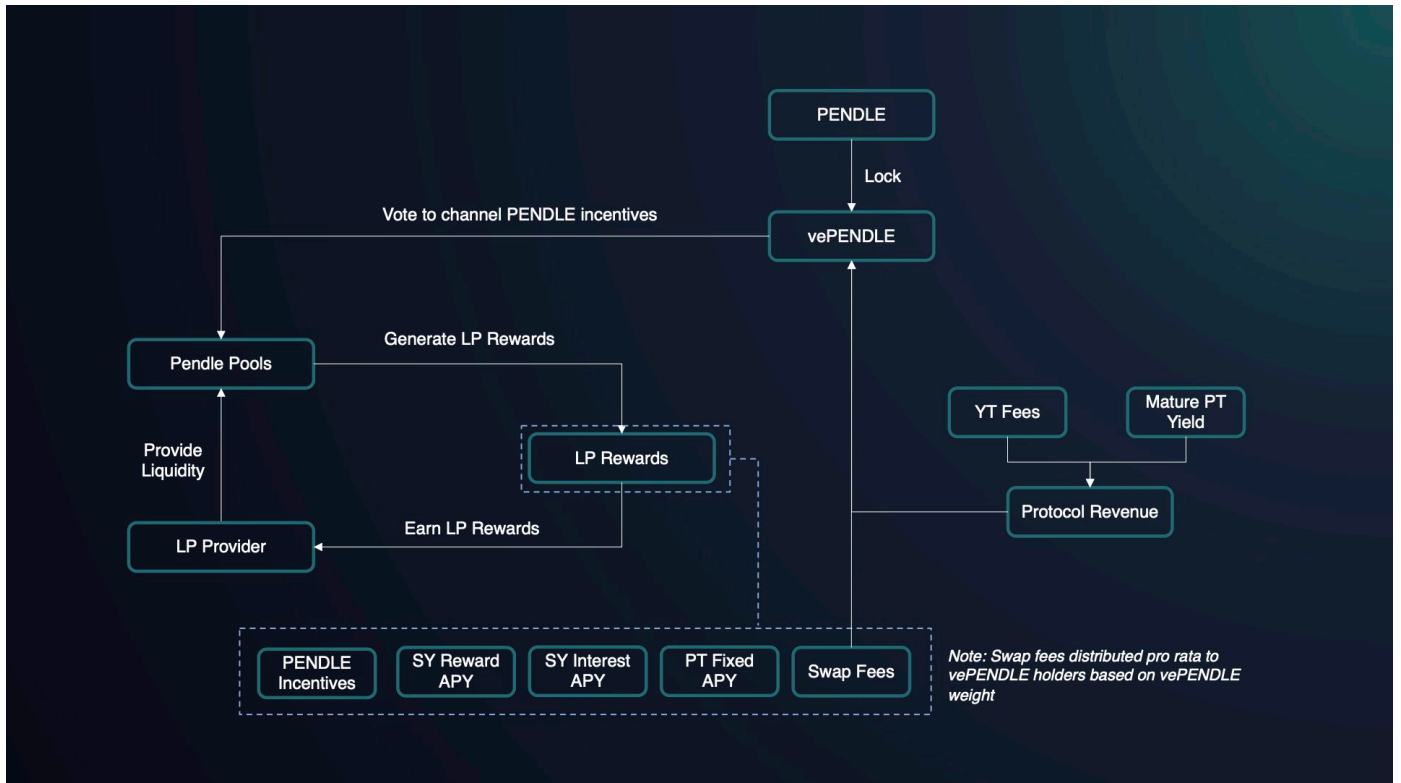


vePENDLE 가치는 시간이 지남에 따라 감소하지만, LP 부스트율은 처음 부스트가 적용될 때 계산된다. 부스트율은 사용자가 LP 포지션을 갱신할 때까지 그대로 유지되며, 갱신 시점에는 현재 vePENDLE 가치에 따라 비율이 변경된다.

부스트된 보상을 받으려면 LP를 제공하기 전에 PENDLE을 vePENDLE로 잠가야 한다.

이미 LP 중이라면, vePENDLE로 보상을 부스트하려면 해당 풀에 투표한 후 수동으로 부스트를 적용해야 한다.

크로스체인 보상 부스트(예: Arbitrum에서 LP 포지션 부스트)를 받으려면, 부스트가 적용되기 전에 Ethereum에서 vePENDLE 잔액을 먼저 동기화해야 한다.



수수료 (Fees)

Pendle 프로토콜은 두 가지 수익원을 가진다:

- **YT 수수료 (YT Fees)**

Pendle은 존재하는 모든 YT에서 발생하는 모든 수익(포인트 포함)의 5%를 수수료로 징수하며, 만기된 PT 중 상환되지 않은 SY에서 발생하는 모든 수익(모든 협의된 포인트 포함)도 징수한다.

- **포인트에 대한 YT 수수료 (YT Fees on Points)**

포인트는 수익의 한 형태로 간주되기 때문에, 포인트에도 동일하게 수수료가 적용된다. 포인트는 오프체인에서 추적되므로, 파트너 프로토콜이 사용자 지갑에 포인트를 할당할 때 5% 수수료를 공제한다. 수수료로 공제된 포인트는 다음의 Pendle이 관리하는 지갑으로 재배분된다:

INFO

2024년 10월 8일 이전에 출시된 풀의 수수료 지갑

체인	수수료 지갑 주소
Ethereum	0x8270400d528c34e1596EF367eeDEc99808A1b592
Arbitrum	0xCbc48e22622a377B6F14C2f5d2588a026b85e6
Mantle	0x5C38d35784AD07a340650a76B9Ae5dF20D5bdf55
BNB Chain	0xd77E9062c6DF3f2d1CB5bf45855fa1E7712A059e

INFO

2024년 10월 8일 이후에 출시된 풀의 수수료 지갑

모든 체인: 0xC328dfCD2C8450e2487a91daa9B75629975b7A43

토큰 보상이 청구 가능해지면, 수수료 지갑이 보상을 청구하며 이후 vePENDLE 보유자에게 전달된다.

- **스왑 수수료 (Swap Fees)**

Pendle은 모든 PT 스왑에서 만기에 따라 조정되는 비율 기반 스왑 수수료를 징수한다. 각 수수료 구간은 dApp에 표시되며, 풀 배포자(현재는 Pendle 팀만 해당)가 결정한다.

Pendle은 스왑이 발생할 때 PT의 수익 채권(yield-receivables)에 대해 과세한다. 이는 풀의 만기에 따라 조정되므로, 모든 풀과 만기에 대해 공정한 수수료 구조를 만든다 (만기까지 남은 시간이 짧을수록 → 더 적은 수익 채권 → 달러(\$) 기준으로 더 낮은 수수료). YT 스왑도 PT AMM을 통해 라우팅되므로, 수수료는 스왑된 PT 기준으로 계산된다.

- **수수료 분배 (Fee Distribution)**

Pendle은 **YT 수수료**와 **스왑 수수료**의 두 가지 수수료원을 가진다. 모든 스왑 수수료의 20%는 풀의 LP 제공자에게 수익으로 지급된다.

나머지 스왑 수수료와 모든 YT 수수료는 vePENDLE 보유자와 Pendle 프로토콜 간에 다음 비율로 분배된다:

- 80% → vePENDLE
- 10% → 프로토콜 트레저리(Protocol Treasury)
- 10% → 프로토콜 운영(Protocol Operations)

(5) 마이너스 수익 (Negative Yield)

이자 발생 토큰(IBT)의 음의 수익 위험 이해하기

이자 발생 토큰(Interest-Bearing Tokens, IBTs)은 일반적으로 시간이 지남에 따라 보상과 수익이 누적되면서 가치가 상승한다. 이는 IBT와 그 회계 자산 간의 환율 상승으로 이어진다. 예를 들어, 1 sUSDe(IBT)는 시간이 지나면 더 많은 USDe로 교환될 수 있다.

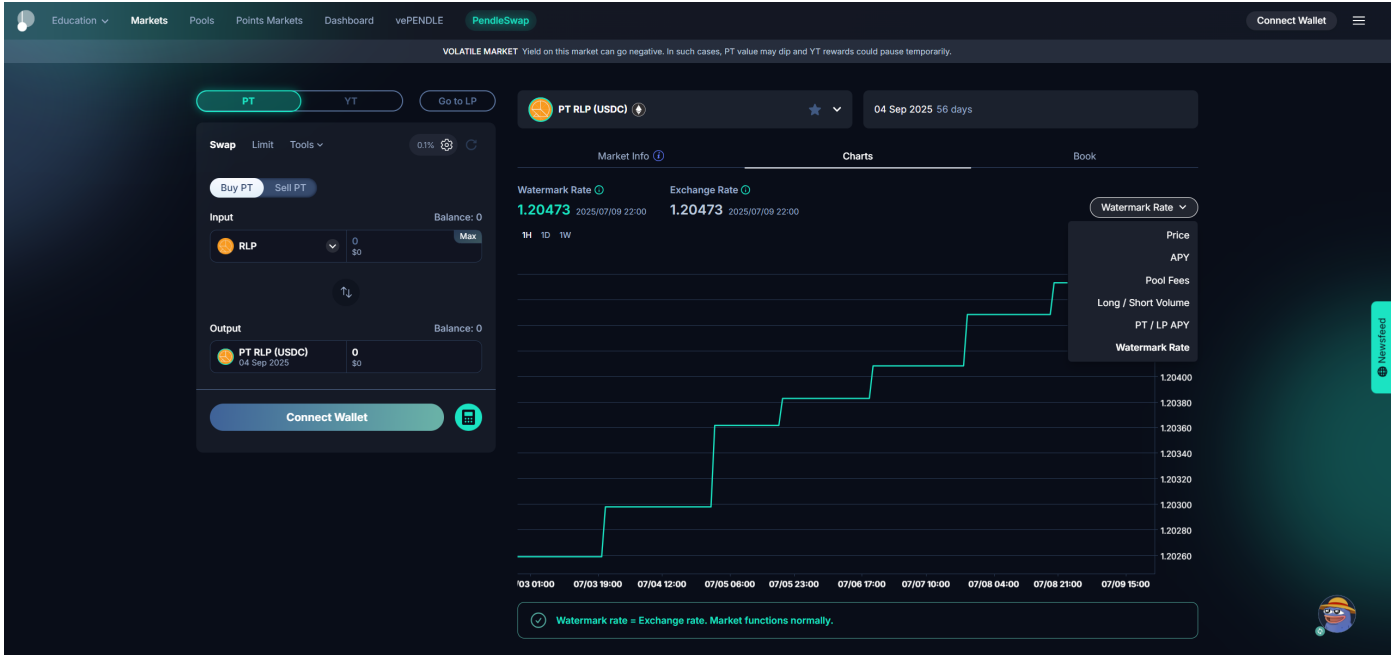
그러나 수익이 마이너스가 되는 상황에서는 IBT의 가치가 오히려 하락할 수 있다. 이는 특히 환율이 하락할 경우 PT와 YT의 성과 모두에 영향을 미칠 수 있다.

워터마크 환율(Watermark Rate)이란?

워터마크 환율은 IBT와 그 회계 자산 간의 기록된 최고 환율이다. 수익이 장기간 마이너스로 유지되면 환율은 이 수준 아래로 떨어질 수 있다.

이 경우 다음과 같은 일이 발생한다:

- **PT**는 만기 시 실제 가치보다 낮은 수준으로 상환되어 잠재적 손실을 초래한다. 예를 들어, 1 PT-RLP(USDC)는 정상적인 조건에서 만기 시 1 USDC로 상환될 것으로 기대된다. 그러나 환율이 워터마크 환율 아래로 떨어지면, PT-RLP는 만기 시 1 USDC보다 적은 가치로 상환된다.
- **YT**는 환율이 워터마크 환율로 회복될 때까지 수익을 더 이상 발생시키지 않는다.



사용자는 자산의 마켓 페이지에서 워터마크 환율 보기(Watermark Rate view)로 전환하여 워터마크 환율과 현재 환율을 추적할 수 있다.

수익이 마이너스가 될 위험 (Risks of yield going negative)

Pendle의 모든 마켓에는 수익이 마이너스로 전환될 위험이 존재한다. 가장 일반적인 위험은 다음과 같다:

- **지급 불능 위험 (Insolvency Risk):** 기초 프로토콜이 지급 불능 상태가 되면, 기초 자산이 페깅에서 이탈(depeg)할 수 있으며, 이로 인해 PT의 가치가 손실될 수 있다.
- **운영 위험 (Operational Risk):** 기초 프로토콜이 운영 또는 보안 문제를 겪을 경우, 수익 및/또는 자본 손실이 잘못 분배될 수 있다.
- **볼트 위험 (Vault Risk):** 볼트 자산의 수익은 기초 프로토콜의 성과에 의존한다. 극단적인 시장 상황에서는 수익이 감소하거나 마이너스로 전환될 수 있다.

이러한 일반적인 위험 외에도, 특정 프로토콜은 그 설계나 수익 발생 메커니즘 때문에 더 높은 위험을 가질 수 있다. 프로토콜별 위험은 각 마켓의 **Market Info** 섹션에서 자세히 설명된다.

(6) APY 계산 (APY Calculation)

이 문서는 Pendle 마켓의 APY를 계산하는 데 사용되는 공식을 포함한다.

이 문서에서는 메인넷의 마켓 `0x107a2e3cd2bb9a32b9ee2e4d51143149f8367eba`를 예시로 사용한다.

변수 (Variables)

name	Description
market	0x107a2e3cd2bb9a32b9ee2e4d51143149f8367eba
sy	0xC4ed348c56223C5953939e932E315F9d72Cd83fF
lpPriceUsd	USD 기준으로 환산한 LP 토큰의 가격
syPriceUsd	USD 기준으로 환산한 SY 토큰의 가격
pendlePriceUSD	USD 기준으로 환산한 Pendle 토큰의 가격
totalVotedLastEpoch	지난 에포크에서 해당 풀에 대해 투표된 vePendle의 총합
duration	APY 계산에 사용하는 구간. 예를 들어, duration = 7이면 최근 7일 데이터를 기반으로 APY를 계산한다. 본 시스템에서는 기본값으로 7일을 사용한다!
syIndex	SY 토큰의 현재 인덱스, sy 컨트랙트의 exchangeRate 함수에서 가져올 수 있다
prevSyIndex	duration 일 전의 syIndex
yearsToExpiry	해당 마켓의 만기까지 남은 연수

기초 APY (Underlying APY)

$$underlyingApy = underlyingInterestApy + underlyingRewardApr$$

underlyingApy는 두 부분으로 구성되며, 각각은 다음과 같이 계산된다.

기초 이자 APY (UnderlyingInterestApy)

$$interestMultiple = \frac{syIndex}{prevSyIndex}$$

$$underlyingInterestApy = interestMultiple^{\frac{365}{days}} - 1$$

- 설명:

- underlyingInterestApy는 SY 토큰의 기초 프로토콜 **이자(interest)**에 대한 현재 APY를 추정한다. **이자**란 기초 자산의 수익을 의미하며, 기본적으로 자동 복리(auto-compounding)된다.
- 이 공식에서는 지난 7일간의 역사적 APY를 사용하여 1년 수익으로 외삽한다.

기초 보상 APR (UnderlyingRewardApr)

- 각 보상 토큰에 대해:

$$prevRewardIndex = rewardIndex \text{ at duration days ago}$$

$$dailyRewardPerSy = \frac{rewardIndex - prevRewardIndex}{days}$$

$$dailyRewardYield = dailyRewardPerSy \times \frac{rewardPrice}{syPrice}$$

$$tokenRewardApr = dailyRewardYield \times 365$$

$$underlyingRewardApr = \sum tokenRewardApr$$

• **설명:**

- underlyingRewardApr는 SY 토큰의 기초 프로토콜에서 발생하는 **보상(rewards)**에 대한 현재 APR을 추정한다. **보상**이란 보상 토큰으로 지급되는 수익을 의미하며, 기본적으로 자동 복리(auto-compounding)가 아니다.
- 이 공식에서는 지난 7일간의 역사적 보상률을 사용하여 1년 수익으로 외삽한다.
- 각 보상 토큰은 고유한 보상률을 가지므로, 각각의 APR을 계산하고 이를 합산하여 모든 보상 토큰의 총 APR을 구한다.

내재 APY (impliedAPY):

$$apy = e^{lnImpliedYield} - 1$$

- **lnImpliedYield**는 마켓 컨트랙트의 readState 함수에서 확인할 수 있다. 단, 1e18로 스케일 조정해야 한다.

스왑 수수료 APY(SwapFeeApy) & 투표자 APR(voterApr)

스왑 수수료 APY (SwapFeeApy)

swapFeeApy는 LP 보유자가 풀의 스왑 수수료에서 얻게 되는 APY다.

$$poolValue = lpPriceUsd \times totalSupply$$

$$swapFeeForLpHolder = explicitSwapFee \times 20\% + implicitSwapFee$$

$$swapFeeRateForLpHolder = \frac{swapFeeForLpHolder \times syPriceUsd}{poolValue}$$

$$swapFeeApy = (1 + swapFeeRateForLpHolder)^{\frac{365}{duration}} - 1$$

• **설명:**

- LP 보유자는 명시적 스왑 수수료(explicit swap fee)의 20%와 암묵적 스왑 수수료(implicit swap fee)의 100%를 받는다.
- swapFeeRateForLpHolder는 LP 보유자가 USD 기준으로 받게 되는 스왑 수수료 비율이며, 이를 보간하여 swapFeeApy를 산출한다.

VoterApr

VoterApr는 vePendle 투표자가 풀에 투표함으로써 얻게 되는 APR이다.

$$swapFeeForVoter = explicitSwapFee \times 80\%$$

$$swapFeeRateForVoter = \frac{swapFeeForVoter \times syPriceUsd}{PendlePriceUSD \times totalVotedLastEpoch}$$

$$voterApr = swapFeeRateForVoter \times \frac{365}{durationInDays}$$

- **설명:**

- 투표자는 해당 풀의 명시적 스왑 수수료(explicit swap fee)의 80%를 받는다.

longYieldApy

$$interestReturns = (1 + underlyingInterestApy)^{yearsToExpiry} - 1$$

$$rewardsReturns = underlyingRewardApy \times yearsToExpiry$$

$$ytReturns = interestReturns + rewardsReturns$$

$$ytReturnsAfterFee = holdYtReturns \times 95\%$$

$$longYieldApy = \left(\frac{ytReturnsAfterFee}{ytPriceInAsset} \right)^{\frac{1}{yearsToExpiry}} - 1$$

- **설명:**

- **interestReturns:** 지금부터 만기까지 YT 1개를 보유했을 때, 회계 자산 기준의 이자 수익
- **rewardsReturns:** 지금부터 만기까지 YT 1개를 보유했을 때, 회계 자산 기준의 보상 수익
- **ytReturnsAfterFee:** YT 수익에는 5%의 수수료가 부과되므로, 이를 95%로 축소해야 함
- **longYieldApy:** 오늘 YT를 매수하여 만기까지 보유했을 때의 APY로, 기초 APY가 동일하게 유지된다고 가정한다. 이는 음수가 될 수 있으며(YT의 수익이 YT 가격보다 적은 경우), ytPriceInAsset으로 시작해 만기 시점에 ytReturnsWithFee를 얻고, 이를 1년 단위로 환산해 APY를 계산한다.

effectiveImpliedApy

유효 내재 APY(Effective Implied APY)는 사용자가 실제로 스왑에 사용한 비율에 기반한 APY다.

effectiveImpliedApy를 계산하려면 **ptExchangeRate**를 구해야 한다. 이는 기초 자산 1개로부터 얻을 수 있는 PT의 양을 의미한다.

스왑에는 세 가지 유형이 있다:

- PT ↔ YT를 제외한 임의의 토큰

- YT ↔ PT를 제외한 임의의 토큰
- PT ↔ YT

각 스왑 유형마다 **ptExchangeRate** 계산 방식이 다르다.

PT ↔ 임의의 토큰

- **underlying**: 기초 자산 기준의 입력/출력 토큰 수량
- **ptAmount**: PT 입력/출력 수량

$$ptExchangeRate = \frac{ptAmount}{underlying}$$

YT ↔ 임의의 토큰

- **ytAmount**: YT 입력/출력 수량

$$ptExchangeRate = \frac{1}{1 - \frac{underlying}{ytAmount}}$$

PT ↔ YT

$$ptExchangeRate = 1 + \frac{ptAmount}{ytAmount}$$

ptExchangeRate로부터 다음과 같이 effectiveImpliedApy를 계산할 수 있다:

$$effectiveImpliedApy = ptExchangeRate^{\frac{365}{daysToExpiry}} - 1$$

보안 (Security)

감사 (Audits)

Pendle 스마트 컨트랙트는 Ackee, Dedaub, Dingbats, 그리고 Code4rena의 최고 워든(wardens)들에 의해 감사되었다. Pendle의 모든 스마트 컨트랙트는 오픈 소스이다.

6 TOP CLASS AUDITORS



Ackee (Trusted by
1inch, LayerZero)



Dedaub (Trusted by
Ethereum, ChainLink)



Dingbats (Trusted by
LooksRare, Alpaca)



cmichel
(Rank 1st, C4)



WatchPug
(Rank 2nd, C4)



leastwood
(Rank 3rd, C4)

모든 감사 보고서는 GitHub 저장소에서 확인할 수 있다: <https://github.com/pendle-finance/pendle-core-v2-public/tree/main/audits/>